

# **Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext**

Schlussbericht

Version 1.7 vom 8.11.2018

## **Auftraggeber**

Stadt Zürich  
Umwelt- und Gesundheitsschutz (UGZ)  
Fachbereich 2000-Watt-Gesellschaft  
Dorothee Dettbarn  
Postfach, CH-8021 Zürich

Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt  
Amt für Umwelt und Energie (AUE)  
Abteilung Energie  
Marcus Diacon  
Hochbergerstrasse 158, CH-4019 Basel

## **Autoren**

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik HABG, Institut Energie am Bau IEBau  
Hofackerstrasse 30, CH-4132 Muttenz  
Fon +41 61 228 55 55, E-Mail [iebau.habg@fhnw.ch](mailto:iebau.habg@fhnw.ch), Internet <http://www.fhnw.ch/habg/iebau>

Gregor Steinke  
Andreas Genkinger  
René L. Kobler  
Ralf Dott  
Thomas Afjei

Hochschule für Gestaltung und Kunst HGK, Institut Industrial Design IID  
Freilager-Platz 1, CH-4142 Münchenstein b. Basel  
Fon +41 61 228 40 44, E-Mail [info.industrialdesign.hgk@fhnw.ch](mailto:info.industrialdesign.hgk@fhnw.ch), Internet <http://www.fhnw.ch/hgk/iid>

Gregor Naef  
Lukas Steiner

## **Begleitgruppe**

Toni W. Püntener (UGZ Fachbereich 2000-Watt-Gesellschaft)  
Urs Vonäsch (AUE BS)  
Stefan Lutz (Amt für Hochbauten – Stadt Zürich)  
Christoph Schoch (UGZ Lärmschutz)  
Alan Wakefield (Hochbauamt BS) – bis März 2018

Muttenz, November 2018

## Projektzusammenfassung

### Motivation

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. In der Stadt Zürich trifft dies für 77 % der Wohnungen zu. 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» [Dott2014] werden in diesem 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 erarbeitet. Im Weiteren werden Ideen und Vorschläge für eine Vereinfachung der Bewilligungspraxis vorgestellt. In dieser 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

#### Lärmschutz

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 [Dott2014] zeigen, dass die Schalleistungspegel im Mittel um 4 dB(A) sanken. Die Summenhäufigkeitsverteilung der Schalleistungspegel stellt sich wie folgt dar:

Schalleistungspegel 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 Schalleistungspegel aller 358 ausgewerteter Geräte.**

**Lesehilfe zur Tabelle, z.B. 3. Spalte von links: 37% der ausgewerteten Geräte haben einen Schalleistungspegel Nacht max. von weniger oder gleich 55 dB(A).**

Die Schalleistungspegel 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 Schalleistungspegel «Nacht max.» marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen ist differenziert nach Gerätetyp in folgender Abbildung dargestellt.

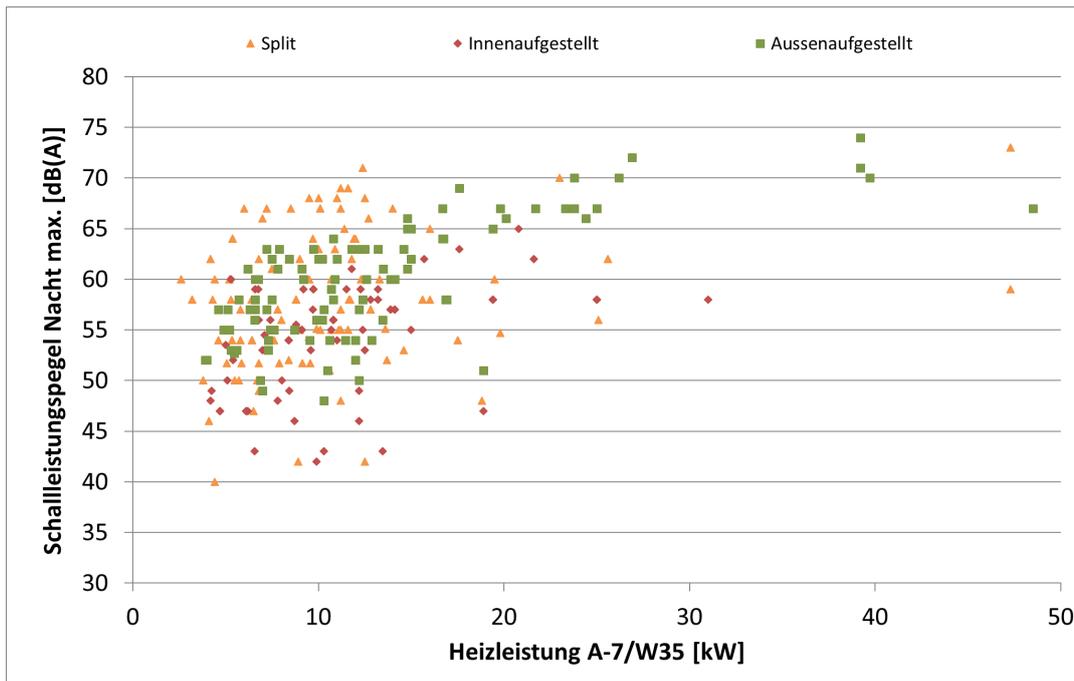


Abbildung 1: Schalleistungspegel «Nacht max.» marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen in Bezug zur Heizleistung, differenziert nach Gerätetypen. Datengrundlage: FWS-Schalldatenverzeichnis

Aus den Schalleistungspegeln der leisesten Geräte wurden die Mindestdistanzen der Schallquelle zum Empfänger gemäss den Anforderungen für den Lärmschutz in Zürich bzw. Basel berechnet. Für Empfindlichkeitsstufe ES II sind nach Lärmschutzverordnung [LSV2010] 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.

Im Bereich der Energieeffizienz hat die Aktualisierung der Daten ergeben, dass gegenüber der 2014 erstellten Studie «Stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» [Dott2014] 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 Meteorodaten gewichteten, mittleren COP-Wert, der den jahreszeitlichen Schwankungen gerecht wird. Der SCOP soll mittelfristig den COP als Effizienzkriterium für Wärmepumpen-Heizanlagen ablösen.

Folgende Tabelle zeigt die vorgeschlagenen Mindest-Werte für den SCOP für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen (fett gedruckt).

		SCOP 35 °C		
		3.7	<b>3.9</b>	4.1
SCOP 55 °C	2.7	98 %	80 %	63 %
	<b>2.9</b>	94 %	78 %	62 %
	3.1	76 %	68 %	60 %

**Tabelle 2: Vorschlag für Mindest-SCOP-Werte und Erfüllungsgrad von Wärmepumpen-System-Modul Geräten in Abhängigkeit variable r Anforderungen an den SCOP 35 °C und SCOP 55 °C. Lesehinweis zur Tabelle: Wenn man für 35 °C Vorlauftemperatur einen SCOP von 3.9 und für 5 5°C Vorlauftemperatur einen SCOP von 2.9 vorschreibt, dann erfüllen 78% der Wärmepumpen-System-Modul-Geräte diese Anforderung.**

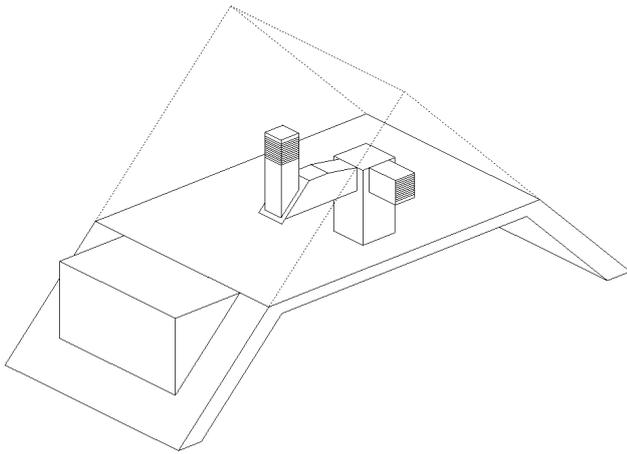
Im Rahmen der Marktanalyse wurden auch Gerätemasse, Konstruktionsprinzipien und Gestaltung betrachtet. Die Abmessungen nehmen mit zunehmender Leistung aufgrund der höheren erforderlichen Luftmenge zu. Je tiefer die Schallemissionen von Geräten mit gleicher Leistung und gleichem Typ, umso grösser sind 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 am Gebäude und im städtischen Kontext

Neben Energieeffizienz und Lärmschutz ist die gestalterische Integration im urbanen Kontext in Zürich und Basel von grosser Bedeutung. In dieser Studie werden verschiedene bauliche Situationen, die für den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen geeignet sind, charakterisiert und beurteilt. Demnach 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.

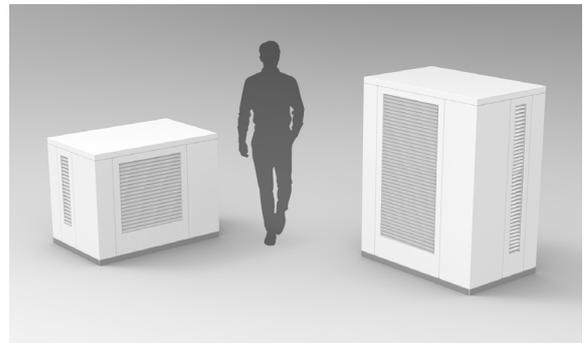
Beim Vergleich verschiedener Systemvarianten im Gebäudekontext sind innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen für die Integration ins Stadtbild und für den Lärmschutz im Aussenbereich von Vorteil. Die Varianten der Aufstellung im Dachbereich schneiden aufgrund des höheren baulichen und schallschutztechnischen Aufwands insgesamt schlechter ab als die Aussenaufstellung im Erdgeschossbereich oder die Innenaufstellung im Untergeschoss. Dennoch sollten auch Dachlösungen zukünftig weiter betrachtet werden. Neben einer Integration der Wärmepumpe im Dach kann das Dach auch mit thermischen Kollektoren und PV-Paneelen oder mit PVT-Kollektoren bedeckt werden, die Wärmequelle und Stromlieferant für die Wärmepumpe sind.

Folgende Abbildung zeigt beispielhaft eine Integrationsmöglichkeit im Dachbereich. Die individuelle Bewertung der Systemvarianten ist stark von der konkreten baulichen Situation und der Priorität einzelner Kriterien abhängig.



**Abbildung 2: Innenaufstellung im Dachgeschoss. Quelle: FHNW; Junkers**

Die Integration im städtischen Kontext kann beispielsweise auch durch das Verbergen der Luft/Wasser-Wärmepumpen hinter bestehenden oder neuen baulichen Elementen unterstützt werden. Um eine höhere Akzeptanz für sichtbar aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen zu erreichen, wurde im Rahmen dieser Studie ein modulares Gerätedesign erarbeitet. Der Gehäuseaufbau besteht aus einem Sockelelement, einem verschweissten Profilrahmen und verschiedenen Blechverschalungen, die entweder mit einem weiteren Material wie z. B. Holz oder Faserzement ausgekleidet oder in verschiedenen Farben lackiert werden können.



**Abbildung 3: Modularer Aufbau des System-Designs und Gerätegrößen**

Durch die grosse Farb- und Materialauswahl lässt sich das modulare System-Design der Luft/Wasser-Wärmepumpe im städtischen Kontext gut an die entsprechende Fassade anpassen oder in der Umgebung integrieren, was zusätzlich durch die zurückhaltende Gerätestruktur unterstützt wird. Mit den gleichen Elementen ist durch eine entsprechende Material- und Farbwahl situativ auch eine Hervorhebung und Betonung der Luft/Wasser-Wärmepumpe möglich.



**Abbildung 4 links: Luft/Wasser-Wärmepumpe farblich abgestimmt auf die Briefkastenanlage des Mehrfamilienhauses.  
rechts: Luft/Wasser-Wärmepumpe farblich angelehnt an die bestehende Müllcontainer-Einfriedung.**

### **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 Geräteschallwerten 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 vorgefertigte 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

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 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

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangslage .....</b>	<b>11</b>
1.1	Abgrenzung .....	11
<b>2</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>12</b>
2.1	Politischer und gesellschaftlicher Rahmen.....	12
2.2	Typen von Luft/Wasser-Wärmepumpen.....	16
2.3	Grundlagen zur Energieeffizienz- und Schallbeurteilung.....	20
2.4	Gesetzliche Grundlagen.....	22
2.5	Marktzulassung und Qualitätslabel.....	22
<b>3</b>	<b>Lärmschutz, Geräteschall und Energieeffizienz.....</b>	<b>26</b>
3.1	Anforderungen Lärmschutz.....	26
3.2	Schallemissionen marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen.....	33
3.3	Energieeffizienz marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen.....	36
3.4	Anforderung Jahresarbeitszahl.....	45
<b>4</b>	<b>Bauliche Situationen.....</b>	<b>46</b>
4.1	Stadt Zürich.....	47
4.2	Kanton Basel-Stadt .....	49
4.3	Bauliche Situationen – Baustrukturen und Beispiele .....	49
4.4	Bewertung der baulichen Situationen.....	56
<b>5</b>	<b>Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen .....</b>	<b>57</b>
5.1	Systemvarianten.....	57
5.2	Gerätedimensionen.....	66
5.3	Bauliche Integration am Gebäude – Konzeptbeispiele .....	68
<b>6</b>	<b>Studie modulares Geräte-Design.....</b>	<b>77</b>
6.1	Modulares Geräte-Konzept.....	77
6.2	Technischer Aufbau.....	82
6.3	Anwendungsbeispiele im urbanen Raum.....	84
<b>7</b>	<b>Bewilligungspraxis.....</b>	<b>87</b>
7.1	Basel-Stadt .....	87

<b>7.2</b>	<b>Stadt Zürich</b> .....	<b>91</b>
<b>7.3</b>	<b>Berücksichtigung der gestalterischen Integration im Bewilligungsprozess</b> .....	<b>94</b>
<b>8</b>	<b>Empfehlungen</b> .....	<b>98</b>
<b>9</b>	<b>Literaturangaben</b> .....	<b>99</b>
<b>A.</b>	<b>Schall- und Lärmbeurteilung</b> .....	<b>102</b>
<b>B.</b>	<b>EU Ecodesign-Richtlinie - Detailhinweise</b> .....	<b>105</b>
<b>C.</b>	<b>Technische Grundlagen zur Aufstellung der Geräte</b> .....	<b>108</b>

---

# 1 Ausgangslage

## 1.1 Hintergrund und Projektziele

Luft/Wasser-Wärmepumpen sollen bei der Umsetzung der Energiestrategie eine wichtige Rolle in der Wärmeversorgung übernehmen. 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 Klagen auslösen. Ein umständlicher und zeitintensiver Bewilligungsprozess ist eine Folge davon.

In der 2014 publizierten Studie «Stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» [Dott2014] sind Kriterien zu Energieeffizienz und Lärmschutz ermittelt worden, welche als Grundlage für eine vereinfachte Bewilligung genutzt werden können. Es fehlen nach wie vor gute Lösungsansätze für die gestalterische Integration im urbanen Kontext. Diese ergänzende Studie im Auftrag vom Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt (AUE) und des Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) soll dieses Defizit beheben.

### Projektziele

- Bestehende Kriterien an stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen überprüfen und aktualisieren
- Konzepte für gute gestalterische Integration von marktverfügbaren aussen aufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen dokumentieren
- Vorschläge für gute Gestaltung aussen aufgestellter Luft/Wasser-Wärmepumpen erarbeiten
- Herstellern von Luft/Wasser-Wärmepumpen Impulse für die Entwicklung gut gestalteter Komponenten geben
- Empfehlungen für den Bewilligungsprozess von Luft/Wasser-Wärmepumpen erarbeiten, um diesen zu vereinfachen.

## 1.2 Abgrenzung

In diesem Projekt werden Serienprodukte von Luft/Wasser-Wärmepumpen als monovalente Wärmeerzeugungsanlagen für Heizung und Warmwasser mit einer thermischen Leistung bis maximal ca. 50 kW betrachtet. Gerätetypen:

- Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen aussen aufgestellt
- Luft/Wasser-Wärmepumpen-Splitgeräte mit aussen aufgestelltem Verdampfer
- Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen innen aufgestellt

Die Integration im städtischen Kontext wird für Einfamilienhäuser und kleine bis mittelgrosse Mehrfamilienhäuser untersucht. Der Fokus liegt auf dem Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen beim Ersatz von Wärmeerzeugern mit fossilen Brennstoffen in Bestandsgebäuden. Denkmalobjekte und Gebäude mit Mischnutzung werden im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet. Liegenschaften mit Schutzanforderungen werden im Bewilligungsverfahren voraussichtlich immer objektspezifisch betrachtet und verhandelt werden müssen. Luft/Wasser-Wärmepumpenlösungen für denkmalgeschützte Objekte werden derzeit in einer Studie des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich untersucht und sollen bei Bedarf in späteren Studien genauer betrachtet werden.

Folgende Kriterien werden für die Integration im städtischen Kontext berücksichtigt:

- Energieeffizienz
- Lärmschutz
- Gestalterische Integration durch bauliche Massnahmen
- Gestaltung Aussenkomponenten (Gerätedesign)
- Wirtschaftliche Tragbarkeit

## 2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden der politische und gesellschaftliche Rahmen erläutert und technische Grundlagen von Luft/Wasser-Wärmepumpen dargestellt. Aspekte der Energieeffizienz- und Schallbeurteilung und gesetzliche Grundlagen werden betrachtet, sowie Anforderungen zur Marktzulassung und Rahmenbedingungen bei Labeln aufgezeigt.

### 2.1 Politischer und gesellschaftlicher Rahmen

#### 2.1.1 Bund

Luft/Wasser-Wärmepumpen gewinnen aufgrund politischer und gesellschaftlicher Veränderungen an Bedeutung. Auf Bundesebene spielen diesbezüglich die Energiestrategie 2050, das Energiegesetz und das CO<sub>2</sub>-Gesetz eine wichtige Rolle. Im Gebäudebereich sind die Erhöhung der Energieeffizienz, die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Nutzung erneuerbarer Energien zentrale Themen [BFE2018].

In Bezug zu den Zielen der Energiestrategie 2050 sind für den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen die im folgenden genannten Aspekte relevant. Im Vergleich zu fossilen Wärmeerzeugern sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Luft/Wasser-Wärmepumpen wesentlich geringer (Abbildung 5). Dieser Effekt wird durch den Einsatz von Elektrizität aus erneuerbaren Quellen zusätzlich verstärkt. Beim angestrebten Ersatz von fossilen Feuerungen, Widerstandsheizungen und Elektroboilern sind Luft/Wasser-Wärmepumpen eine wichtige Option. Luft/Wasser-Wärmepumpen nutzen mit der Energie der Aussenluft erneuerbare Quellen. Eigenproduzierter PV-Strom kann für den Betrieb verwendet werden. Zudem soll für die Planung und Umsetzung dieser Massnahmen mit diesem Projekt hinsichtlich der gestalterischen Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen ein Beitrag zur Erhaltung der baukulturellen Werte und der städtebaulichen Qualität geleistet werden.

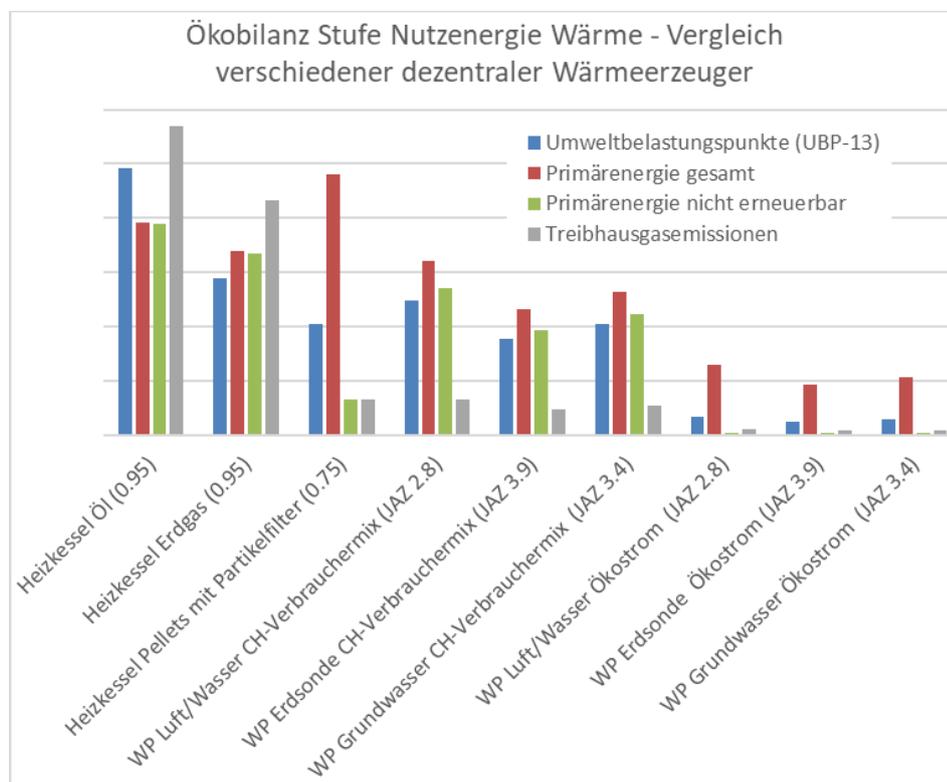


Abbildung 5: Vergleich der Ökobilanz auf Stufe Nutzenergie für verschiedene dezentrale Wärmeerzeuger. Datenbasis: KBOB Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016. [KBOB2016]

## 2.1.2 Kanton Basel-Stadt

Seit vielen Jahren wird im Kanton Basel-Stadt (BS) eine fortschrittliche Energie- und Umweltpolitik verfolgt. Die Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft ist als Leitmotiv im aktuellen Legislaturplan der Regierung verankert. Das 2016 revidierte Energiegesetz auf Basis der Mustervorschriften für die Energiegesetzgebung [MuKE2014] hat insbesondere die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung zum Ziel [EnGBS2016]. Mittels gesetzlicher Vorgaben sollen bis 2050 eine nachhaltige Energieversorgung sichergestellt werden und der Anteil fossiler Energieträger auf eine Tonne CO<sub>2</sub> pro Person und Jahr gesenkt werden. Der Einsatz fossiler Energieträger zur Wärmeversorgung soll mit verschiedenen Massnahmen reduziert werden. Diese sind in der im Herbst 2017 in Kraft getretenen Verordnung zum Energiegesetz geregelt [EnVBS2017]. Ein Fokus liegt beim Ersatz bestehender Wärmeerzeuger mit fossilen Energieträgern. Wo es technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist, muss beim Heizungsersatz ein erneuerbares Heizsystem eingesetzt werden. Damit verbundene höhere Investitionskosten können mit entsprechenden Förderbeiträgen aus dem Energieförderfonds kompensiert werden.

Neben den Zielen und Massnahmen des Energiegesetzes und der Verordnung zum Energiegesetz sind im Kanton Basel-Stadt weitere Punkte für den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen von Bedeutung. Etwa zwei Drittel der Gebäude in Basel-Stadt haben eine Wärmeerzeugung mit fossilen Energieträgern (im Jahr 2012 ca. 3'300 Ölheizungen und 10'700 Gasheizungen). Abbildung 6 zeigt das Fernwärmeversorgungsgebiet im Kanton Basel-Stadt. Derzeit sind 30 – 50 % der Siedlungsfläche nicht mit dem Fernwärmenetz erschlossen. Allerdings ist ein Ausbau und eine Verdichtung des Fernwärmenetzes geplant. Auch der Ausbau von Nahwärmenetzen soll forciert werden. Der Teilrichtplan Energie, in welchem die entsprechenden Gebiete definiert werden, ist allerdings zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht fertig gestellt. Trotzdem wird es grössere Gebiete ohne Wärmenetze geben, und Erdsonden-, Grundwasser- und Oberflächengewässer-Wärmepumpen können nicht überall eingesetzt werden. Eine Option können daher Luft/Wasser-Wärmepumpen sein, die mit erneuerbarem Strom betrieben werden. Die Stromversorgung im Kanton Basel-Stadt ist bereits heute 100 % erneuerbar. Bei aussen aufgestellten Komponenten von Luft/Wasser-Wärmepumpen sind gestalterische Aspekte vor allem in Bezug auf den Schutz der Vorgärten gemäss Bau- und Planungsgesetz relevant. Hier besteht ein Zielkonflikt zwischen Stadtbildschutz und Klimaschutz.

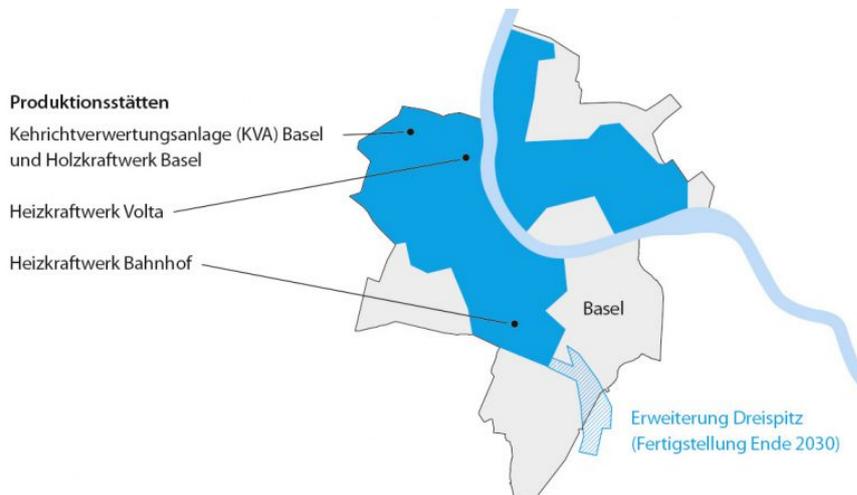


Abbildung 6: Fernwärmeversorgungsgebiet Basel. Quelle: IWB

### 2.1.3 Kanton Zürich

Im Bereich Gebäude, Energie und Lärmschutz liegen wichtige politische und gesetzgeberische Zuständigkeiten auf kantonaler Ebene. Durch die Kantonsverfassung und das Energiegesetz sollen «der sparsame Umgang mit Primärenergie forciert, der Energieverbrauch kontinuierlich gesenkt, die Effizienz der Energieanwendungen verbessert, der Einsatz erneuerbarer Energien gefördert und die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Rahmen des kantonalen Zuständigkeitsbereichs bis ins Jahr 2050 auf jährlich 2.2 Tonnen pro Einwohnerin und Einwohner reduziert werden.» [ZH2014] Die langfristige Entwicklung der kantonalen Energiepolitik und der Energieplanung basiert auf der «Vision Energie 2050» [ZH2014].

Bezogen auf den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen sind auf kantonaler Ebene die Ziele relevant, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und den Einsatz erneuerbarer Energien zu erhöhen. Insbesondere die angestrebte Nutzung von Umweltwärme in dezentralen Anlagen zur Wärmeversorgung ist von Bedeutung. Einen wichtigen Impuls für den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen wird die ca. 2020 vorgesehene Aktualisierung der Energievorschriften auf Basis der MuKE n 2014 geben [MuKE n 2014].

### 2.1.4 Stadt Zürich

Die Stadt Zürich hat sich mit der Verankerung des Leitbilds der 2000-Watt-Gesellschaft in der Gemeindeordnung zum Ziel gesetzt:

- den Energieverbrauch langfristig auf 2000 Watt pro Person zu senken, das Zwischenziel für 2050 sind 2500 Watt pro Person.
- ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 auf eine Tonne pro Person und Jahr zu reduzieren
- erneuerbare Energien und Energieeffizienz zu fördern und
- ihre Beteiligungen an Atomkraftwerken nicht zu erneuern.

Bis heute hat die Stadt Zürich für die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft bereits zahlreiche Massnahmen umgesetzt, die Wirkung zeigen. In den nächsten Jahren müssen erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um den Energieverbrauch bis 2050 auf 2500 Watt pro Person zu senken [SZ2017].

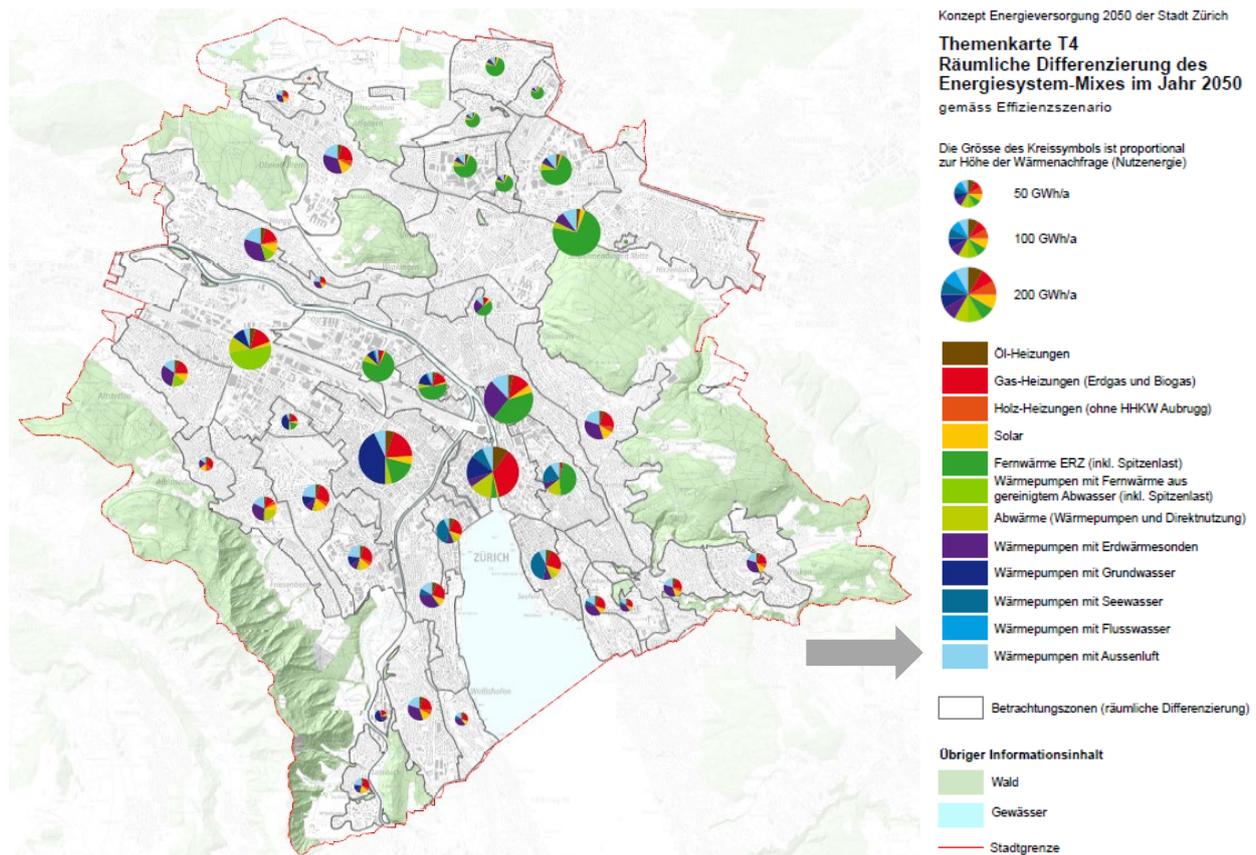
Im Bereich der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird prognostiziert, dass diese bis 2050 mit derzeit laufenden und geplanten Massnahmen auf knapp 3.5 t CO<sub>2</sub> pro Person und Jahr reduziert werden können. Um den Zielwert von 1.0 t CO<sub>2</sub> pro Person und Jahr erreichen zu können, wurden weiterführende Massnahmen identifiziert [SZ2017]. Das grösste Reduktionspotential von ca. 1.1 t CO<sub>2</sub> pro Person und Jahr hat demnach der Ersatz von mit fossilen Energien betriebenen Einzelheizungen durch Systeme, welche lokale Umweltenergie in dezentralen Anlagen nutzen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass der Anteil fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung von Gebäuden von heute ca. 85 % bis ins Jahr 2050 auf 10 % sinkt. Dies könnte durch substanziell verschärfte gesetzlichen Anforderungen an die Wärmeerzeugung und eine höhere Quote energetischer Erneuerungen erreicht werden. Hierbei ist zu beachten, dass gesetzliche Regelungen im Gebäudebereich von Seiten des Kantons getroffen werden. Auf städtischer Ebene spielen die Energieberatungsstellen sowie internetbasierte Informationsangebote für Eigentümerschaften und Planende eine wichtige Rolle. (Massnahme G4 im Masterplan Energie [SZ2016] und G41 und G42 im Planungsbericht Energieversorgung [SZ2016]).

Im Rahmen dieser Studie werden Gebäude mit Wärmeerzeugung aus fossilen Energieträgern einer Leistung kleiner 50 kW betrachtet, die keinen baukulturellen Auflagen unterliegen (Vgl. Kapitel 1.2 «Abgrenzung»). UGZ hat ermittelt, wie hoch der Anteil der Liegenschaften ist, die in das Betrachtungsraster dieser Studie fallen:

In der Stadt Zürich haben gut 25 % der Wohngebäude einen Wärmeerzeuger mit fossilen Energieträgern mit einer Leistung kleiner 50 kW und verursachen ca. 10 % des gesamten derzeitigen Wärmeverbrauchs (inkl. Gewerbe und Industrie). Diese Gebäude befinden sich vor allem in den Zonen W2, W3 und W4 der Bau- und Zonenordnung. Etwa 35 % der Objekte haben baukulturelle Auflagen. Rund 65 % unterliegen keinen baukulturellen Auflagen. Demnach betreffen die Untersuchungen dieser Studie

gemäss Angaben UGZ ca. 17 % der Wohngebäude der Stadt Zürich, was knapp 6000 Liegenschaften entspricht.

Im Konzept Energieversorgung 2050 [Jakob2016] wird je nach Szenario das Potenzial mit 1.7 bis 3.8 Mio. m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche angegeben, welche zukünftig mit Luft/Wasser-Wärmepumpen beheizt werden (alle Leistungsklassen). Die räumliche Differenzierung ist im Konzept Energieversorgung 2050 in Themenkarte T4 dargestellt (Abbildung 7). Im Effizienz-Szenario sieht die Energieversorgungsplanung etwa eine Verzehnfachung des Luft/Wasser-Wärmepumpen-Anteils auf 12 % bis 2050 vor.



**Abbildung 7: Räumliche Differenzierung des Energiesystem-Mixes im Jahr 2050 gemäss Effizienzscenario Konzept Energieversorgung 2050. [Jakob2016]**

## 2.2 Typen von Luft/Wasser-Wärmepumpen

In diesem Projekt werden Serienmodelle von Luft/Wasser-Wärmepumpen für Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser im Leistungsbereich von 4 bis etwa 50 kW betrachtet. Luft/Wasser-Wärmepumpen nutzen die Aussenluft als Wärmequelle. Es sind unterschiedliche Typen von Luft/Wasser-Wärmepumpen gebräuchlich, die auf dem gleichen Funktionsprinzip basieren und die gleichen Grundkomponenten beinhalten: Ventilator, Verdampfer, Kompressor, Verflüssiger, Regelung (Abbildung 8). Unterschiede bestehen in der Anordnung der Grundkomponenten innerhalb oder ausserhalb des Gebäudes. Im Folgenden werden die drei gängigen Typen kurz beschrieben:

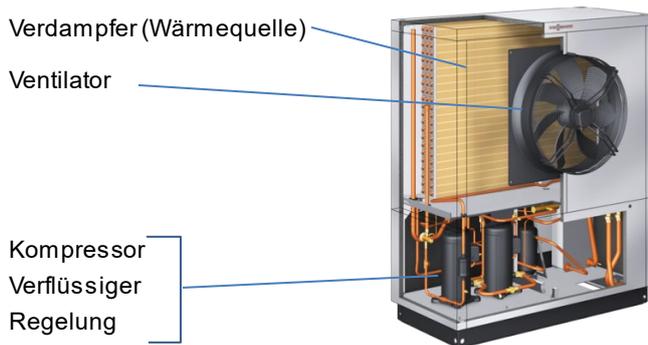


Abbildung 8: Grundkomponenten Luft/Wasser-Wärmepumpen. Quelle: Viessmann

### Innen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpe

Sämtliche Komponenten des Gerätes befinden sich in einem Gehäuse. Das Gerät wird in der Regel im Keller aufgestellt. Die Aussenluft wird über Kanäle nach innen zum Gerät geführt, über den Verdampfer geleitet und wieder nach aussen abgegeben (Abbildung 9). Für den Betriebspunkt A2/W35 (Aussenlufttemperatur von 2 °C bei einer Heizungswasservorlauftemperatur von 35 °C) beträgt die thermische Leistung ca. 4 bis 35 kW und beim Betriebspunkt A-7/W35 erreichen sie noch 25 kW. Schall tritt innerhalb und ausserhalb des Gebäudes auf. Der für den Lärmschutznachweis relevante Aussenlärm liegt im Vergleich zu den anderen Luft/Wasser-Wärmepumpen-Bauarten im tiefen bis mittleren Bereich. Bezüglich der Gestaltung sind im Aussenbereich Lufteintritts- und -austrittsöffnungen im Boden (Schächte mit Gitter) oder in der Fassade sichtbar. Die Öffnungen müssen mit ausreichend Abstand zueinander angeordnet sein, um das Wiederansaugen der bereits abgekühlten Luft (thermischer Kurzschluss) zu vermeiden. Eine Platzierung der Öffnungen über Eck an zwei verschiedenen Fassaden ist hierfür von Vorteil.



**Abbildung 9: Innen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpe. Quelle: Schwab HSK**

### **Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen**

Vergleichbar zu den innen aufgestellten Geräten befinden sich sämtliche Komponenten in einem Gehäuse. Das Gerät kann an der Fassade oder freistehend im Aussenbereich platziert werden (Abbildung 10). Die Aussenluft wird direkt angesaugt und abgegeben. Die Verbindung zum Heizsystem im Gebäude erfolgt hydraulisch über frostsicher verlegte, wärmegeämmte Heizwasser-Leitungen. Die Geräte gibt es im unteren bis mittleren Leistungsbereich. Sie weisen für den Betriebspunkt A2/W35 eine thermische Leistung von ca. 4 bis 35 kW und beim Betriebspunkt A-7/W35 bis 25 kW auf. Der Schallleistungspegel aussen aufgestellter Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen ist aufgrund der Anordnung sämtlicher lärmverursachender Komponenten in einem Gehäuse höher als bei den anderen Typen.



**Abbildung 10: Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpe. Quelle: CTA**

## Splitgeräte mit Kältemittel-Wasser-Inneneinheit

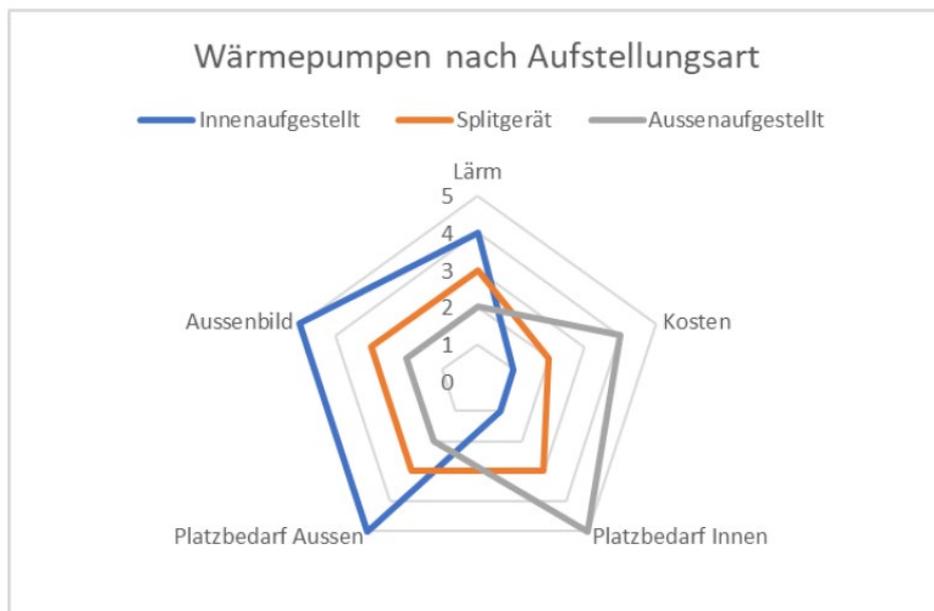
Diese Luft/Wasser-Wärmepumpen bestehen aus einer Inneneinheit und einer Ausseneinheit (Abbildung 11). Die Inneneinheit umfasst Kompressor, Kondensator und die Regelung. Die Ausseneinheit dient zur Erschliessung der Wärmequelle Aussenluft und beinhaltet Ventilator und Verdampfer. Die Abmessungen des Aussengeräts sind geringer als bei aussen aufgestellten Kompaktwärmepumpen. Die Aufstellung kann freistehend oder an der Fassade erfolgen. Die Verbindung der beiden Baugruppen erfolgt über Kältemittelleitungen. Die maximale Länge der Kältemittelleitungen zwischen Verdampfer und Wärmepumpe beträgt bei Standardanlagen gemäss Herstellerangaben ca. 20 m; der maximale Höhenunterschied ca. 3 – 5 m. Im Vergleich zu den anderen Bauarten fallen alle ein bis zwei Jahre zusätzliche Kosten für die Dichtigkeitsprüfung des Kältemittelkreislaufs an. Die thermische Leistung von Seriengeräten in Splitbauweise beträgt etwa 4 bis 65 kW für den Betriebspunkt A2/W35 und bis 45 kW am Betriebspunkt A-7/W35. Splitgeräte haben im Vergleich zu aussen aufgestellten Kompaktwärmepumpen einen geringeren Schalleistungspegel im Aussenbereich, weisen im Gegenzug allerdings eine geringere Energieeffizienz auf. Zudem sinkt die Energieeffizienz mit zunehmender Länge der Kältemittelleitungen.

Eine besondere Bauart der Trennung in Innen- und Ausseneinheit ist die Erschliessung der Wärmequelle Aussenluft durch einen aussen aufgestellten Sole/Luft-Kollektor. Die Anbindung an den im Innengerät angeordneten Kältemittelkreislauf erfolgt durch Soleleitungen und einen Wärmetauscher. Dadurch kann auf Kältemittelleitungen im Aussenbereich verzichtet werden. Allerdings sind aufgrund der Wärmeverluste des Wärmetauschers die Abmessung der Ausseneinheiten grösser als bei herkömmlichen Splitgeräten.



Abbildung 11: Luft/Wasser-Wärmepumpe in Splitbauweise mit Inneneinheit und Ausseneinheit. Quelle: Viessmann

Eine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Typen wurde in einer Studie zur Bewilligungspraxis von Luft/Wasser-Wärmepumpen im Auftrag des Bau- und Gastgewerbeinspektorats Kanton Basel-Stadt durch Energie Zukunft Schweiz erarbeitet und ist in Abbildung 12 dargestellt [EZS2018]. Ergänzend ist die geringere Energieeffizienz von Splitgeräten im Vergleich zu den anderen Wärmepumpentypen zu nennen.



**Abbildung 12: Bewertung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Bautypen von Luft/Wasser-Wärmepumpen nach unterschiedlichen Kriterien. Bewertungsskala: 1: Starke Nachteile, 2: Schwache Nachteile, 3: Neutral, 4: Schwache Vorteile, 5: Starke Vorteile. Quelle: Energie Zukunft Schweiz**

## 2.3 Grundlagen zur Energieeffizienz- und Schallbeurteilung

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundbegriffe zur Effizienz- und Schallbeurteilung von Wärmepumpen kurz aufgeführt. Die Erläuterungen wurden aus dem Bericht des vorangegangenen Projekts «Stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» [Dott2014] übernommen.

Die Beurteilung der energetischen Effizienz einer Wärmepumpe greift die zentrale Eigenschaft einer Wärmepumpe auf, die mit Hilfe von Antriebsenergie (hier Strom) einen Prozess betreibt, der Wärme aus einer Wärmequelle (hier Umweltwärme) gewinnt und dann auf ein für die Anwendung (Heizwärme und Warmwasser) erforderliches Temperaturniveau bringt (Abbildung 13). Die Beurteilung erfolgt üblicherweise anhand der folgenden Kennzahlen:

- COP – Coefficient Of Performance  
gibt - als im Prüflabor messbare Leistungskennzahl - Auskunft darüber, wie gross das Verhältnis zwischen erzeugter Heizleistung und aufgenommener elektrischer Leistung ist. Die Messung erfolgt bei konstanter thermischer Leistung, Quellen- und Senktemperatur.
- SCOP – Seasonal Coefficient Of Performance  
Der SCOP verknüpft COP-Werte an verschiedenen Betriebspunkten mit Klimadaten unter Berücksichtigung der Häufigkeit und bildet so eine mittlere Leistungskennzahl für einen definierten Zeitraum, üblicherweise ein Jahr. Im Gegensatz zur JAZ ist der SCOP eine Gerätegrösse und bezieht sich nicht auf ein konkretes Objekt oder eine Anlage.
- JAZ – Jahresarbeitszahl  
Die Jahresarbeitszahl bewertet die Effizienz von Wärmepumpen-Heizungsanlagen. Sie gibt das Verhältnis zwischen der von der Wärmepumpe produzierten Heizenergie und der aufgewendeten elektrischen Energie an. Wenn die Heizwärmepumpe über einen Beistellboiler Warmwasser bereitstellt, ist dies in der JAZ ebenfalls enthalten. Basis sind die jährlichen Energiebezugswerte. Die JAZ ist eine gebäude- und anlagenspezifische Kenngrösse, welche sich auf ein konkretes Objekt bezieht. Dabei werden unterschiedliche Systemgrenzen angewandt.

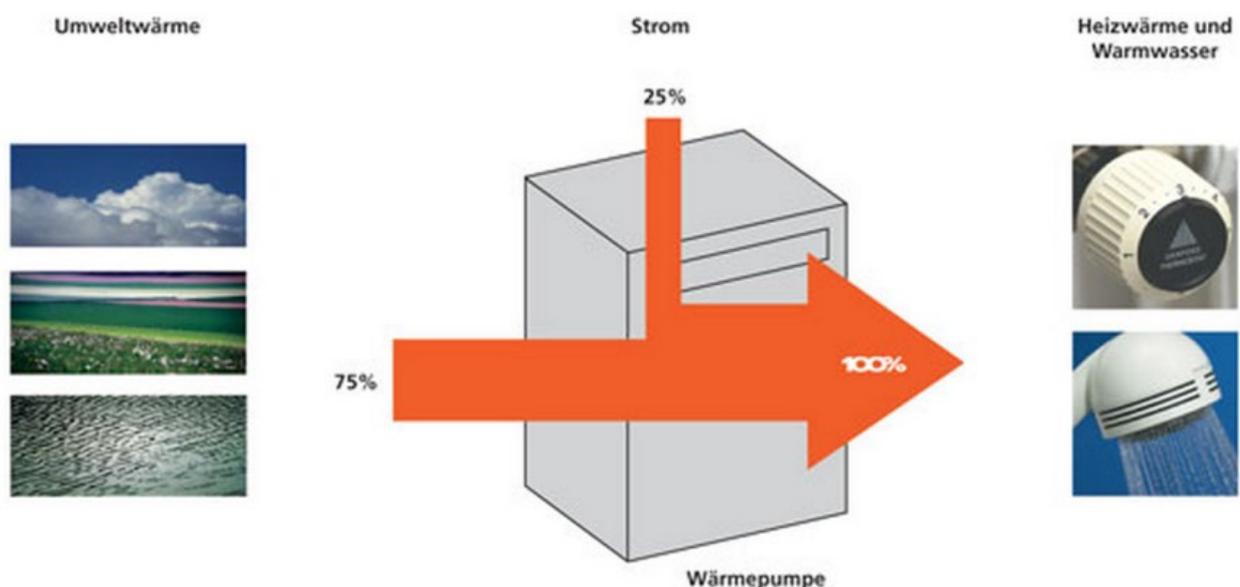


Abbildung 13: Anwendung und Effizienz von Wärmepumpenanlagen

Quelle: [FWS2014c]

Die Grundlagen für die Schall- und Lärmbeurteilung sind in Anhang A detailliert erläutert. Die Angaben basieren vornehmlich auf den Publikationen des Cercle Bruit [CercleBruit2013], der Vereinigung kantonalen Lärmschutzfachleute, und der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS [Kunz2008], [Völkel2004].

Zentrale Begriffe sind (siehe Abbildung 14):

- Der Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ), welcher quantifiziert, wie viel Energie über den Schall abgegeben wird (→ Emission).
- Der Schalldruckpegel ( $L_{pA}$ ), welcher eine messbare und ortsabhängige Grösse ist, die angibt, wie viel Schall ankommt.
- Der Beurteilungspegel am Immissionsort ( $L_r$ ), welcher Pegelkorrekturen für Tonhaltigkeit, Impulshaltigkeit, tägliche Betriebsdauer und die Tageszeit enthält (→ Immission).

Die Schallangaben erfolgen üblicherweise in A-bewerteten Dezibel (dB(A)), einer logarithmischen Einheit, wobei eine Erhöhung des Schallpegels um 10 dB einer Verzehnfachung der Schalleistung in Watt entspricht.

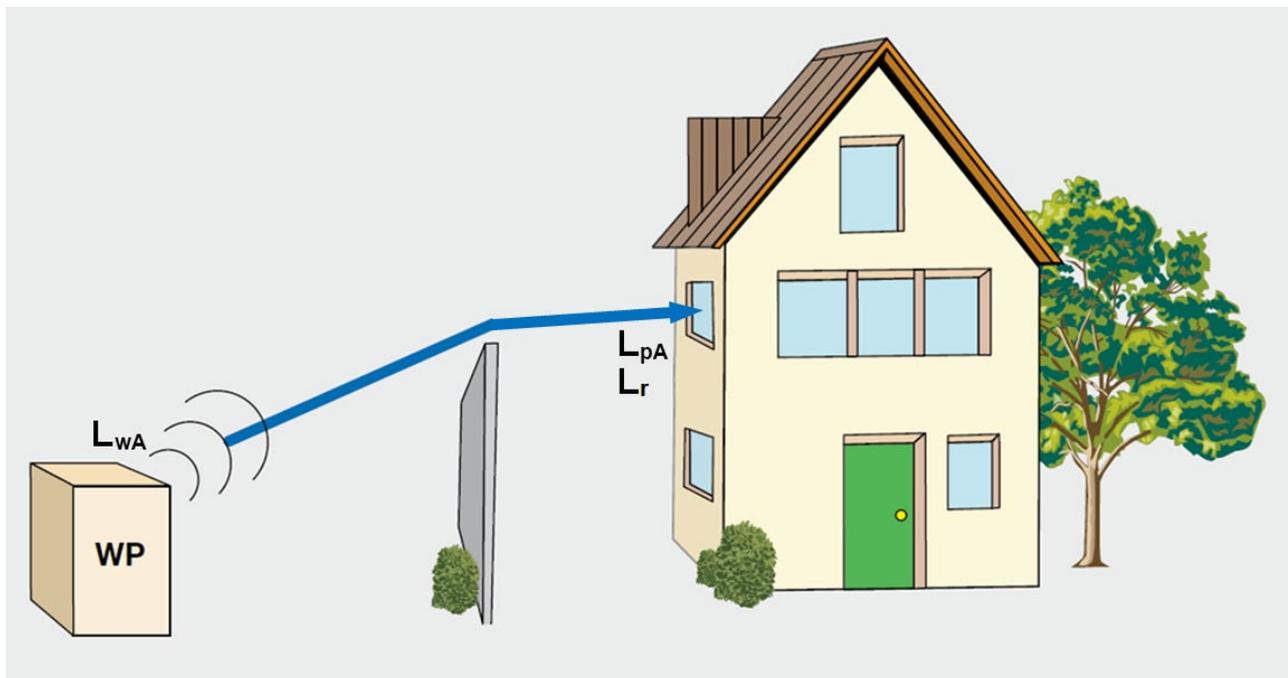


Abbildung 14: Schallwirkung von Wärmepumpen

basierend auf: [Kunz2008]

Als Grundlage der Effizienz- und Schallbeurteilungen gelten Normen gemäss Tabelle 3.

Norm	Inhalt	Bemerkungen
EN 14511	Prüfnorm COP «Heizen»	
EN 14825	Prüfnorm/Berechnung SCOP «Heizen»	Grundlage Ecodesign
EN 16147	Prüfnorm/Berechnung COP «Warmwasser»	Grundlage Ecodesign. Definiert $SCOP_{ww} = COP_{ww}$
EN 12102	Prüfnorm Luftschall	Grundlage Ecodesign

Tabelle 3: Prüfnormen für die Effizienz- und Schallbeurteilungen von Luft/Wasser-Wärmepumpen.

## 2.4 Gesetzliche Grundlagen

Das Inverkehrbringen und der Betrieb von Wärmepumpen wird auf Bundesebene im Wesentlichen durch die Energieeffizienzverordnung [EnEV] und die Lärmschutzverordnung [LSV2010] festgelegt.

Die kantonalen Energievorschriften regeln durch das Energiegesetz und die dazugehörige Verordnung im Bereich Energie und Gebäude unter anderem die Anforderungen an die thermische Gebäudehülle, die Wärmeerzeugung und den Einsatz erneuerbarer Energien. Die Vorschriften basieren auf den harmonisierten Mustervorschriften für die Energiegesetzgebung (MuKE) der Konferenz Kantonaler Energiedirektoren (EnDK). Ein Schwerpunkt der MuKE 2014 ist die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung. Das kantonale Energiegesetz wurde auf Basis der MuKE 2014 im Kanton Basel-Stadt 2017 revidiert. Im Kanton Zürich ist dies ca. 2020 geplant.

Bei der Wärmeversorgung werden im Kantonalen Richtplan Prioritäten für Gebiete mit Nutzung standort- bzw. leitungsgebundener Energieträger festgelegt. In übrigen Gebieten wird angestrebt, Umweltwärme in dezentralen Anlagen zu nutzen, beispielsweise durch Luft/Wasser-Wärmepumpen. Der im Kanton Zürich periodisch erscheinende Energieplanungsbericht formuliert Handlungsbedarf und Massnahmen unter anderem in den Bereichen Gebäude und Wärmeversorgung [ZH2017]. Für die Stadt Zürich sind dabei die Überarbeitungen und Umsetzungen der kommunalen Energieplanung und die Diversifizierung der Wärmeversorgung unter primärer Nutzung der lokalen, standortgebundenen Energiequellen von Bedeutung [SZ2016].

Für die Aspekte der gestalterischen Integration sind im Kanton Basel-Stadt das Bau- und Planungsgesetz (BPG) und die entsprechende Verordnung (BPV) mit den dazugehörigen Ausführungsbestimmungen (ABPV) massgebend. Für die Stadt Zürich sind das kantonale Planungs- und Baugesetz (PBG), die allgemeine Bauverordnung (ABV), die Bauverfahrensverordnung (BVV) und die Bau- und Zonenordnung der Stadt Zürich (BZO) massgebend.

Anforderungen an den Lärmschutz sind in Art. 7 Abs. 1 der Lärmschutz-Verordnung (LSV) formuliert [LSV2010].

## 2.5 Marktzulassung und Qualitätslabel

Dieses Kapitel stellt kurz die Rahmenbedingungen für die Marktzulassung von Wärmeerzeugern in der EU und der Schweiz sowie die wichtigsten Qualitätslabel für Wärmepumpen zu Raumheiz- und Warmwasserbereitstellungszwecken dar und fasst die energetischen Anforderungen zusammen.

### 2.5.1 EU-Ecodesign-Richtlinie

Die Ecodesign-Richtlinie der Europäischen Union [2009/125/EG] stellt Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte («ErP»). Sie definiert Mindestanforderungen an die Marktzulassung von Raum- und Warmwasser-Heizgeräten und führt eine Energieetikette für diese ein. In der Schweiz wurden die Anforderungen in die Energieeffizienzverordnung [EnEV] grösstenteils identisch übernommen. Basis der energetischen Beurteilung für Wärmepumpen zur Raumheizung bildet der SCOP («saisonaler COP») respektive die daraus abgeleitete Primärenergieeffizienz  $\eta_s$ , wobei zwischen zwei Anwendungsfällen (35 °C resp. 55 °C Auslegungs-Vorlauftemperatur) unterschieden wird. Anforderungen an den SCOP sind in Abschnitt 2.5.6 zusammengestellt. Detaillierte Informationen zur EU-Ecodesign-Richtlinie siehe Anhang B.

Da die Bewertung nach Ecodesign-Richtlinie auf dem SCOP basiert, sind solche Werte bei Herstellern grundsätzlich vorhanden. Der Gesetzgeber sieht in der «Produkteinformativspflicht» eine Deklaration dieser Werte sogar explizit vor. So finden sich mittlerweile auch in Datenblättern immer häufiger Angaben zum SCOP (oder alternativ der Primärenergieeffizienz  $\eta_s$ ), auch das Wärmepumpen-Testzentrum Buchs (WPZ) veröffentlicht seit geraumer Zeit SCOP-Daten. Die EU wird voraussichtlich ab 2019 eine

(teilweise) öffentlich zugängliche Datenbank einrichten, in die Lieferanten ihre Geräte eintragen müssen.

Wärmenennleistung ≤ 6 kW		Wärmenennleistung > 6 kW und ≤ 12 kW		Wärmenennleistung > 12 kW und ≤ 30 kW		Wärmenennleistung > 30 kW und ≤ 70 kW	
Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), innen	Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), außen	Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), innen	Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), außen	Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), innen	Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), außen	Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), innen	Schallleistungspegel ( $L_{WA}$ ), außen
60 dB	65 dB	65 dB	70 dB	70 dB	78 dB	80 dB	88 dB

**Abbildung 15: Der Schallleistungspegel von Raumheizgeräten und Kombiheizgeräten mit Wärmepumpe darf die dargestellten Werte nicht überschreiten (Anforderungen seit 26. September 2015). Quelle: [EG/813/2013]**

Die Ecodesign-Richtlinie stellt ebenfalls Anforderungen an den Schallleistungspegel von Heizgeräten (Abbildung 15). Die meisten Geräte am Markt weisen deutlich geringere Schallleistungspegel auf als noch zulässig wären. Die hohen zulässigen Schallleistungspegel der EU-Ecodesign-Richtlinie führen dazu, dass marktfähige Geräte nicht a priori auch stadtverträglich sind. Dazu reichen die Anforderungen gemäss EU-Ecodesign-Richtlinie nicht aus.

### 2.5.2 EHPA – Gütesiegel

Das Wärmepumpen-Gütesiegel der European Heat Pump Association EHPA (siehe Abbildung 16) ist eine freiwillige Qualitätsauszeichnung, die für Wärmepumpen-Baureihen oder -Einzelgeräte bis zu einer Heizleistung von 100 kW für Raumheizung oder Brauchwarmwassererwärmung erteilt werden kann. Das Gütesiegel stützte traditionell auf COP Werte ab, stellte aber kürzlich alternativ auf SCOP um. Die Anforderungen an den SCOP wurden aufgrund von Auswertungen des österreichischen Vereins «Wärmepumpe Austria» so ermittelt, dass diese den bestehenden COP-Anforderungen äquivalent sind. Zahlenwerte sind in Abschnitt 2.5.6 zusammengestellt.



**Abbildung 16: EHPA-Gütesiegel**

**Quelle: [EHPA2014]**

### 2.5.3 Wärmepumpen-System-Modul

Das Wärmepumpen-System-Modul [FWS2014b] ist ein 2013 lanciertes Gütesiegel für die gesamte Wärmeerzeugungsanlage mit Wärmepumpe, das vom BFE (Bundesamt für Energie) und von den

Verbänden suissetec, FWS, GKS, SWKI, VSK und VSE getragen wird. Es baut auf dem EHPA-Gütesiegel auf, ergänzt betreffend Energieeffizienz aber um Prüfpunkte für den Warmwasserbetrieb (W55). Neben dem Wärmeerzeuger selbst betrachtet das Wärmepumpen-System-Modul zudem die Komponenten Wärmequelle, Umwälzpumpen, Speicher, Hydraulik, Wärmeabgabesystem, Trinkwassererwärmung und Steuerung/Regelung. Dabei behandelt es neben technischen auch planerische Anforderungen sowie die Inbetriebnahme und eine nachfolgende Betriebskontrolle. Es können Wärmepumpenanlagen bis ca. 15 kW Heizleistung für Neubauten oder Erneuerungen zu Händen des Betreibers zertifiziert werden. Detaillierte Informationen sind bei der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS verfügbar [FWS2014b].

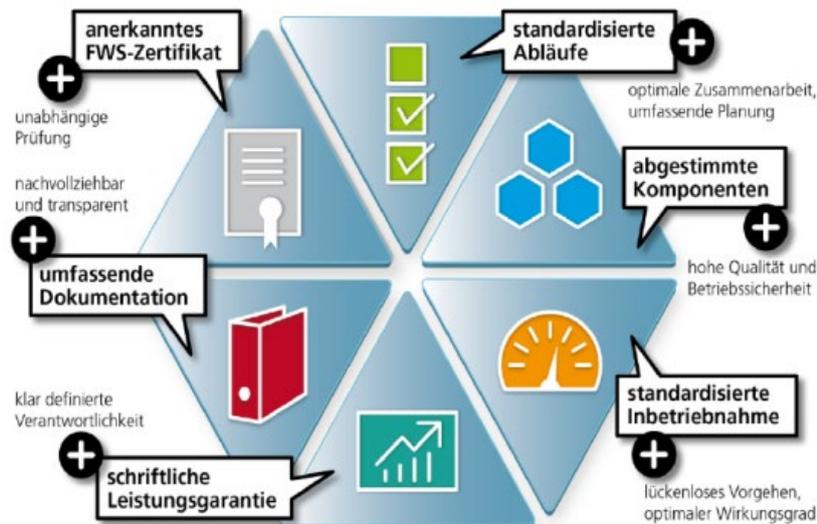


Abbildung 17: Inhalte des Wärmepumpen-System-Moduls

Quelle: [Egli2013]

#### 2.5.4 Topten

Die Topten GmbH veröffentlicht auf der Webseite [www.topten.ch](http://www.topten.ch) seit dem Jahr 2000 für viele Produktkategorien eine Auswahl von den jeweils «besten» – den «topten» – Geräten einer Kategorie, wobei neben einem geringen Energieverbrauch auch weitere Kriterien betrachtet werden. Die Auswahl stützt sich auf «offizielle, standardisierte Warendeclarationen und die Energieetikette» sowie andere «renommierte Labels» [Topten2018]. Im Bereich Wärmepumpen stützt sich Topten auf das FWS/EHPA-Gütesiegel ab, fordert aber eine erhöhte energetische Effizienz und berücksichtigt wie das Wärmepumpen-System-Modul auch Prüfpunkte, welche die Warmwasserbereitstellung repräsentieren [Topten.ch].

#### 2.5.5 Kriterien für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen – OKI

Die Organisation Kommunale Infrastruktur (OKI) hat basierend auf dem vorangegangenen Projekt «Stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» [Dott2014] Kriterien in einem Faktenblatt publiziert [OKI2014]. In diesen Kriterien für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen sind Anforderungen an die energetische Geräte-Effizienz, den Schall- und Lärmschutz (siehe Abschnitt 3.1.2) und an das Heizsystem und die Auslegung enthalten.

## 2.5.6 Energetische Anforderungen

Die energetischen Anforderungen der obgenannten Rahmenbedingungen und Label sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 zusammengestellt

Prüfbedingung	ErP				OKI
A2/W35	-	3.1	3.6	3.1	3.6
A-7/W55	-	-	1.8	1.7	1.8
A7/W55	-	-	2.6	2.6	2.6

Tabelle 4: Energetische Anforderungen an den COP von Luft/Wasser-Wärmepumpen. Stand 4Q/2017.

Prüfbedingung	ErP				OKI
W35	3.2	3.5	-	-	-
W55	2.8	(2.9) <sup>a</sup>	-	-	-
<sup>a</sup> Vorschlag, nicht umgesetzt					

Tabelle 5: Energetische Anforderungen an den SCOP von Luft/Wasser-Wärmepumpen. Stand 4Q/2017.

## 2.5.7 Schlussfolgerung zu Labeln

Bei den Anforderungen an die Marktzulassung resp. die Erlangung von Qualitätsauszeichnungen ist teilweise eine Umstellung des COP auf SCOP-Werte als Beurteilungskriterium erfolgt.

Bezüglich der Geräteeffizienz ist ein Ausschluss schlechterer Geräte zu erwarten. Höhere Anforderungen werden von Labeln bisher nicht abgedeckt.

Bezüglich der Schallemissionen sind die Anforderungen der heutigen Label nicht ausreichend. In der EU-Ecodesign-Richtlinie sind Richtwerte bezüglich Schallemissionen festgehalten. Die Schallemissions-Grenzwerte sind allerdings für eine stadtverträgliche Wärmepumpe zu hoch angesetzt, sodass die Vorgaben der Lärmschutzverordnung im städtischen Umfeld in der Regel nicht oder nur mit erheblichem Zusatzaufwand zu erfüllen sind.

Das Wärmepumpen-System-Modul bietet einen zusätzlichen Vorteil in dem Sinne, dass es bei Kleinanlagen, bei denen üblicherweise kein Planer beteiligt ist, eine gute, nach Stand der Technik geplante und realisierte Wärmepumpen-Heizanlage sicherstellen kann.

### 3 Lärmschutz, Geräteschall und Energieeffizienz

In diesem Kapitel wird zunächst auf die Anforderungen zum Lärmschutz von Luft/Wasser-Wärmepumpen und die sich daraus ergebenden Mindestdistanzen der Emissionsquelle zum Immissionsort eingegangen. Ergebnisse der Marktanalyse hinsichtlich Schallemissionen und Energieeffizienz der Geräte werden dargestellt. Abschliessend werden Anforderungen zur Jahresarbeitszahl erläutert.

#### 3.1 Anforderungen Lärmschutz

Für Luft/Wasser-Wärmepumpen bestehen zum einen gemäss EU-Ecodesign-Richtlinie Anforderungen an den Schalleistungspegel der Geräte für die Marktzulassung (Abbildung 15) und zum anderen gemäss Lärmschutzverordnung Belastungsgrenzwerte bezüglich des Beurteilungspegels am Immissionsort.

##### 3.1.1 Lärmschutzverordnung und Lärmschutznachweis

Die Lärmschutzverordnung (LSV) enthält für verschiedene Empfindlichkeitsstufen (ES I – Erholungszone bis ES IV – Industriezone) gemäss LSV Anhang 6 Belastungsgrenzwerte bezüglich des Beurteilungspegels am Immissionsort. Mit dem Lärmschutznachweis muss nachgewiesen werden, dass der Beurteilungspegel am Immissionsort den Grenzwert (Planungswert für neue Anlage) der betreffenden Empfindlichkeitsstufe einhält und dass das Vorsorgeprinzip erfüllt ist. Der Beurteilungspegel am Immissionsort ist von verschiedenen Faktoren abhängig: Aufstellungssituation der Luft/Wasser-Wärmepumpen, Distanz zum Empfangsort, schall- und betriebstechnische Geräteeigenschaften, zusätzliche Schallschutzmassnahmen.

Im Kanton Basel-Stadt richten sich die Vorgaben zur Erstellung des Lärmschutznachweises nach der Vollzugsrichtlinie des Cercle Bruit [CercleBruit2013].

Die Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) stellt auf ihrer Website einen Schallrechner für den Lärmschutznachweis gemäss Vollzugsrichtlinie Cercle Bruit zur Verfügung. Im Schallrechner können eigene Gerätedaten eingegeben, oder eine umfassende Gerätedatenbank genutzt werden.

Im Kanton und in der Stadt Zürich ist beim Lärmschutznachweis im Vergleich zur Vollzugsrichtlinie Cercle Bruit ein zusätzlicher Sicherheits- und Vorsorgezuschlag von 3 dB zu berücksichtigen. Daher stellt der Kanton Zürich eigene Formulare für den Nachweis zur Verfügung. Es können auch der Schallrechner des FWS oder die Formulare des Cercle Bruit verwendet werden, wenn der Vorsorgezuschlag 3 dB korrekt berücksichtigt wird.

Luft/Wasser-Wärmepumpen sind ortsfeste Anlagen, welche nur errichtet werden dürfen, wenn die durch die Anlagen allein erzeugten Lärmimmissionen die Planungswerte nicht überschreiten und im Sinne der Vorsorge die Lärmemissionen soweit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich, sowie wirtschaftlich tragbar ist. Um dem Vorsorgeprinzip Rechnung zu tragen, wird in der Stadt Zürich für die Nachtperiode die Einhaltung eines maximalen energetischen Mittelungspegels  $L_{eq}$  verlangt. Dieser nicht korrigierte energetische Mittelungspegel  $L_{eq}$  muss in Zonen mit Lärmempfindlichkeitsstufe (ES) III am massgebenden Immissionsort während der Nachtperiode (19:00 bis 07:00 Uhr) den Wert von max. 35 dB(A) einhalten. In Zonen mit Lärmempfindlichkeitsstufe (ES) II ist am massgebenden Immissionsort während der Nachtperiode (19:00 bis 07:00 Uhr) ein  $L_{eq}$ -Wert von 30 dB(A) einzuhalten.

### 3.1.2 Anforderungen an stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen

In [Dott2014] wurden folgende Kriterien für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen definiert:

Anforderungen Lärmschutz für	ES II	ES III
Schalleistungspegel $L_{wA}$ <sup>1</sup>	≤ 50 dB(A)	≤ 55 dB(A)

Voraussetzungen: Aufstellungssituation „an der Fassade“ und in mind. 5 m Abstand zum nächstgelegenen Fenster eines lärmempfindlichen Wohnraumes (auch beim eigenen Gebäude). Sicherheits- und Vorsorgezuschlag von 3 dB berücksichtigt. Bei Aufstellungssituationen an der Fassade oder in einer Gebäudeecke sind tiefere Schalleistungspegel, grössere Abstände zum Immissionsort oder Lärmschutzmassnahmen erforderlich.

**Tabelle 6: Anforderungen an stadtverträgliche Luft/Wasser Wärmepumpe gemäss [Dott2014]**

Mit den Schalleistungspegeln gemäss Tabelle 6 werden bei Aufstellungssituation an der Fassade und der Einhaltung des Mindestabstands von 5 m zum nächsten Beurteilungspunkt die Belastungsgrenzwerte nach Anhang 6 der Lärmschutzverordnung im Kanton Zürich eingehalten (inkl. Vorsorge- und Sicherheitszuschlag von 3 dB).

Die Einhaltung der Kriterien gemäss Tabelle 6 hat empfehlenden Charakter. Im Rahmen der Bewilligung bildet der Lärmschutznachweis die Grundlage für die lärmschutztechnische Beurteilung. Bei der Bearbeitung dieses Projekts wurde in verschiedenen Gesprächen mit Fachleuten deutlich, dass die definierten Kriterien für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen in Bezug zu den Anforderungen im Lärmschutznachweis zu Missverständnissen und Verwirrung führen können. Daher wird als Weiterentwicklung der Kriterien vorgeschlagen, anstelle der Schalleistungspegel gemäss Tabelle 6 die Schalleistungspegel in Abhängigkeit zur Aufstellungssituation und zum minimalen Abstand zum Immissionsort darzustellen.

Für ES II und ES III wurden gemäss Lärmschutznachweis für verschiedene Aufstellungssituationen (Wärmepumpe freistehend, Wärmepumpe/Schacht an Fassade, Wärmepumpe/Schacht in Gebäudeecke) der Mindestabstand von Schallquelle zum Empfänger in Abhängigkeit zur Schalleistung berechnet. Mit Hilfe der Darstellungen in Abbildung 19 bis Abbildung 21 lassen sich einerseits für konkrete bauliche Situationen auf Basis der vorhandenen Distanz der Quelle zum Empfangsort die maximal möglichen Schalleistungspegel der Geräte ermitteln. Andererseits kann aus der Grafik für ein gewähltes Gerät mit bekanntem Schalleistungspegel «Nacht max.» der Mindestabstand von Schallquelle zum Empfänger bestimmt werden.

<sup>1</sup> Bei leistungsgeregelten Wärmepumpen weicht die Schalleistung beim effektiven Betriebszustand der Anlage von den Herstellerangaben im Betriebspunkt (z. B. A7/W45) ab. Leider fehlen oftmals geeignete Schalleistungsangaben für die Beurteilung des effektiven Betriebs. Wenn keine Schalleistungsangaben für den effektiven Betriebszustand vorliegen, ist auch im Sinne der Vorsorge vom maximalen Schalleistungspegel (Tag) auszugehen. Der Flüstermodus während der Nachtperiode kann nur dann berücksichtigt werden, wenn der Betrieb im Flüstermodus sichergestellt werden kann (z. B. durch entsprechende Einstellung der Anlage durch den Hersteller/Installateur).

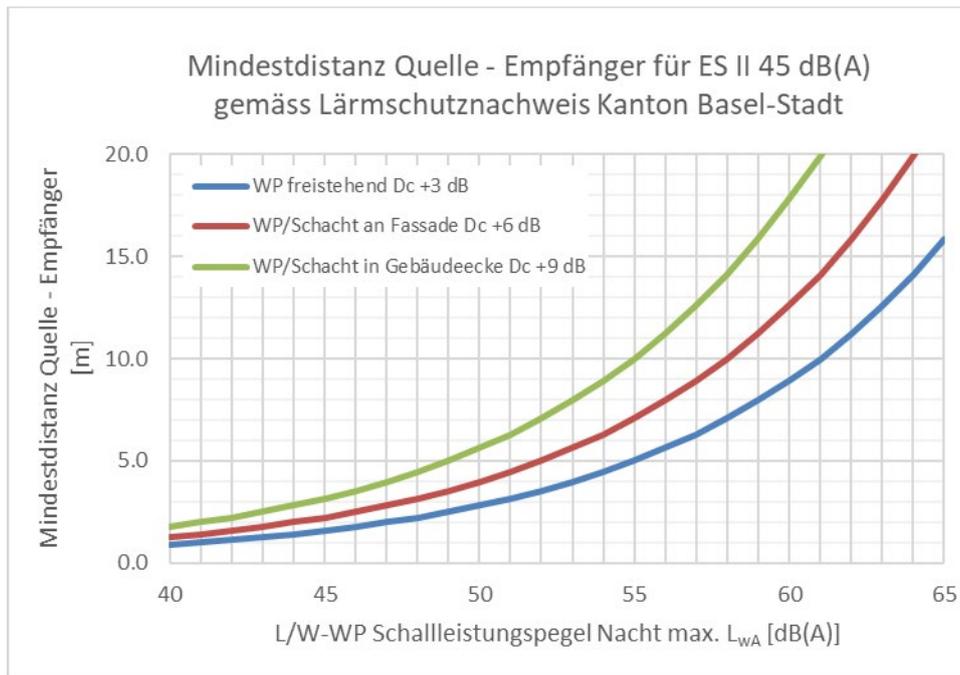


Abbildung 18: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Abhängigkeit des Schalleistungspegels «Nacht max.» der Luft/Wasser-Wärmepumpen und der Aufstellungssituation zur Erfüllung des Planungswerts ES II 45 dB(A) gemäss LSV für den Kanton Basel-Stadt. Das Richtwirkungsmass  $D_c$  hängt von der Aufstellungssituation ab.

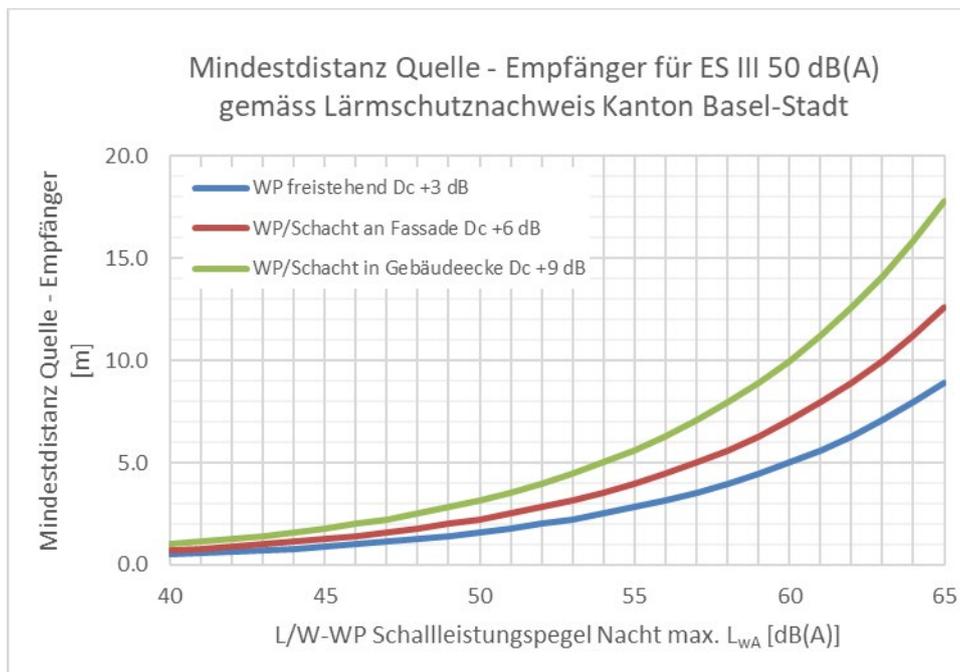


Abbildung 19: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Abhängigkeit des Schalleistungspegels «Nacht max.» der Luft/Wasser-Wärmepumpen und der Aufstellungssituation zur Erfüllung des Planungswerts ES III 50 dB(A) gemäss LSV für den Kanton Basel-Stadt. Das Richtwirkungsmass  $D_c$  hängt von der Aufstellungssituation ab.

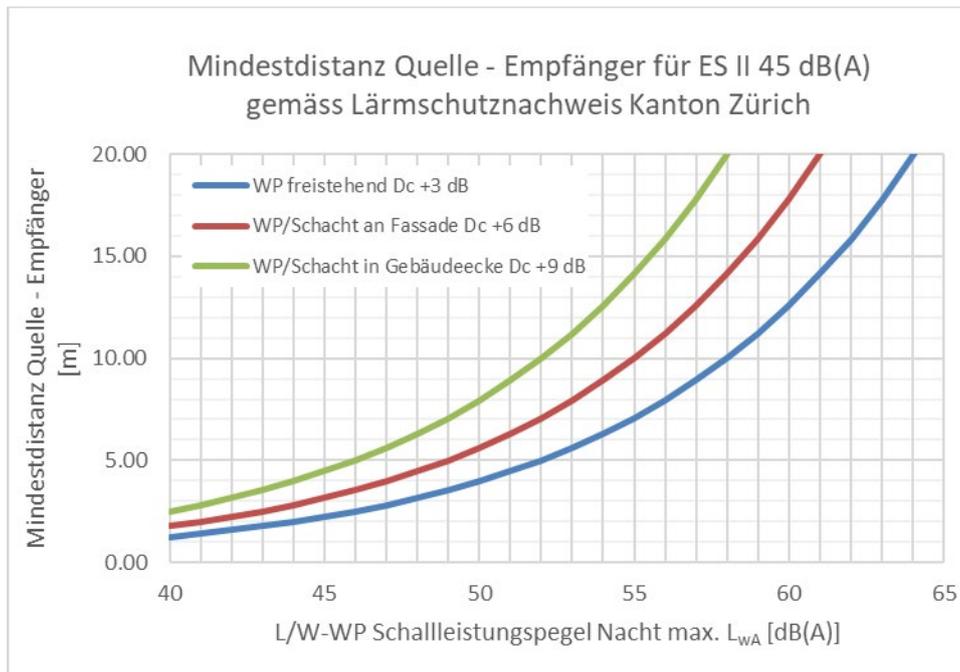


Abbildung 20: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Abhängigkeit des Schalleistungspegels «Nacht max.» der Luft/Wasser-Wärmepumpen und der Aufstellungssituation zur Erfüllung des Planungswerts ES II 45 dB(A) gemäss LSV für den Kanton Zürich. Das Richtwirkungsmass  $D_c$  hängt von der Aufstellungssituation ab.

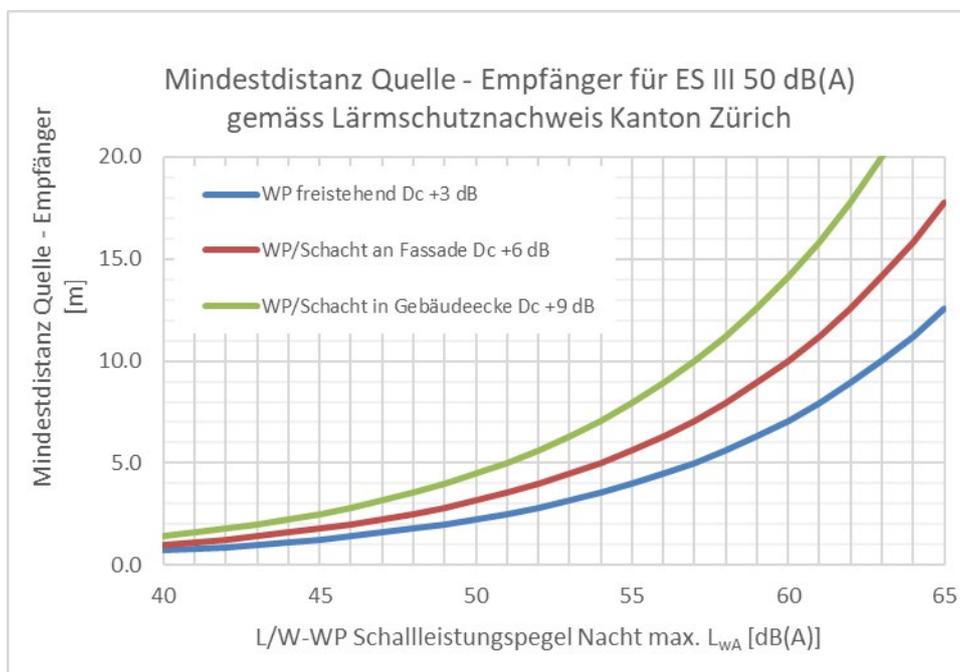
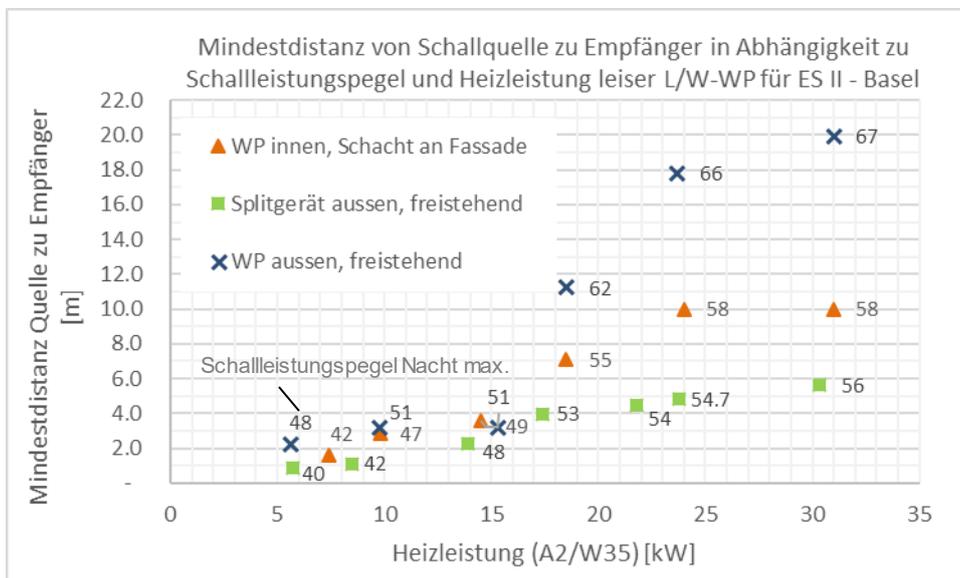


Abbildung 21: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Abhängigkeit des Schalleistungspegels «Nacht max.» der Luft/Wasser-Wärmepumpen und der Aufstellungssituation zur Erfüllung des Planungswerts ES III 50 dB(A) gemäss LSV für den Kanton Zürich. Das Richtwirkungsmass  $D_c$  hängt von der Aufstellungssituation ab.

### 3.1.3 Mindestabstände marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen zum Immissionsort

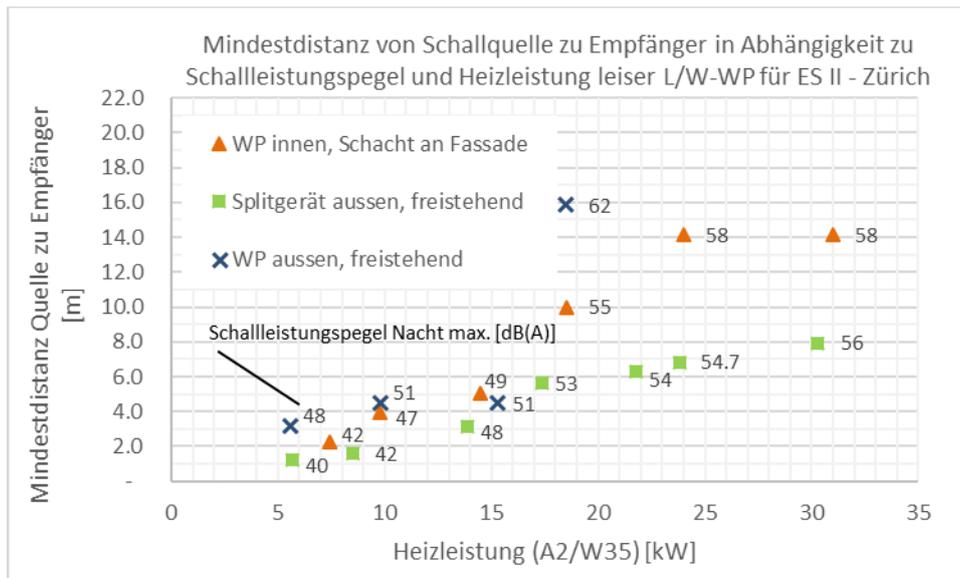
Gemäss der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Marktanalyse (siehe Abschnitt 3.2) ist der Schallleistungspegel bei Geräten mit höherer Geräteleistung grösser. Splitgeräte weisen im Vergleich zu den anderen Gerätetypen die grösste Streuung auf, aber es gibt einzelne Splitgeräte mit sehr tiefen Schallwerten. Aussen aufgestellte Kompaktwärmepumpen haben im jeweiligen Leistungsbereich den höchsten Schallleistungspegel. Je tiefer der Schallleistungspegel bei gleicher Aufstellungssituation ist, desto geringer kann gemäss Lärmschutznachweis der Abstand zum massgebenden Immissionsort sein.

Aus den Schallleistungspegeln «Nacht max.» der leisesten Geräte verschiedener Leistungsbereiche und Gerätetypen wurden die Mindestdistanzen der Schallquelle zum Empfänger exemplarisch für die lärmschutztechnisch günstigste Aufstellung gemäss Lärmschutznachweis Cercle Bruit (für Basel) und Lärmschutznachweis Kanton Zürich berechnet (ohne zusätzliche Lärmschutzmassnahmen) und in Abbildung 22 und Abbildung 23 dargestellt. Aus diesen Angaben lässt sich ableiten, welche baulichen Einsatzmöglichkeiten die schalltechnisch besten Geräte bieten.



**Abbildung 22: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Bezug zum Schallleistungspegel und zur Heizleistung A2/W35 für die jeweils leisesten Geräte am Markt ohne zusätzliche Lärmschutzmassnahmen für ES II in Basel. Berechnungen gemäss Lärmschutznachweis Cercle Bruit. Gerätedaten gemäss FWS und eigener Recherche.**

Für ES II in Basel sind bei einer erforderlichen Heizleistung bei A2/W35 von beispielsweise ca. 10 kW je nach Gerätetyp mindestens 2 bis 3 Meter Distanz zum Immissionsort notwendig. Bei einer Heizleistung von ca. 15 bis 20 kW sind für Splitgeräte etwa 4 m und 7 m Abstand bei innen aufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen erforderlich. Aussen aufgestellte Geräte in diesem Leistungsbereich benötigen gut 11 m Distanz. Für 25 kW sind 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 (entsprechend ca. 400 m<sup>2</sup> EBF eines Altbaus oder 1000 m<sup>2</sup> bei Neubauten) benötigen die leisesten Splitgeräte gut 5.5 m und innen aufgestellte Wärmepumpen bereits 10 m Abstand. Mit einem schalldämmten grossen Schacht würden ca. 5 m Abstand ausreichen. Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen stossen hier ohne zusätzliche Lärmschutzmassnahmen an ihre Grenzen, da ca. 20 m Mindestdistanz notwendig wären.



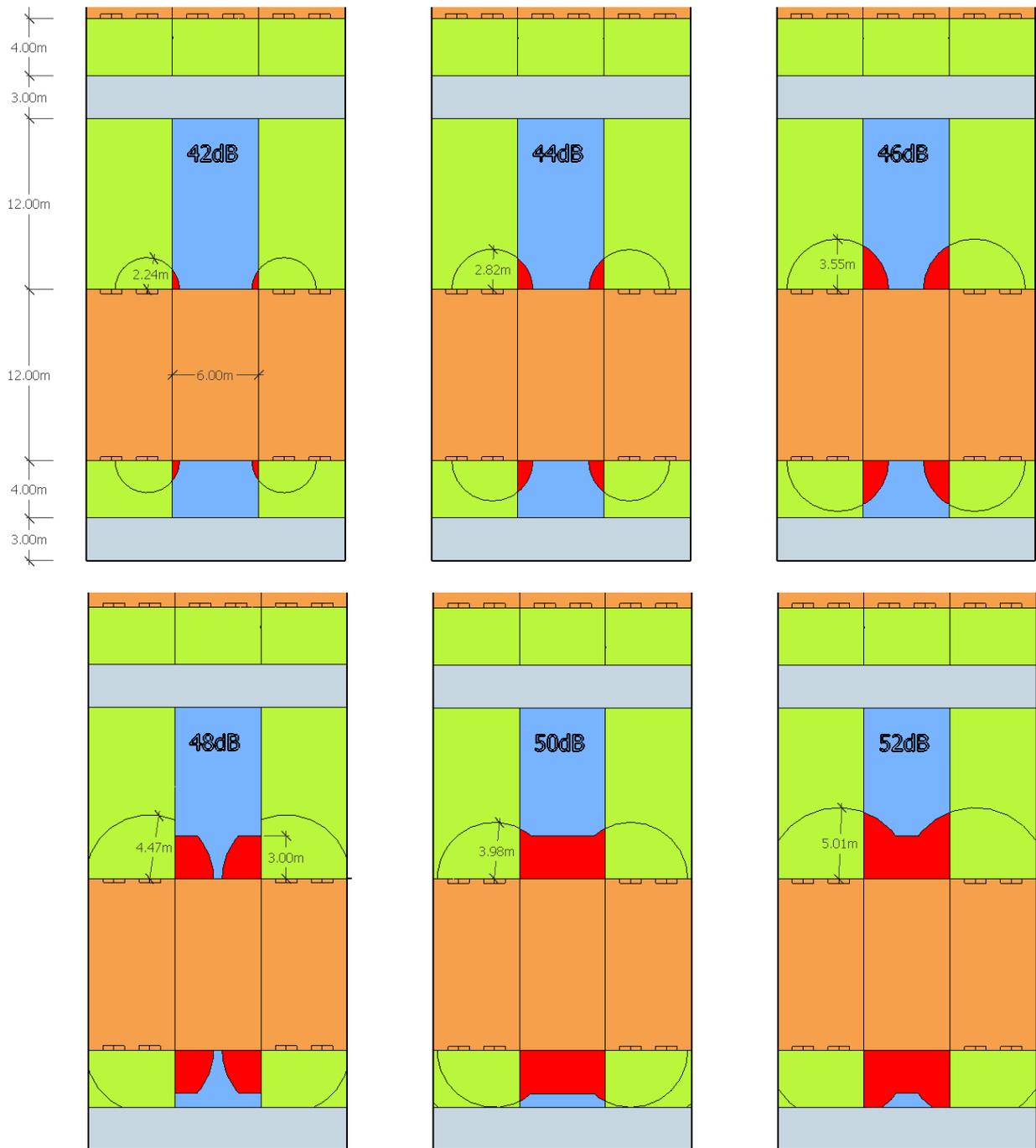
**Abbildung 23: Mindestdistanz der Schallquelle zum Empfänger in Bezug zur Heizleistung A2/W35 für die jeweils leisesten Geräte am Markt ohne zusätzliche Lärmschutzmassnahmen für ES II in Zürich. Berechnungen gemäss Lärmschutznachweis Kanton Zürich. Gerätedaten gemäss FWS und eigener Recherche.**

In Zürich sind für ES II bei einer erforderlichen Heizleistung bei A2/W35 von beispielsweise ca. 5 bis 10 kW mindestens je nach Gerätetyp 1.5 bis 4.5 m Distanz notwendig. Bei einer Heizleistung von ca. 15 bis 20 kW sind für Splitgeräte etwa 3 bis 6 m und bei Luft/Wasser-Wärmepumpen Innengeräten ca. 5 bis 10 m Abstand bis zum für den Lärmschutznachweis relevanten Fenster erforderlich. Aussen aufgestellte Geräte in diesem Leistungsbereich benötigen 5 bis 16 m Distanz. Für 25 kW sind 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. Mit einem zusätzlich schallgedämmten grossen Schacht würden gut 7 m Abstand ausreichen. Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen stossen hier ohne zusätzliche Lärmschutzmassnahmen an ihre Grenzen, da ca. 28 m Mindestdistanz notwendig wären.

### 3.1.4 Potentielle Aufstellorte - Beispiel

Für eine beispielhafte bauliche Situation einer Reiheneinfamilienhausbebauung wird im Folgenden der Einfluss des Schalleistungspegels von Luft/Wasser-Wärmepumpen auf den möglichen Aufstellort vereinfacht im Grundriss – ohne Berücksichtigung der dritten Dimension – dargestellt. Die Eigenbeschallung ist in dieser Betrachtung nicht enthalten, da diese von der konkreten Grundrissituation des Gebäudes, den Höhenverhältnissen und der Position des massgebenden Lüftungsfensters abhängig ist. Dieser Aspekt kann die Möglichkeiten noch weiter einschränken.

Abbildung 24 zeigt auf Grundlage von Berechnungen gemäss Lärmschutznachweis Kanton Zürich für Luft/Wasser-Wärmepumpen mit einem Schalleistungspegel 42 dB(A) bis 52 dB(A) in blau gefärbt die aus lärmschutztechnischer Sicht mögliche Aufstellfläche für die Luft/Wasser-Wärmepumpen. Der für den Lärmschutznachweis relevante Immissionsort der zwei Nachbargebäude ist 1.75 m von der Grundstücksgrenze entfernt. Die dargestellten Abstandsradien und Flächen in Bezug zum Immissionsort wurden mit Hilfe des Lärmschutznachweises unter Berücksichtigung der Aufstellungssituation und des Richtwirkungsmasses  $D_c$  ermittelt. Eigenbeschallung und zusätzliche Lärmschutzmassnahmen wurden nicht berücksichtigt. Die Darstellung zeigt, dass für den städtischen Kontext in beengten Verhältnissen eine Aufstellung der Luft/Wasser-Wärmepumpen direkt an der Fassade nur mit sehr leisen Geräten realisierbar ist.



- 52dB Schalleistungspegel Nachtmax.
- Gebäude
- Freibereich Gebäude
- unzulässige Aufstellfläche gemäss Lärmschutznachweis
- zulässige Aufstellfläche gemäss Lärmschutznachweis
- Strasse / Gehweg

**Abbildung 24: Grundrissdarstellung möglicher Aufstellflächen für Luft/Wasser-Wärmepumpen von 42 dB(A) bis 52 dB(A) zur Erfüllung des Planungswerts ES II 45 dB(A) gemäss LSV für den Kanton Zürich. Die Geometrie und Radien der Aufstellflächen werden zusätzlich von den verschiedenen Richtwirkungsmassen  $D_c$  der unterschiedlichen Aufstellungssituation «WP an Fassade» / «WP frei aufgestellt» beeinflusst.**

## 3.2 Schallemissionen marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen

In diesem Kapitel wird die aktuelle Situation marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen hinsichtlich Schallemissionen betrachtet. Als Grundlage der Auswertungen werden Prüfdaten des Wärmepumpen-Testzentrums Buchs (WPZ), Datenblätter, sowie Herstellerangaben aus dem Schalldaten-Verzeichnis der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz [FWS2017] verwendet.

### 3.2.1 Schalldaten

Das Schalldaten-Verzeichnis der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) umfasst Ende 2017 (November) 332 Geräte, die nicht weiter nach Bauart (Split, leistungsgeregelt, ...) oder Aufstellort (Innen/Aussen) unterschieden werden. Die Daten wurden im Verlauf des Projektes durch weitere, ausgesuchte 26 Wärmepumpen anhand von Datenblattangaben manuell ergänzt<sup>2</sup>, sodass insgesamt 358 Datensätze ausgewertet wurden. Im Verzeichnis (inkl. den nachträglichen Ergänzungen) sind jeweils drei Werte für den Schalleistungspegel eines Gerätes angegeben:

- Schalleistungspegel nach ErP (Ecodesign)
- Maximaler Schalleistungspegel im Modus «Tagbetrieb»
- Maximaler Schalleistungspegel im Modus «Nachtbetrieb»

Die Bestimmung des Schalleistungspegels gemäss ErP erfolgt nach Norm EN 12102 «Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze, Wärmepumpen, Prozesskühler und Entfeuchter mit elektrisch angetriebenen Verdichtern - Bestimmung des Schalleistungspegels» am Betriebspunkt A7/W55. Im Rahmen der Ecodesign Anforderungen müssen diese Werte deklariert werden. Die Maximalwerte des Schalleistungspegels im Tag-/Nachtbetriebsmodus werden nicht nach festgelegter Norm bestimmt, geben aber sicher einen besseren Hinweis auf die tatsächlich zu erwartenden maximalen Schallemissionen als der nach ErP bestimmte Wert. Dies insbesondere deshalb, da letztere im Teillastbetrieb ermittelt werden. Etwa ein Drittel aller Geräte sind mit jeweils identischen Schalleistungspegeln deklariert, d. h. die ErP-Werte entsprechen den Maximalwerten. Abbildung 25 zeigt die Auswertung als Gegenüberstellung von Schalleistungspegel und Heizleistung am Prüfpunkt A-7/W35. Die Heizleistung dieses Prüfpunktes dient als Orientierung bei der Auslegung des Wärmeerzeugers. Erkennbar sind folgende, wesentliche Punkte:

- Der Grossteil der Geräte liegt in einem Leistungsbereich unterhalb 20 kW
- Werte nach ErP liegen teilweise deutlich tiefer als die maximalen Werte
- Leistungsstärkere Geräte sind tendenziell lauter
- Geräte im Leistungsbereich grösser 35 kW weisen Schalleistungspegel bis über 70 dB(A) auf

---

<sup>2</sup> Die Geräte waren zum Zeitpunkt der Datenaufbereitung noch nicht in den FWS-Schalldaten erfasst, erschienen aufgrund der Bauform (Gestaltung) oder der leisen Betriebsweise als besonders interessant.

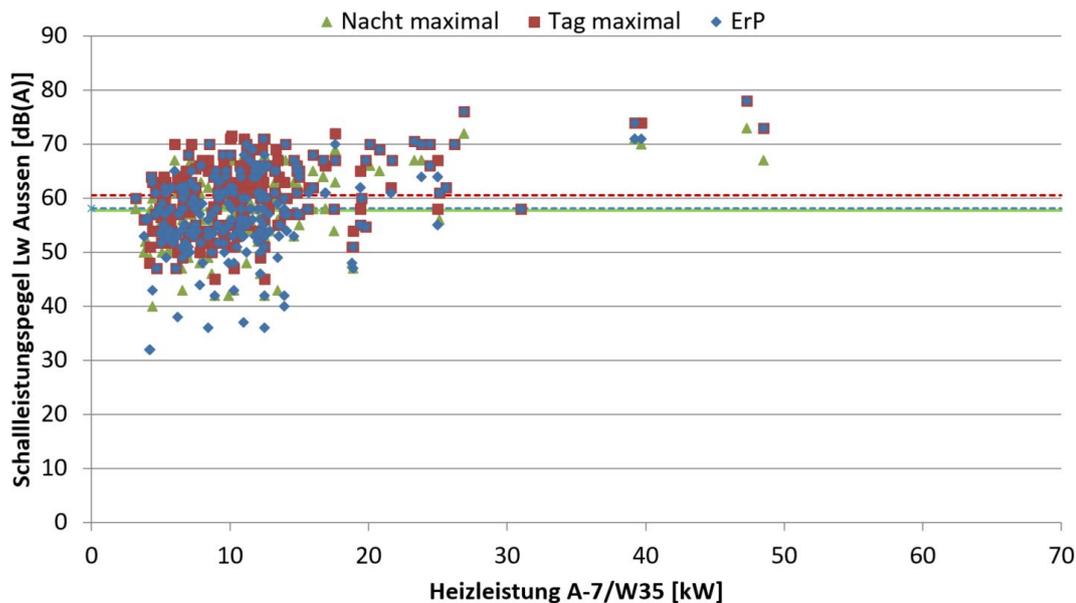


Abbildung 25: Schallemissionen marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen in Bezug zur Heizleistung. Die Mittelwerte der jeweiligen Angaben sind als horizontale Linien eingezeichnet. Datengrundlage: FWS-Schalldatenverzeichnis

Die Mittelwerte über alle Geräte bewegen sich im Bereich zwischen 57.8 dB(A) und 60.5 dB(A) für den maximalen Nacht/Tag-Schalleistungspegel, nach ErP bestimmt beträgt der Mittelwert 58.1 dB(A). Im Mittel über alle 358 ausgewerteten Geräte beträgt die Differenz zwischen Tag- und Nachtbetriebsmodus 2.7 dB(A). Im Vergleich zur letzten Auswertung [Dott2014] liegt der Mittelwert der Schallemissionen «Tag maximal» um runde 4 dB(A) tiefer.

Der FWS bietet als Ergänzung zum Schalldaten-Verzeichnis auch einen Schallrechner mit Lärmschutznachweis an, der direkt an die im Schalldaten-Verzeichnis hinterlegten Werte gekoppelt ist. Dieser bestimmt den massgebenden Beurteilungspegel  $L_r$  gemäss den Vollzugsrichtlinien des Cercle Bruit. Massgebend für die Beurteilung bezüglich der Einhaltung der Belastungsgrenzwerte nach Anhang 6 der Lärmschutzverordnung ist normalerweise der Nachtbetrieb. In Tabelle 7 werden die Summenhäufigkeitsverteilungen der Schalleistungspegel für die Geräte aus dem FWS Schalldaten-Verzeichnis (inkl. Ergänzungen) zusammengestellt.

Schalleistungspegel	≤ 50 dB(A)	≤ 55 dB(A)	≤ 60 dB(A)	≤ 65 dB(A)	≤ 70 dB(A)
Summenhäufigkeit Tag	5 %	22 %	48 %	76 %	95 %
Summenhäufigkeit Nacht	12 %	37 %	70 %	88 %	98 %

Tabelle 7: Summenhäufigkeitsverteilung der Schalleistungspegel aller 358 ausgewerteten Geräte

Die Belastungsgrenzwerte sind nachts um 10 dB strenger als tagsüber und die Pegelkorrektur  $K_1$  liegt in der Nacht mit 10 dB höher als jene am Tag mit 5 dB. Das heisst die Anforderung in der Nacht ist um 15 dB strenger als tagsüber (d. h. die Beurteilung der Tagesperiode ist nur dann massgebend, wenn die Schallemission im Nachtbetrieb um mind. 15 dB tiefer ist als im Tagesbetrieb, was aber nur bei einem der ausgewerteten Geräte zutrifft). Von 358 Geräten haben zumindest 19 Geräte mit allerdings kleinerer Leistung (maximal 12.5 kW bei A-7/W35) auch im Betriebsmodus «Tag» einen Schalleistungspegel  $L_{WA} \leq 50$  dB(A). Wird der maximale Schalleistungspegel in der Betriebsart «Nacht» als Kriterium herangezogen, so erfüllen 42 der 358 Geräte das Kriterium  $L_{WA} \leq 50$  dB(A).

Interessant dürfte insbesondere auch der Schalleistungspegel von aussen aufgestellten oder Split-Geräten sein, welche in diesem Abschnitt speziell betrachtet werden. Eine Übersicht dazu gibt Tabelle 8. Hierbei werden Schalleistungspegel  $\leq 50$  dB(A) und  $\leq 55$  dB(A) gezeigt, da sich mit diesen Emissionswerten in gängigen städtischen Situationen in ES II und ES III gemäss Kapitel 3.1.1 noch gut realisierbare Distanzen zum Immissionsort ergeben. 30 aussen aufgestellte Geräte mit einer Heizleistung (A-7/W35) zwischen 3.9 und 18.9 kW lassen sich in den Daten finden, die mindestens  $\leq 55$  dB(A) im Nachtbetriebsmodus erreichen. Darunter sind auch baugleiche Geräte enthalten, die durch mehrere Anbieter vertrieben werden. Vier Geräte erreichen  $\leq 50$  dB(A) im Nachtbetriebsmodus.

Die 48 Splitgeräte mit einem Schalleistungspegel  $\leq 55$  dB(A) im Modus Nachtbetrieb haben eine Heizleistung von 3.8 kW bis 18.8 kW (A-7/W35), immerhin 14 sind im «Nachtbetrieb» leiser als 50 dB(A).

Schalleistungspegel	$\leq 50$ dB(A) Nacht	$\leq 55$ dB(A) Nacht
Anzahl Geräte « aussen aufgestellt »	4 (bis 12.2 kW)	30 (bis 18.9 kW)
Anzahl Geräte « Split »	14 (bis 18.8 kW)	48 (bis 18.8 kW)

Tabelle 8: Gesamtzahl an Geräten mit einem Schalleistungspegel  $\leq 50$  dB(A) und  $\leq 55$  dB(A). Datenquelle: Schalldaten FWS, ergänzt (358 Geräte total).

Abbildung 26 zeigt den für den Lärmschutznachweis erforderlichen Schalleistungspegel «Nacht max.» für die verschiedenen Gerätetypen in Abhängigkeit zur Heizleistung A-7/W35. Die Schalleistungspegel 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.

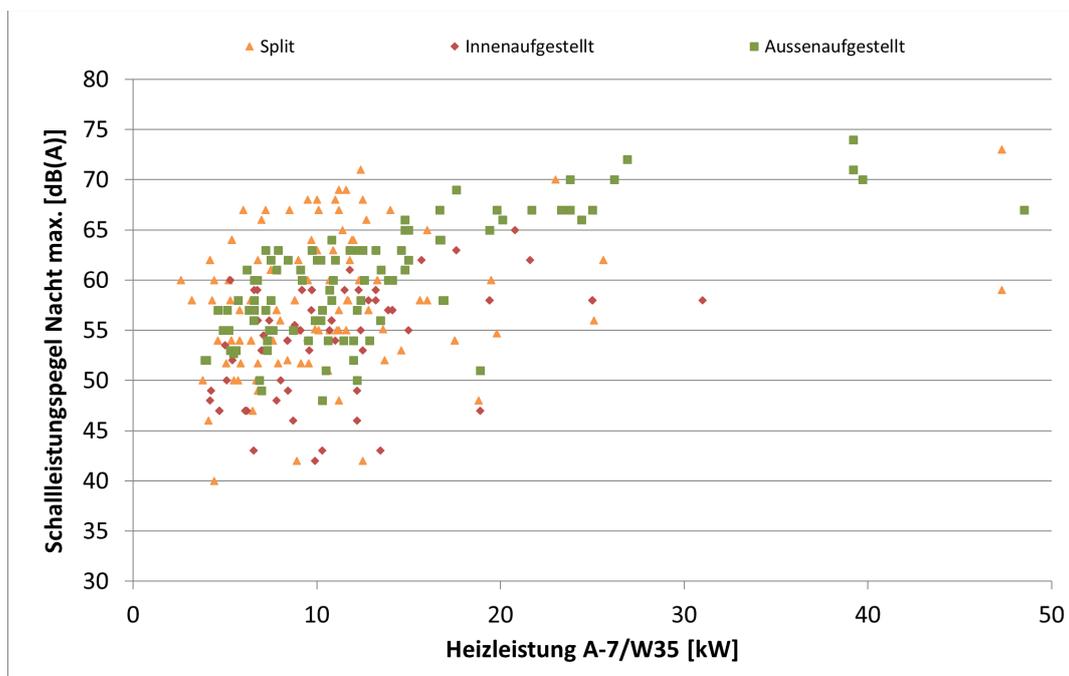


Abbildung 26: Schalleistungspegel «Nacht max.» marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen in Bezug zur Heizleistung, differenziert nach Gerätetypen. Datengrundlage: FWS-Schalldatenverzeichnis

### 3.2.2 Schlussfolgerung zu Schallemissionen

Die Schallemissionen (Schallleistungspegel) marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen streuen auch weiterhin in einem weiten Bereich zwischen 32 dB(A) und 78 dB(A), je nach Gerät und Betriebsmodus (Prüfpunkt gemäss ErP, Tagmodus, Nachtmodus). Im Verlauf der letzten Jahre sind einige sehr leise Geräte auf den Markt gekommen. Wird der Vergleich – wie bisher – mit Prüfdaten vom Arbeitspunkt A7 durchgeführt, so verzerrt dies aber die tatsächliche Entwicklung: Leistungsgeregelte Geräte können im Teillastbetrieb auch mit deutlich geringeren Lärmemissionen betrieben werden.

Sinnvoller ist der Vergleich der maximalen Schallleistungspegel, wenngleich auch die Definition resp. das «Aufspüren» des lautesten Betriebspunktes nicht eindeutig festgelegt ist. Das neue Schalldaten-Verzeichnis des FWS listet bereits sehr viele Geräte auf. Das jeweils «leiseste» Geräte weist einen Schallleistungspegel von 45 dB(A) (Tagbetrieb) resp. 40 dB(A) (Nachtbetrieb) auf.

Es sind nur wenige Seriengeräte im Leistungsbereich über 35 kW verfügbar, die zudem hohe Schallleistungspegel aufweisen. Hier besteht weiterer Entwicklungsbedarf. Alternativ zu einem grossen Gerät können in der Praxis mehrere Geräte geringerer Leistung miteinander gekoppelt werden.

Gegenüber der letzten Auswertung erfüllen nun einige Geräte mehr die Kriterien an stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen gemäss [Dott2014] für ES II und ES III, relativ gesehen sind es 12 % resp. 37 % (Bewertung am Maximalpegel im Nachtbetrieb). Dass sich die grosse Masse aber durchaus in Richtung leisere Geräte bewegt, zeigen die Vergleiche mit der letztmaligen Auswertung: Im Mittel sanken die Schallleistungspegel um 4 dB(A).

### 3.2.3 Ausblick zur Geräteentwicklung

Dass sich sehr leise Geräte technisch realisieren lassen, wurde bereits in [Dott2014] dargelegt. Erste Seriengeräte erreichen heute schon anspruchsvolle Werte und werden auch insgesamt leiser. Es ist anzunehmen, dass sich dieser Trend künftig fortsetzt. Allerdings sind leisere Geräte meist auch grösser, was sich wiederum auf die gestalterische Integration auswirkt.

## 3.3 Energieeffizienz marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen

In diesem Kapitel wird die aktuelle Situation marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen hinsichtlich energetischer Effizienzkennzahlen betrachtet. Dabei wird auf die Ergebnisse von [Dott2014] aus dem Jahr 2014 abgestützt, wobei hier aktualisierte Daten verwendet werden, um technische Entwicklungen zu zeigen.

### 3.3.1 Datengrundlage

Als Datengrundlage dienen einerseits die unverändert übernommenen Daten aus der Studie von 2014 («alt»), andererseits werden «neue» Geräte in die Auswertung mit aufgenommen, welche zum damaligen Zeitpunkt noch nicht auf dem Markt waren. Damit soll die technische Entwicklung aufgezeigt werden. Die Daten der «neuen» Geräte stammen allesamt aus den Prüfergebnissen des Wärmepumpen-Testzentrums Buchs (WPZ). Berücksichtigt wurden dabei lediglich Geräte, welche 2014 noch nicht aufgeführt wurden. Die Datenbank der Topten-Geräte wird zur energetischen Bewertung bewusst nicht verwendet, da diese eine Auswahl der besten am Markt verfügbaren Geräte repräsentiert, und nicht den gesamten Markt. Dies führt dazu, dass gegenüber der früheren Auswertung rund ¼ mehr Geräte hinzukommen.

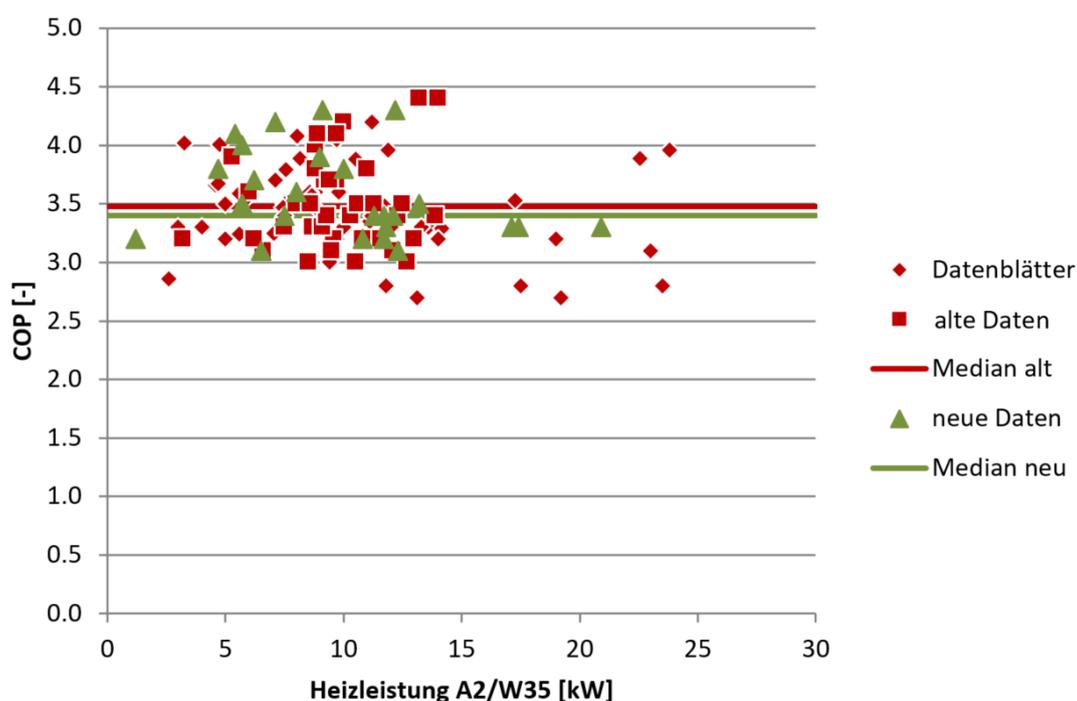
### 3.3.2 Vergleich der Effizienz von Luft/Wasser-Wärmepumpen 2014 und 2017

Betriebspunkt	A2/W35	A7/W55	A-7/W55
COP-Wert mindestens	3.6	2.6	1.8

**Tabelle 9: Kriterien für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen – Stand 2014 [Dott2014]. COP-Werte gemäss Prüfbedingungen [EN14511:2013] (A2 = Wärmequelle Aussenluft mit 2 °C / W35 = Wärmesenke Wasser mit 35 °C).**

Im Folgenden werden die COP-Werte für die drei Betriebspunkte A2/W35, A7/W55 und A-7/W55 der betrachteten Wärmepumpen aufgezeigt, sowohl für die bereits in [Dott2014] ausgewerteten als auch für die neu hinzugekommenen. Für diese Betriebspunkte werden neben den einzelnen Geräten jeweils noch der Median der Gruppen «alt» – bestehend aus bisherigen Daten von Datenblättern und dem WPZ – und «neu» dargestellt. Die Differenz dieser Mediane wird als massgebende Grösse für die Effizienzentwicklung betrachtet.

Für den Betriebspunkt A2/W35 sind die Werte in Abbildung 27 zusammengestellt. Der Median der neu hinzugekommenen Maschinen liegt 0.1 unter dem der bisherigen. Diese Abweichung liegt aber deutlich unterhalb der Standardabweichung der alten Daten und stellt somit keinen Trend dar.



**Abbildung 27: COP-Werte marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen am Betriebspunkt A2/W35**

Abbildung 28 zeigt die Auswertung der COP-Werte für den Betriebspunkt A7/W55. Aufgrund des höheren Temperaturhubes liegen die Werte erwartungsgemäss tiefer als beim Betriebspunkt A2/W35. Auch hier zeigt sich nur eine vernachlässigbar kleine Differenz der Mediane «alter» und «neuer» Geräte.

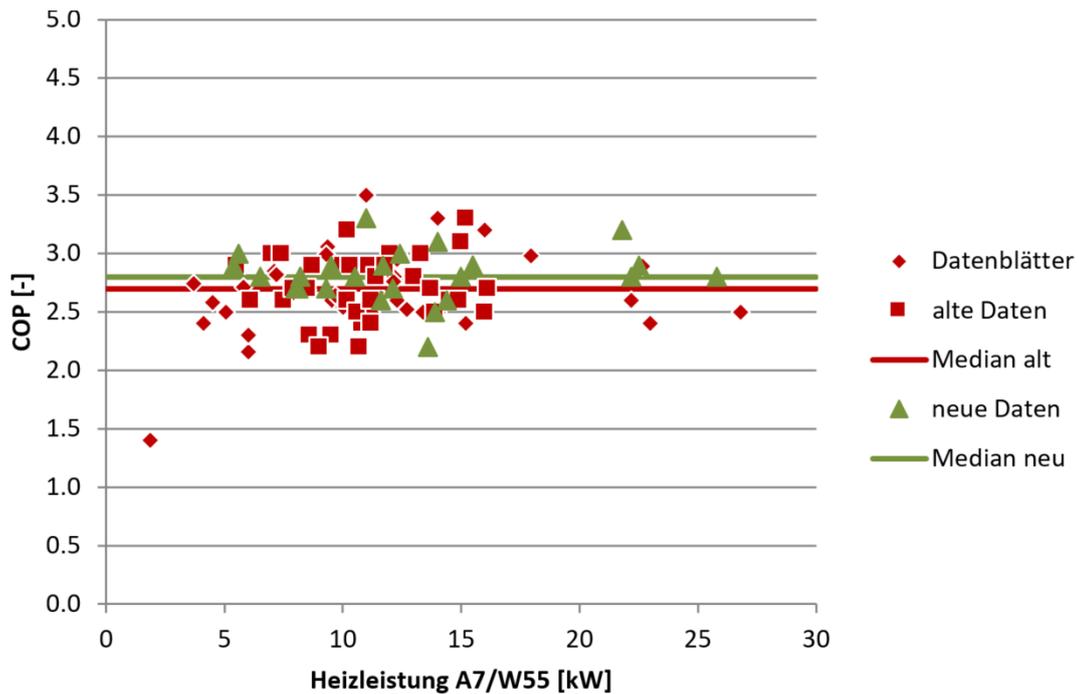


Abbildung 28: COP-Werte marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen am Betriebspunkt A7/W55

Abbildung 29 zeigt schliesslich noch die COP-Werte für den Betriebspunkt A-7/W55. Aufgrund des nochmals höheren Temperaturhubes liegen die COP-Werte im Vergleich der drei Betriebspunkte am niedrigsten. Gegenüber den vorigen Auswertungen zeigt sich auch bei A-7/W55 ein ähnliches Bild, was den Median der COP-Werte betrifft: Der Median der «neuen» Werte liegt um 0.2 höher als bei den letztmals ausgewerteten, hier als «alt» gekennzeichneten Geräten.

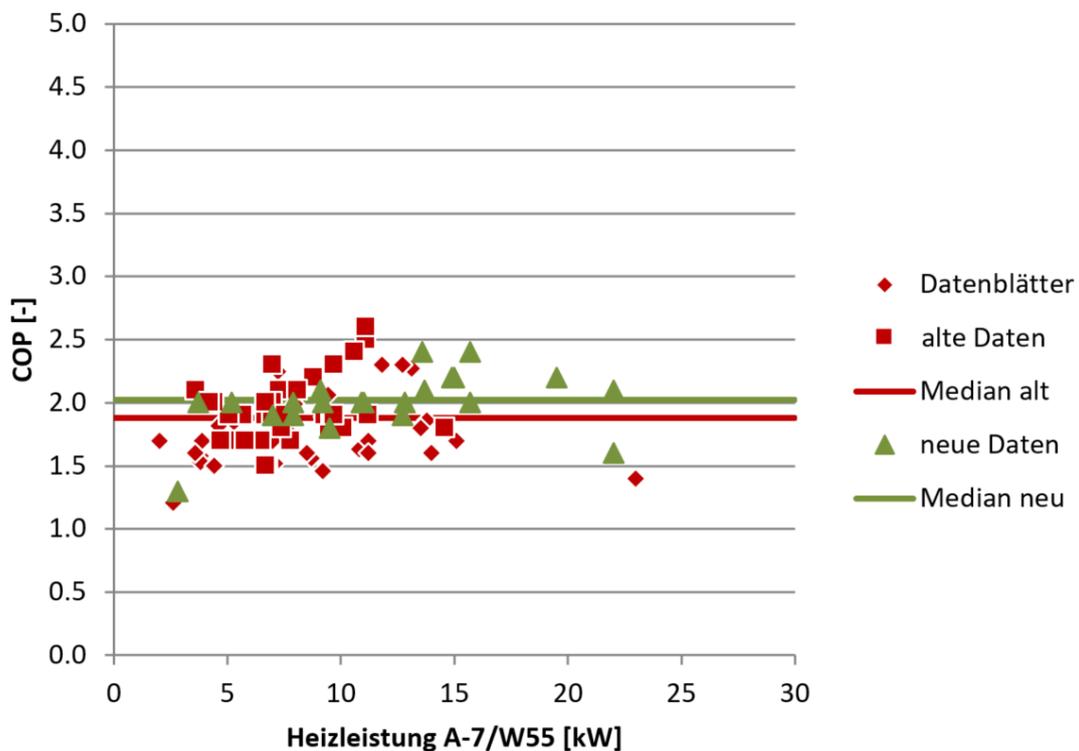


Abbildung 29: COP-Werte marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen am Betriebspunkt A-7/W55

Alle Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Die in der Tabelle dargestellte Anzahl der Geräte weicht für die unterschiedlichen Prüfpunkte voneinander ab, da nicht alle Prüfpunkte für sämtliche Geräte angegeben werden.

Prüfpunkt		Anzahl Geräte	Median COP
A2/W35	alt	107	3.5
	neu	29	3.4 (-0.1)
A7/W55	alt	78	2.7
	neu	29	2.8 (+0.1)
A-7/W55	alt	77	1.8
	neu	24	2.0 (+0.2)

**Tabelle 10: Änderung der COP-Werte älterer (vor 2014) gegenüber neuerer (nach 2014) Geräte.**

Es lässt sich schliessen, dass sich aus den hier bewerteten Daten kein namhafter Fortschritt der Geräteeffizienz gegenüber 2014 nachweisen lässt.

### 3.3.3 Zusammenhang SCOP und COP

Künftig werden die COP-Werte durch den SCOP als Grundlage zur energetischen Bewertung abgelöst (vgl. Kapitel 2.5.7). Die bisher angestellten Überlegungen basieren aber grösstenteils noch auf COP-Werten, da diese aktuell noch breitere Anwendung finden. Es soll hier also der Fragestellung nachgegangen werden, welcher Zusammenhang zwischen diesen beiden Grössen besteht.

Der SCOP ist seinerseits aus unterschiedlichen COP-Werten zusammengesetzt<sup>3</sup>, um den während eines Betriebsjahres ändernden Rahmenbedingungen (im Wesentlichen Quelltemperatur und Heizlast) Rechnung zu tragen. Bei den normativ festgelegten Bedingungen arbeitet die Wärmepumpe am häufigsten bei Aussentemperaturen von 3 °C. Als Faustregel hat sich daher die Abschätzung etabliert, dass die «Jahresarbeitszahl» grob dem COP am Betriebspunkt A2 entspricht. Anhand von exemplarisch gewählten Datenblättern und Angaben aus den Prüfergebnissen des WPZ, einer Stichprobe von 28 Geräten, wurde dieser Zusammenhang zwischen SCOP und COP ausgewertet. Dabei wurden nur Luft/Wasser-Wärmepumpen betrachtet und auf eine möglichst grosse Bandbreite der Werte geachtet – die jeweilige Technik (z. B. leistungsgeregelt ja/nein) blieb unberücksichtigt.

<sup>3</sup> Die benötigten Prüfpunkte entsprechen nicht denjenigen aus der Norm EN 14511 (mit fixer Austrittstemperatur), sondern folgen einer fest definierten Heizkurve.

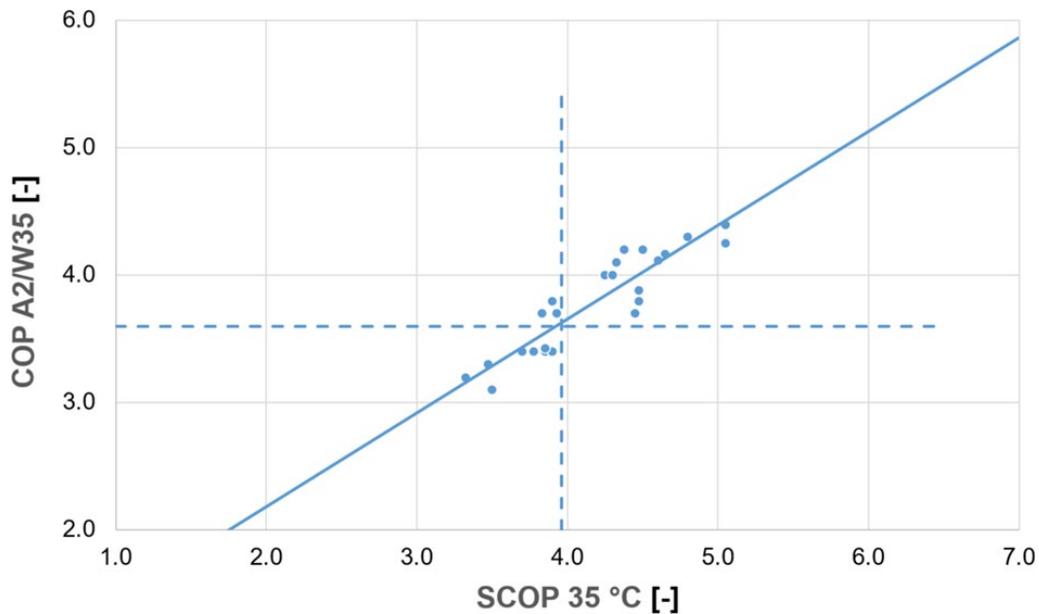


Abbildung 30: Zusammenhang zwischen SCOP und COP bei A2/W35 für Luft/Wasser-Wärmepumpen.

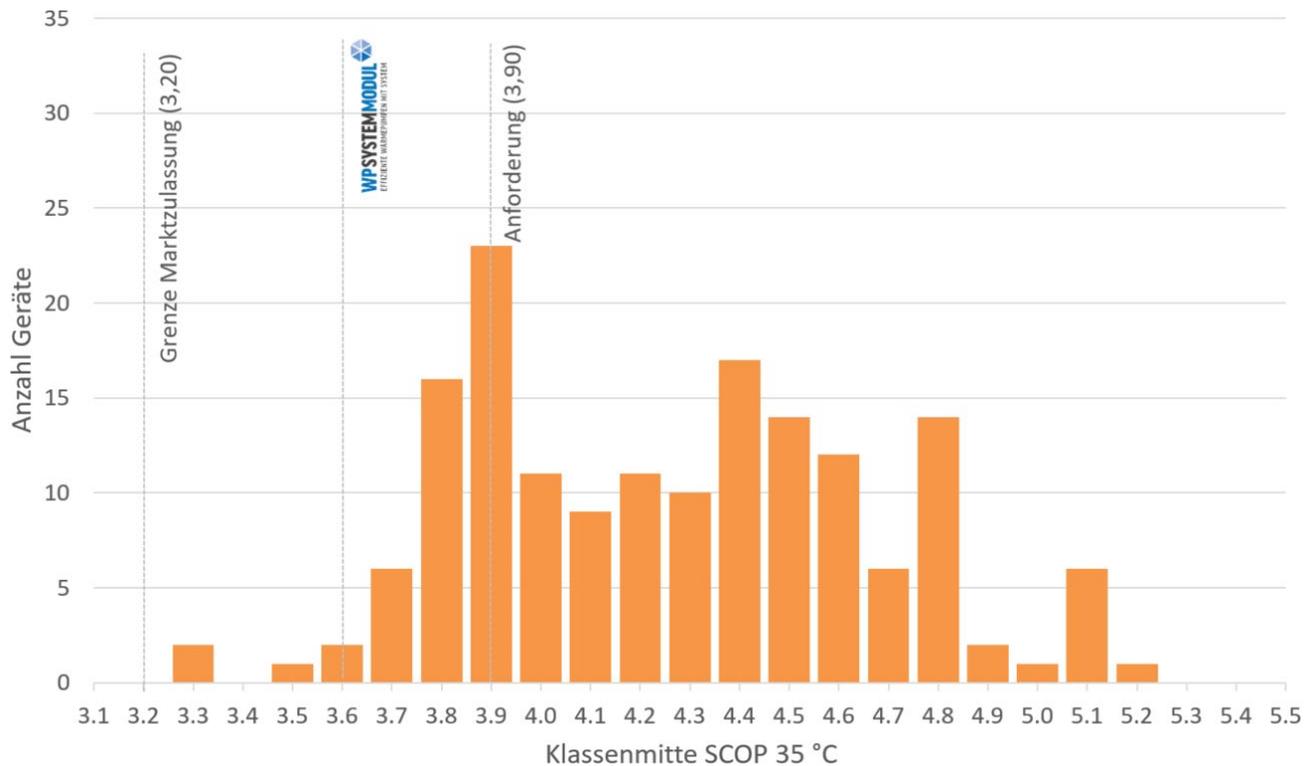
Es zeigt sich eine gute Korrelation zwischen SCOP und COP<sup>4</sup>, wobei der SCOP bei gegebenem COP um runde 0.3 «Punkte» höher liegt. Dieser Zusammenhang bestätigt die Erkenntnisse der vom Verband «Wärmepumpe Austria» angestellten Überlegungen (vgl. Kapitel 2.5.2). Die in [Dott2014] gestellte Mindestanforderung an den COP bei A2/W35 von 3.6 würde also zu einem SCOP von mindestens 3.9<sup>5</sup> führen. Mit der gewählten Stichprobe von 28 Geräten zeigt sich aus Abbildung 30: 17 davon erfüllen die Anforderung COP ≥ 3.6 und 16 die daraus abgeleitete Anforderung SCOP ≥ 3.9. Die beiden Anforderungen können auch aus dieser Sicht als äquivalent betrachtet werden.

Des Weiteren wurden zur Einschätzung dieser Anforderung Wärmepumpen, welche als Wärmepumpe-System-Modul eingesetzt werden dürfen – und entsprechend gute energetische Effizienz aufweisen – ausgewertet (Abbildung 31). Werden die obgenannten Grenzwerte angewendet, so erreichen 76 % der betrachteten Geräte den SCOP-Wert ≥ 3.9 und 71 % einen COP-Wert ≥ 3.6<sup>6</sup>. Wiederum ergeben sich vergleichbare Anteile.

<sup>4</sup> Bestimmtheitsmass:  $R^2 = 0.84$ .

<sup>5</sup> 95 % Konfidenzintervall: [3.85, 4.00]

<sup>6</sup> Die Anzahl der Geräte ist jeweils unterschiedlich, da zwar bei allen 237 Geräten der COP, aber nur von deren 164 der SCOP bekannt ist.



**Abbildung 31: Verteilung der SCOP-Werte von Wärmepumpen, welche den Anforderungen an das Wärmepumpen-System-Modul erfüllen. 76 % all dieser Geräte erfüllen die Anforderung «mindestens 3.9» an eine stadtverträgliche Wärmepumpe. Die markierten SCOP-Anforderung des Wärmepumpen-System-Modul gelten erst seit Frühjahr 2018.**

Die Datenverfügbarkeit für die mittlere Temperaturanforderung (55 °C) ist deutlich schlechter, es wird im Folgenden ausschliesslich auf die Daten der Wärmepumpen-System-Modul Geräte abgestützt. Die Auswertung aus den Zusammenhängen des SCOP mit den Prüfpunkten des COP bei A-7/W55 (Abbildung 32) und A7/W55 lassen auf eine zu den COP-Anforderungen aus 2014 äquivalente SCOP-Anforderung im Bereich  $SCOP \geq 2.8 \dots 2.9$  schliessen<sup>7</sup>. Die Grenze zur Marktzulassung liegt bei  $SCOP = 2.83$ , eine Anforderung  $SCOP \geq 2.9$  erfüllen noch 95 % aller Wärmepumpen-System-Modul Geräte mit bekanntem SCOP bei 55 °C (Abbildung 33).

<sup>7</sup> Allerdings mit  $R^2 = 0.44$  resp.  $R^2 = 0.30$ , was auf einen geringen linearen Zusammenhang von COP und SCOP hindeutet.

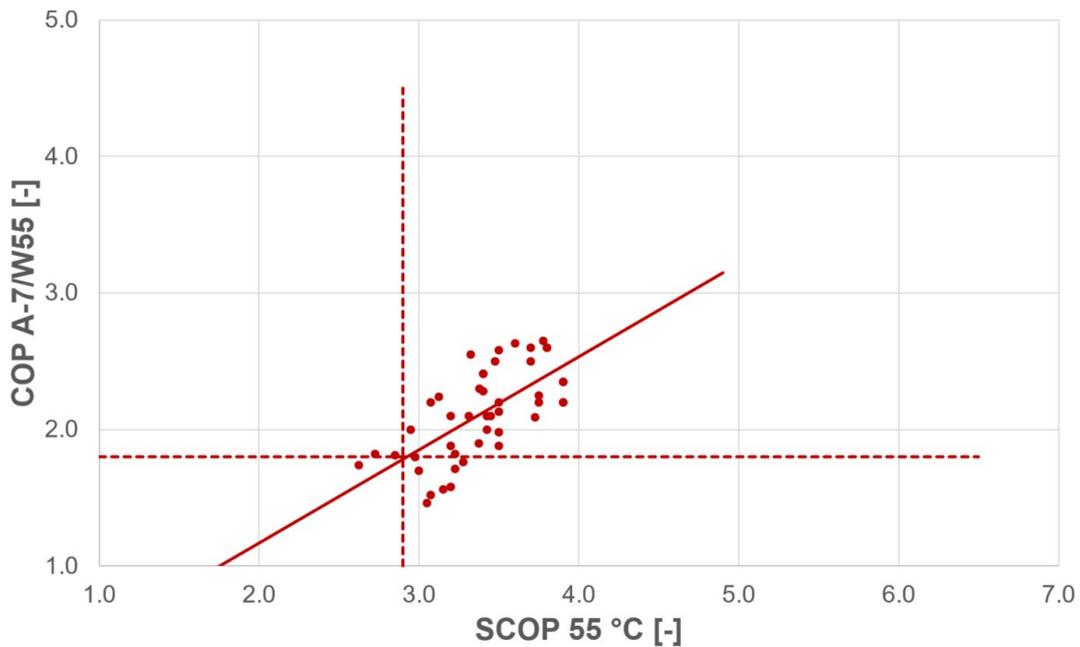


Abbildung 32: Zusammenhang zwischen SCOP und COP bei A-7/W55 für Luft/Wasser-Wärmepumpen. Aus COP = 1.8 lässt sich SCOP 2.9 schließen.

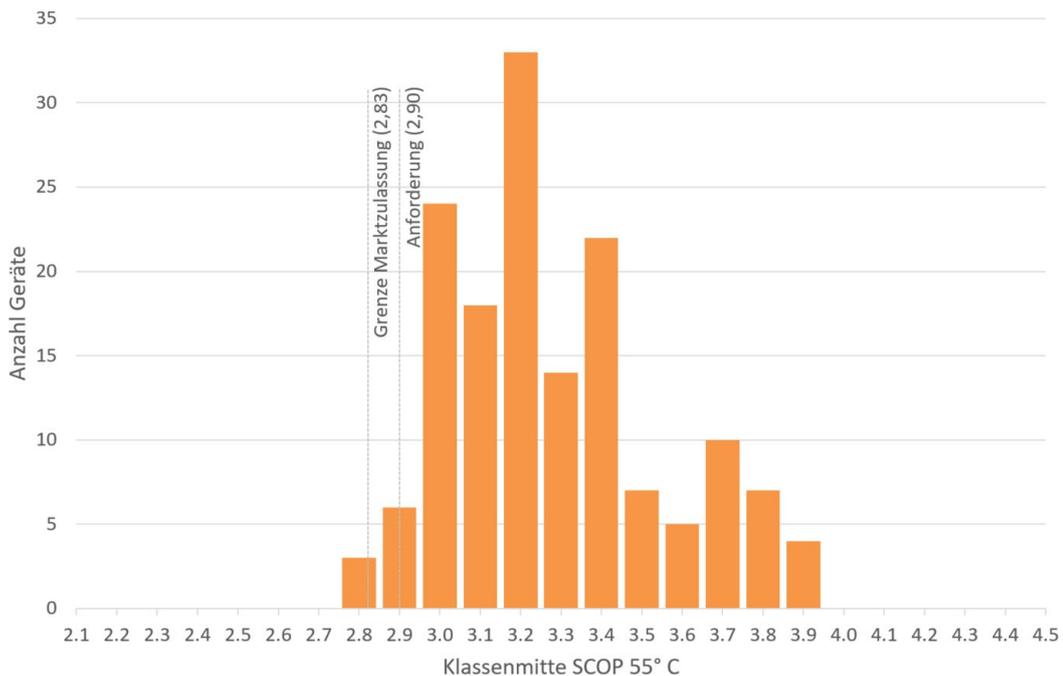


Abbildung 33: Verteilung der SCOP-Werte von Wärmepumpen, welche den Anforderungen an das Wärmepumpen-System-Modul genügen. 88 % all dieser Geräte erfüllen die Anforderung «mindestens 2.9» an eine stadtverträgliche Wärmepumpe. Im Wärmepumpen-System-Modul werden keine Anforderungen an die Effizienz bei mittlerer Temperaturanforderung (55 °C) gestellt.

Werden beide Anforderungen (bei tiefer und mittlerer Temperaturanwendung) zusammen gestellt, so erfüllen diese noch immer 78 % aller System-Modul-Wärmepumpen, siehe Tabelle 11. Die bisherigen COP-Anforderungen an eine stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpe (Tabelle 9) werden von 71 % der betrachteten Geräte erfüllt.

		SCOP 35 °C		
		<b>3.7</b>	<b>3.9</b>	<b>4.1</b>
SCOP 55 °C	<b>2.7</b>	98 %	80 %	63 %
	<b>2.9</b>	94 %	78 %	62 %
	<b>3.1</b>	76 %	68 %	60 %

Tabelle 11: Erfüllungsgrad von Wärmepumpen-System-Modulgeräten in Abhängigkeit variabler Anforderungen an den SCOP 35 °C und SCOP 55 °C.

Mit der Anforderung an den SCOP von mindestens 3.9 resp. 2.9 bei tiefer resp. mittlerer Temperatur-anwendung können vergleichbare Anforderungen wie bisher erreicht werden.

### 3.3.4 Ausblick zur Geräteentwicklung

Die Arbeiten zu leistungsgeregelten Luft/Wasser-Wärmepumpen im BFE-Projekt „Effiziente Luft/Wasser-Wärmepumpen durch kontinuierliche Leistungsregelung“ [Gasser2011] zeigen auf, welche Potenziale bei einer sehr guten Umsetzung solcher Anlagen erwartet werden können.

#### Jahresarbeitszahl JAZ

(inkl. Ventilator, ohne HW-Umwälzpumpe, ohne Warmwasser):

Heizkurve	Minergie-Standard	Hochwertig saniierter Altbau	Saniierter Altbau
Vorlauf-/Rücklauf-temperatur bei -10°C Umgebungstemperatur	30°C/25°C	41°C/35°C	46°C/38°C
<b>Jahresarbeitszahl mit Abtauung JAZ<sub>H+A</sub></b>	<b>4.41</b>	<b>4.40</b>	<b>3.79</b>

Zum Vergleich JAZ aus Feldmessungen:

FAWA [1]: **JAZ = 2.6** (nJAZ2, ohne Speicher)

Fraunhofer [2]: **JAZ = 2.95** (AZ1, inkl. Warmwasser)

Abbildung 34: Effizienzpotenzial der Leistungsregelung bei Luft/Wasser-Wärmepumpen

Quelle: [Gasser2011]

Abbildung 34 zeigt einen vielversprechenden Ansatz zur Leistungsregelung von Luft/Wasser-Wärmepumpen und das sich daraus ergebende Effizienz-Potenzial für den Heizbetrieb. Demnach können sehr gute, leistungsgeregelte Luft/Wasser-Wärmepumpen ähnlich effizient sein wie Ein/Aus-geregelte Erdwärmesonden-Wärmepumpen.

Andererseits ergeben sich durch Anforderungen an das Treibhauspotential von Kältemitteln (F-Gas Verordnung resp. ChemRRV) in absehbarer Zeit Veränderungen welche die Geräteeffizienz ebenso betreffen könnten<sup>8</sup>. Ziel dieser Regulierungen ist es, die heute weit verbreiteten Kältemittel – welche zwar ozonunschädlich, aber noch immer mit relativ hohem Treibhauspotential behaftet sind – Richtung tieferem GWP zu lenken. Der Markt bietet bereits heute Alternativen zu den meist verwendeten R-410A und R-407C mit vergleichbaren Eigenschaften aber deutlich geringerem GWP an. Welche Kältemittel

<sup>8</sup> Versuche mit „Drop-In“ Ersatzgemischen für R410A zeigen sogar leicht erhöhte Effizienz.

sich mittelfristig etablieren und welche Effizienzen damit erreichbar sind ist zurzeit aber schwer vorhersehbar.

### 3.3.5 Schlussfolgerung zur Effizienz marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen

Zusammenfassend kann geschlossen werden, dass im Bereich Effizienz gegenüber [Dott2014] keine derartige Änderung feststellbar ist, dass die Anforderungen geändert werden müssten. Die weitere Entwicklung ist jedoch unklar und sollte weiterverfolgt werden.

Aus Gründen der Datenverfügbarkeit bietet es sich jedoch an alternativ zum COP Anforderungen an den SCOP stellen. Tabelle 12 zeigt die vorgeschlagenen Werte, Tabelle 13 zeigt den Vergleich mit bestehenden Anforderungen.

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

**Tabelle 12: Mindest-SCOP-Werte, ermittelt gemäss [EN14825]. Die Anforderung an den Betrieb der Heizung, insbesondere an die maximale Vorlauftemperatur (35 °C für Fussbodenheizungen, 50 °C für Radiatoren) sind davon unabhängig einzuhalten.**

Prüfbedingung	ErP				OKI
35 °C	3.2	3.5	-	-	3.9
55 °C	2.8	(2.9) <sup>a</sup>	-	-	2.9
<sup>a</sup> Vorschlag. Nicht umgesetzt					

**Tabelle 13: Energetische Anforderungen an den SCOP von Luft/Wasser-Wärmepumpen (mit Vorschlag Weiterentwicklung OKI).**

Anforderungen an den SCOP sind sehr leicht überprüfbar, Angaben dazu lassen sich mittlerweile auch problemlos finden<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Datenblätter o. ä., zukünftig auch die offizielle Datenbank der EU zur Energieetikette («European Registry for Energy Labelling», «EPREL»)

### 3.4 Anforderung Jahresarbeitszahl

Im Kanton Basel-Stadt ist für Wärmepumpen eine Jahresarbeitszahl (JAZ)  $\geq 2.6$  gefordert. Der Nachweis der JAZ erfolgt mit dem Rechentool WPesti [WPesti], welches ein geläufiges und bewährtes Verfahren darstellt. Im Vergleich zur Gerätekenngrosse SCOP wird dabei das Gesamtsystem aus Wärmeerzeugung, -speicherung, Wärmeabgabe und Gebäudehülle berücksichtigt. Die Berechnung resp. Prüfung ist aber mit Mehraufwand verbunden und lässt Spielraum in der Berechnungsweise (Wahl der Eingabedaten) offen. Die Betrachtung des Gesamtsystems kann in gewissen Fällen (Anlagen mit Solarthermie zur Heizungsunterstützung) auch dazu führen, dass die nachgewiesene JAZ niedriger ausfällt als dies dem Gerät alleine entsprechen würde. Dadurch könnten Anforderungen an die JAZ trotz energetisch «gutem» Gesamtsystem nicht erfüllt werden<sup>10</sup>. Wünschenswert wäre auch eine – zumindest grobe – Differenzierung nach Wärmeabgabesystem / Vorlauftemperatur. Die Norm SIA 384/3 «Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf» bietet Grundlagedaten zur ersten Einschätzung, die angegebenen Werte sind aber bewusst konservativ festgelegt worden.

Einsatz	Bedingung	JAZ (EHPA-Gütesiegel 2011 erfüllt)
Heizung	Fussbodenheizung mit Vorlauftemperatur von max. 35 °C	3.0
	Heizkörper mit Vorlauftemperatur von max. 50 °C	2.2

**Tabelle 14: Jahresarbeitszahlen von Aussenluft-Wärmepumpen. Werte gemäss SIA 384/3:2013.**

<sup>10</sup> In einer Beispielrechnung eines REFH in Basel wird mit Solarunterstützung eine  $JAZ_h$  von 2.20 erreicht, ohne hingegen  $JAZ_h = 3.07$ .

## 4 Bauliche Situationen

Zunächst werden in diesem Kapitel technische Annahmen für den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen in bestehenden Wohngebäuden dargestellt. Für die Stadt Zürich und den Kanton Basel-Stadt wird die Situation hinsichtlich der Gebäudetypen untersucht, welche sich grundsätzlich für Standard-Luft/Wasser-Wärmepumpen eignen und die keinen baukulturellen Auflagen unterliegen. Im Weiteren werden bauliche Situationen, welche charakteristisch für diese Gebäudetypen sind, kurz beschrieben und mit Beispielen aus dem Kanton Basel-Stadt und der Stadt Zürich ergänzt. Folgende bauliche Situationen werden in Abschnitt 4.4 dargestellt:

- Einfamilienhaus freistehend, offene Baustruktur
- Einfamilienhaus in Reihen / Zeilen, offene Baustruktur
- Einfamilienhaus in Reihen, geschlossene Baustruktur
- Mehrfamilienhaus freistehend, urbane Baustruktur
- Mehrfamilienhaus Zeilen, offene Baustruktur
- Mehrfamilienhaus in Reihen, geschlossene Baustruktur

Abschliessend werden die baulichen Situationen bezüglich der Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext bewertet.

### 4.1 Annahmen zu Normheizlast und Vorlauftemperaturen

Folgende vereinfachende Annahmen zur Normheizlast und zu Vorlauftemperaturen werden aus dem vorangegangenen Projekt «Stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger» [Dott2014] übernommen. Für die zu betrachtenden bestehenden Wohngebäude wird angenommen, dass Massnahmen mit geringer bis mittlerer Eingriffstiefe bei der Erneuerung umgesetzt wurden. Dies sind insbesondere Massnahmen wie ein Fensterersatz oder die Dämmung von Kellerdecke und oberster Geschossdecke. Darauf basierend werden je nach Gebäudehüllenqualität die folgenden spezifischen Normheizlasten angesetzt:

~50 W/m<sup>2</sup>      neueres Bestandsgebäude oder nachträgliche Gebäudehüllendämmung

<75 W/m<sup>2</sup>      Bestandsgebäude mit Fensterersatz, sowie Dach- und Kellerdeckendämmung

Mit diesen Annahmen zur Normheizlast können mit üblichen Wärmeübergabesystemen / Heizflächen Vorlauftemperaturen im Auslegungsfall im Bereich < 50 °C realisiert werden. Mit Auslegungs-Vorlauftemperaturen < 50 °C können auch mit Luft/Wasser-Wärmepumpen akzeptable bis gute Energieeffizienzen erreicht werden. Weiterhin sind die betrachteten Gebäude damit konsistent zu kantonalen Energievorschriften, welche maximale Vorlauftemperaturen von 50 °C bei Heizkörpern respektive von 35 °C für Fussbodenheizungen fordert. Allerdings kommen diese erst bei der Erneuerung des Wärmeabgabesystems zum Tragen. Offen ist, wie diese maximalen Vorlauftemperaturen umgesetzt werden können, wenn lediglich der Wärmeerzeuger erneuert wird.

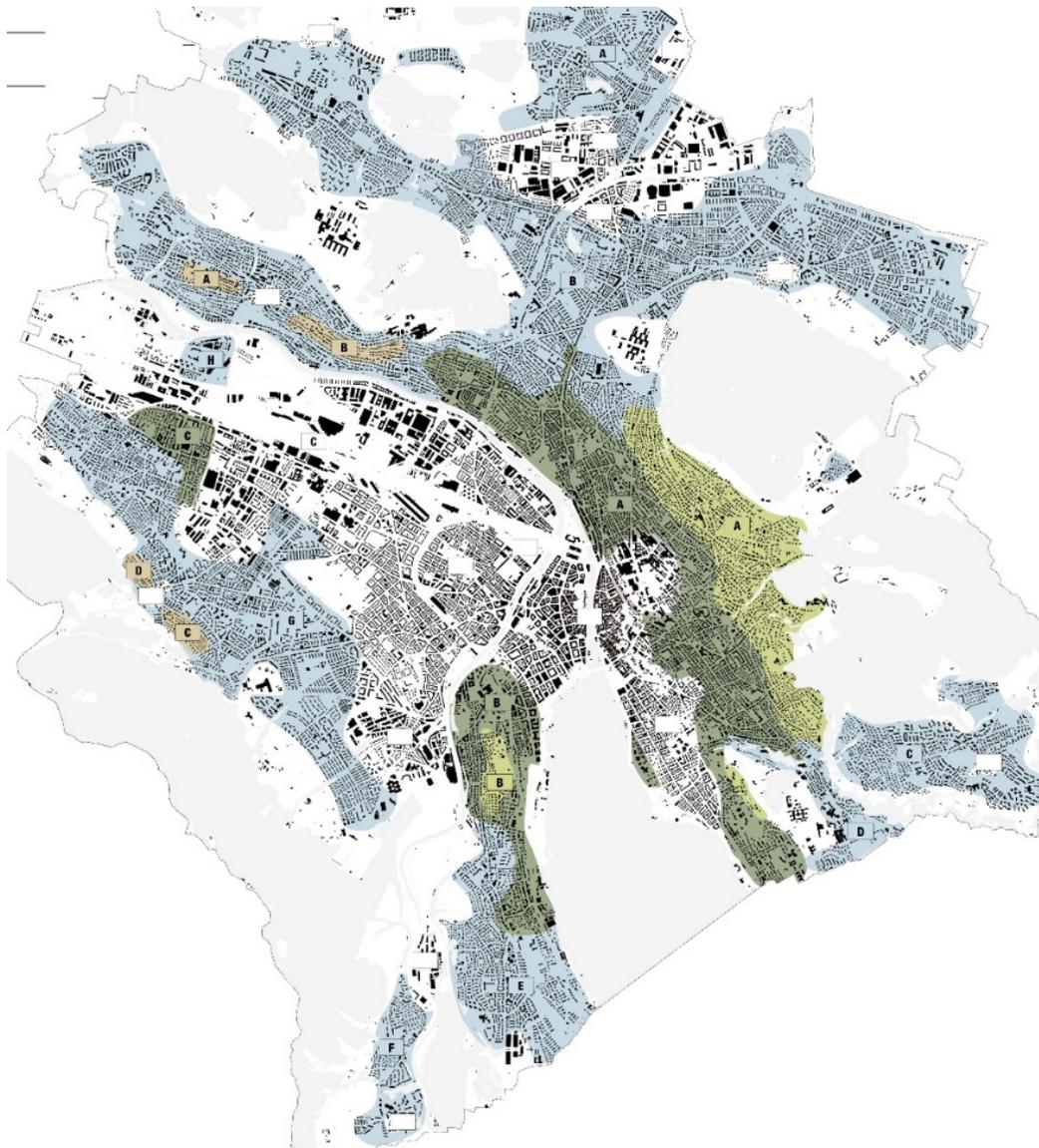
Besondere Beachtung ist im Fall eines hohen Wärmebedarfs und ungünstiger Umsetzung einer energetischen Gesamterneuerung eher einzelnen Räumen mit hohem spezifischem Wärmebedarf zu schenken, damit hier die Vorlauftemperatur abgesenkt werden kann und nicht einzelne Räume oder kleine beheizte Flächen die Vorlauftemperatur des gesamten Gebäudes hoch halten.

Im Weiteren wird davon ausgegangen, dass bei energetischen Erneuerungen:

- Die Gebäude einem energetischen Stand entsprechen, bei dem in der Gebäudehülle zumindest Erneuerungsmassnahmen geringer Eingriffstiefe realisiert wurden.
- Die flächenspezifische Normheizlast weniger als 75 W/m<sup>2</sup> beträgt.
- Auslegungs-Vorlauftemperaturen für den Heizbetrieb von höchstens 50 °C erreicht werden.

## 4.2 Stadt Zürich

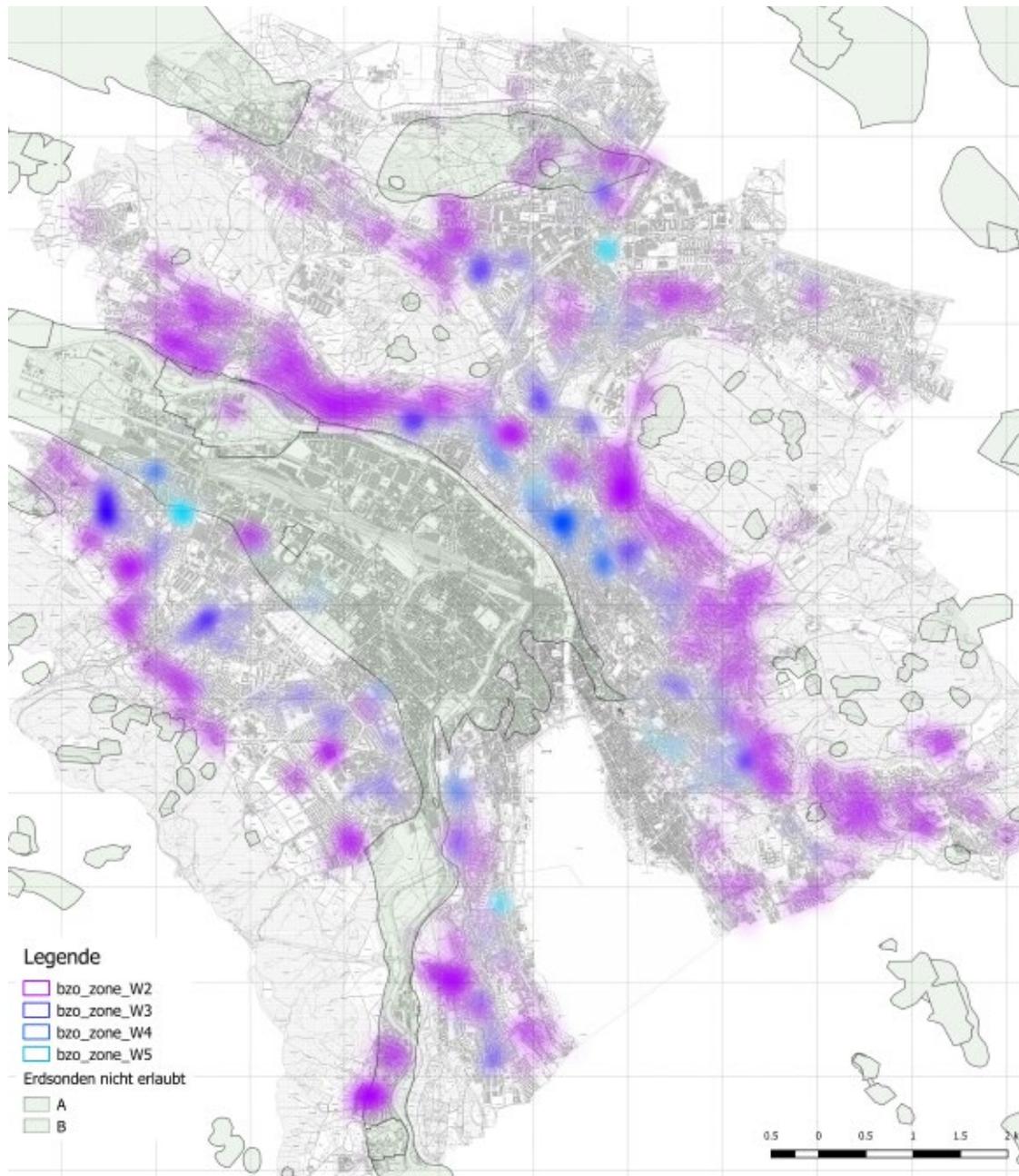
Verschiedene Stadtrandgebiete sind geprägt von vorgenannten baulichen Strukturen und Gebäuden. Eine Analyse und Zuordnung verschiedener ähnlicher Stadtstrukturen ist in der Publikation „Dichter“ des Amtes für Städtebau enthalten [ZH2012]. Abbildung 35 zeigt farblich markiert die weniger dicht bebauten Gebiete. Demnach haben offene Baustrukturen mit zwei- bis viergeschossigen Gebäuden einen hohen Anteil am Stadtgebiet.



<b>A</b>	Urbanes Wohnquartier Wipkingen bis Hirslanden	115 %	<b>A</b>	Ein- und Doppel-Einfamilienhäuser Höngg	55 %
<b>B</b>	Urbanes Wohnquartier Enge	130 %	<b>B</b>	Ein- und Doppel-Einfamilienhäuser Waid	50 %
<b>C</b>	Urbanes Wohnquartier Altstetten	125 %	<b>C</b>	Ein- und Doppel-Einfamilienhäuser Albisrieden	45 %
<b>A</b>	Offene Baustruktur Seebach	55 %	<b>D</b>	Ein- und Doppel-Einfamilienhäuser Albisrieden	40 %
<b>B</b>	Offene Baustruktur Affoltern, Oerlikon, Schwamendingen	65 %	<b>A</b>	Villen und Mehrfamilienhäuser Zürichberg	50 %
<b>C</b>	Offene Baustruktur Wittikon	55 %	<b>B</b>	Villen und Mehrfamilienhäuser Enge	65 %
<b>D</b>	Offene Baustruktur Weinegg	70 %			
<b>E</b>	Offene Baustruktur Wollishofen	70 %			
<b>F</b>	Offene Baustruktur Leimbach	55 %			
<b>G</b>	Offene Baustruktur Altstetten, Albisrieden, Friesenberg	70 %			
<b>H</b>	Offene Baustruktur Grünau	105 %			

Abbildung 35: Zuordnung ähnlicher Stadtstrukturen in weniger dicht bebauten Gebieten. Quelle: [ZH2012]

In Abbildung 36 - «Heatmap» - sind Ballungsräume mit Gebäuden in den Bauzonen W2 bis W5 dargestellt, welche derzeit durch dezentrale fossile Wärmeerzeuger versorgt werden und keinen baukulturellen Auflagen unterliegen. Auf Grundlage der Erkenntnisse der Zuordnung der Stadtstrukturen und der Heatmap wird in Abschnitt 4.4 für die vorgenannten baulichen Situationen jeweils ein Beispiel dargestellt.



**Abbildung 36: Ballungsräume mit Liegenschaften in den Bauzonen W2 bis W5, welche durch dezentrale Wärmeerzeuger mit fossilen Energieträgern versorgt werden und keinen baukulturellen Auflagen unterliegen. Quelle: [UGZ2017]**

### 4.3 Kanton Basel-Stadt

In Basel-Stadt liegen die weniger dicht bebauten Gebiete der Zonen W2 und W3 in den süd- und süd-westlichen Randbereichen des Kantons, sowie im Nordosten. Diese Gebiete sind nicht mit Fernwärme erschlossen. Die Gebiete der Zone W4 weisen teilweise Blockrandstrukturen mit einer höheren Bebauungsdichte auf und sind für Luft/Wasser-Wärmepumpen nur bedingt geeignet. Abbildung 37 zeigt den Zonenplan mit den Zonen W2 bis W4, Schon- und Schutzzonen sind ausgenommen.

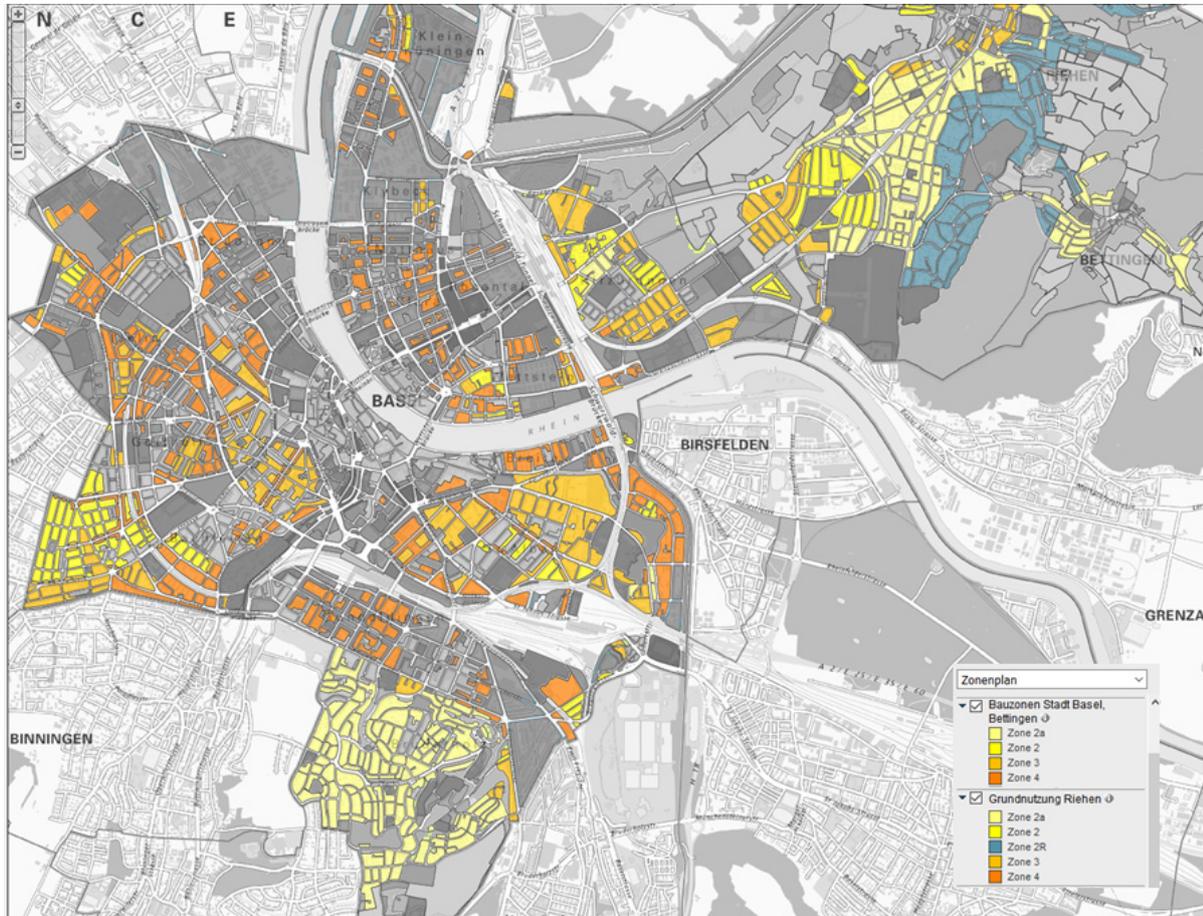


Abbildung 37: Zonenplan mit Darstellung der Zonen W2a bis W4 ohne Schon- und Schutzzonen. Quelle: [GeoportalBasel]

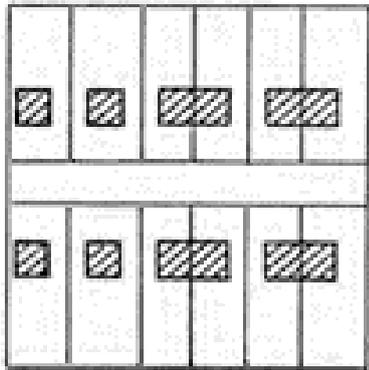
### 4.4 Bauliche Situationen – Baustrukturen und Beispiele

Die in diesem Projekt betrachteten Wärmepumpen mit einer Leistung von 4 bis 50 kW eignen sich für Einfamilienhäuser (EFH) und kleine bis mittlere Mehrfamilienhäuser (MFH). Die betrachteten Wohngebäude sind in der Regel zwei- bis viergeschossig, die Energiebezugsfläche liegt zwischen 100 und 1'200 m<sup>2</sup>. Allgemein sind diese Gebäudetypen freistehend oder angebaut in offenen oder geschlossenen Baustrukturen angeordnet.

Im Folgenden werden die in der Einleitung dieses Kapitels (Seite 46) aufgeführten baulichen Situationen charakterisiert, Merkmale für die Aussenaufstellung von Luft/Wasser-Wärmepumpen beschrieben und Beispiele der Situationen dargestellt. Die Angaben zur Energiebezugsfläche, erforderlichen thermischen Leistung der Luft/Wasser-Wärmepumpe und zu typischen Abständen der Schallquelle zum Schallempfangsort basieren auf Untersuchungen aus dem vorangegangenen Projekt [Dott2014].

Quellen für Abbildungen: [Curdes1993] [GoogleMaps] [GeoportalBasel] [KatasterZürich]

#### 4.4.1 EFH freistehend



Baustruktur:	strassenbegleitende Bebauung, Reihung, offene Struktur
Geschosse:	2
AZ:	30 – 50 %
Wohneinheiten:	1 – 2
Erschliessung:	strassenseitig oder seitlich
Freibereiche:	meist strassenseitiger Vorgarten, Seitenzone, Privatgarten
Energiebezugsfläche:	100 – 300 m <sup>2</sup>
Heizleistung:	ca. 4 – 20 kW
Abstände Schall:	ca. 3 – 10 m (Emissionsort zum Immissionsort)

Die erforderliche Heizleistung ist eher gering. Daher sind die Geräte kleiner und leiser. Die Aufstellung ist im Privatgarten, der Seitenzone oder bei ausreichender Tiefe im Vorgarten möglich. Oftmals sind beispielsweise Geräteschuppen, Spielgeräte und üppige Bepflanzung vorhanden, was die gestalterische Integration erleichtern kann. Die Erschliessungsstrassen in Wohngebieten haben einen eher privaten Charakter.

#### Stadt Zürich – Beispiel Albisrieden



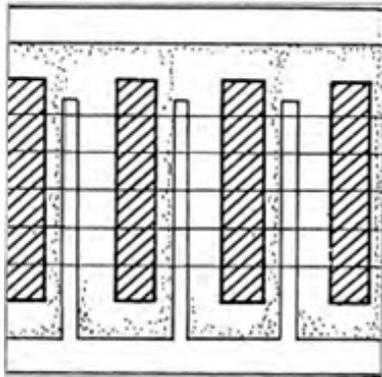
Der Anteil freistehender EFH beträgt in einzelnen Stadtquartieren der Randgebiete etwa 15 – 20 % und im gesamten Stadtgebiet 7 %. Dieser Gebäudetyp findet sich unter anderem in Albisrieden, Fluntern und Witikon. Diese Gebiete sind nicht mit Fernwärme erschlossen.

#### Kanton Basel-Stadt – Beispiel Gemeinde Riehen



Freistehende EFH finden sich vor allem in den Stadtteilen Bruderholz und in den Landgemeinden Riehen und Bettingen. Diese Gebiete sind nicht mit Fernwärme erschlossen.

#### 4.4.2 EFH Reihe – offene Struktur in Zeilen



Baustruktur:	strassenbegleitende Bebauung, Reihung, offene Struktur
Geschosse:	2
AZ:	40 – 70 %
Wohneinheiten:	je 1
Erschliessung:	einseitig, Nebenstrassen und Wege quer zur Haupterschliessung
Freibereiche:	meist Vorgarten zum Erschliessungsweg, Privatgarten
Energiebezugsfläche:	80 – 200 m <sup>2</sup>
Heizleistung:	ca. 4 – 15 kW
Abstände Schall:	ca. 3 – 10 m (Emissionsort zum Immissionsort)

Die erforderliche Heizleistung liegt im unteren Bereich. Daher sind die Geräte kleiner und leiser. Aufstellung im Privatgarten oder Vorgarten. Die Vorgärten haben oft eine sehr geringe Tiefe. In den Privatgärten können Geräteschuppen, Spielgeräte und üppige Bepflanzung vorhanden sein und eine grosse Tiefe haben. Dies kann die Integration erleichtern. Aufgrund der einseitigen Erschliessung durch Nebenwege entsteht eine eher private Situation, die weniger stadtbildprägend ist.

#### Kanton Basel-Stadt – Beispiel Bruderholz



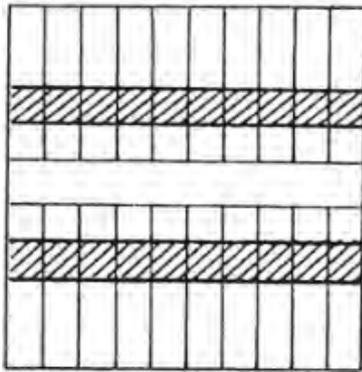
Reihen-EFH in offener Struktur finden sich in der Landgemeinde Riehen und in den Stadtteilen Bruderholz, Iselin und Hirzbrunnen.

#### Stadt Zürich – Beispiel Friesenberg



Knapp 20 % der Wohngebäude der Stadt Zürich sind Reihen-EFH. Diese befinden sich vor allem in Friesenberg, Hirzenbach und Saaten, erbaut vorwiegend nach 1950.

#### 4.4.3 EFH Reihe – geschlossene Struktur



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

Die erforderliche Heizleistung ist eher gering, daher sind die Geräte eher kleiner und leiser. Die Aufstellung 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.

#### Kanton Basel-Stadt – Beispiel Bachletten

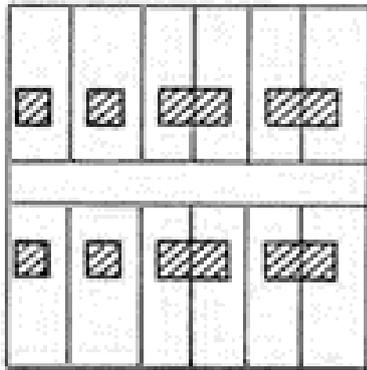


Typische und charakteristische Situation bei Einfamilienhäusern im Kanton Basel-Stadt. Anzutreffen unter anderem in den Stadtteilen Bachletten, Iselin, Hirzbrunnen und St. Alban und in der Gemeinde Riehen. Die Nutzung und Gestaltung der Vorgärten ist im Bau- und Planungsgesetz geregelt. Die Gebäude befinden sich teilweise in der Schon- oder Schutzzone.

#### Stadt Zürich

Dieser Bautyp ist für die Stadt Zürich untypisch und nur vereinzelt in Gebieten mit Reihen-EFH in offener Struktur vorhanden.

#### 4.4.4 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 <sup>2</sup>
Heizleistung:	ca. 10 - 90 kW
Abstände Schall:	ca. 3 - 15 m (Emissionsort zum Immissionsort)

Die erforderliche Heizleistung liegt bei grösseren, bis zu viergeschossigen Bestandsgebäuden im oberen Bereich und benötigt entsprechende Geräte. 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, daher kann die gestalterische Integration grosse Sorgfalt erfordern.

#### Stadt Zürich – Beispiel Wipkingen

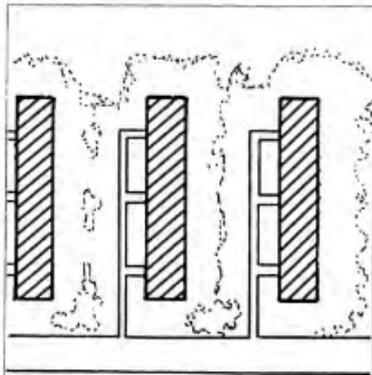


Typische und charakteristische Situation bei Mehrfamilienhäusern in der Stadt Zürich. Anzutreffen unter anderem in Wipkingen, Hottingen und Hirslanden.

#### Kanton Basel-Stadt

Dieser Bautyp ist für Basel-Stadt eher untypisch und nur vereinzelt vorhanden.

#### 4.4.5 MFH Zeile – offene Struktur



Baustruktur:	offene Struktur mit wenig Raumbildung
Geschosse:	2 - 4
AZ:	60 - 90 %
Wohneinheiten:	je Eingang 4 - 8
Erschliessung:	Nebenstrassen und Wege quer zur Haupteerschliessung
Freibereiche:	Strassenzone, Eingangszone, Gartenzone; wenig differenzierte, fließende Zwischenräume
Energiebezugsfläche:	je Eingang 300 - 1000 m <sup>2</sup>
Heizleistung:	ca. 15 - 75 kW
Abstände Schall:	ca. 3 - 20 m (Emissionsort zum Immissionsort)

Die erforderliche Heizleistung liegt bei zwei- bis viergeschossigen ungedämmten Bestandsgebäuden im mittleren bis oberen Bereich. Daher sind grössere und lautere Einzelgeräte oder mehrere Geräte erforderlich. Die Freibereiche sind oft fließend, grosszügig dimensioniert und bepflanzt, was eine Aufstellung erleichtern kann. Die Erschliessungsstrassen in diesen Wohngebieten haben einen eher privaten Charakter. Aufgrund der einseitigen Erschliessung durch Nebenwege entsteht eine eher private Situation.

#### Stadt Zürich – Beispiel Altstetten



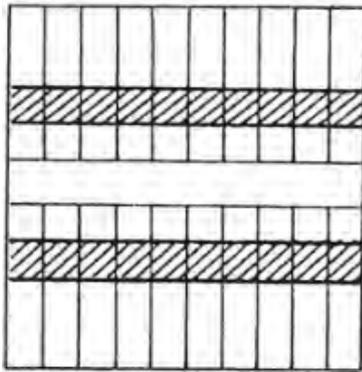
In den Randgebieten der Stadt Zürich häufiger vorkommende Situation. Diese Baustruktur findet sich unter anderem in Altstetten, Höngg und Unterstrass.

#### Kanton Basel-Stadt – Beispiel Bruderholz



In Basel gelegentlich vorkommende Situation. Diese Baustruktur findet sich unter anderem in Bruderholz, Bachletten und St. Alban und in der Gemeinde Riehen.

#### 4.4.6 MFH Reihe – geschlossene Struktur



Baustruktur:	strassenbegleitende Bebauung, Reihung, geschlossene Struktur
Geschosse:	3 - 4
AZ:	90 - 120 %
Wohneinheiten:	je 3 - 8
Erschliessung:	strassenseitig
Freibereiche:	strassenseitiger Vorgarten, rückwärtiger Gemeinschaftsgarten
Energiebezugsfläche:	300-1200 m <sup>2</sup>
Heizleistung:	ca. 15 - 90 kW
Abstände Schall:	ca. 3 - 15 m (Emissionsort zum Immissionsort)

Die erforderliche Heizleistung liegt im mittleren bis oberen Bereich. Daher können etwas grössere und lautere Einzelgeräte oder mehrere Geräte erforderlich sein. Die Aufstellung ist im rückwärtigen, aber lärmsensibleren Garten oder mit Einschränkung im Vorgarten möglich. Die Vorgärten sind in den urbanen Quartieren stadtbildprägend, weshalb die gestalterische Integration grosse Sorgfalt erfordert. Neben gründerzeitlichen Gebäuden gibt es diesen Bautyp auch in Wohngebieten mit grösseren Mehrfamilienhäusern der 1950er und 60er Jahre.

#### Kanton Basel-Stadt – Beispiel Gotthelf



Häufige Situation in der Stadt Basel. Anzutreffen unter anderem in den Stadtteilen Bachletten, Hirzbrunnen und St. Alban. Die Nutzung und Gestaltung der Vorgärten ist im Bau- und Planungsgesetz geregelt. Die Gebäude befinden sich teilweise in der Schon- oder Schutzzone.

#### Stadt Zürich

Dieser Bautyp ist für die Stadt Zürich untypisch und nur vereinzelt in Siedlungen mit MFH in offener Struktur aus den 1950er und 60er Jahren vorhanden.

## 4.5 Bewertung der baulichen Situationen

Auf Grundlage der vorangegangenen Charakterisierung der baulichen Situationen wird versucht, diese bezüglich der Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen zu beurteilen. Dafür werden zunächst für die verschiedenen Situationen die unterschiedlichen Typen der Freiflächen mit Hilfe einzelner Kriterien auf einer Skala von 1 bis 5 bewertet:

- Toleranz gegenüber Lärm
- Dimension der Freiflächen
- Freiheiten und Möglichkeiten bei der Gestaltung
- Toleranz bezüglich des Stadtbildes

Aus diesen Einzelbewertungen in Tabelle 15 werden für die verschiedenen baulichen Situationen und Freiflächentypen Bewertungen zur Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen hinsichtlich Lärmschutz und Gestaltung mit Hilfe der Mittelwerte gebildet. Dabei wird die Beurteilung des Lärmschutzaspekts mit Hilfe der Einzelkriterien Lärmtoleranz und Freiflächendimension ermittelt. Je tiefer die Bewertung ist, umso heikler ist der Lärmschutzaspekt in dieser Situation. Dies kann beispielsweise bei sehr kleinen zur Verfügung stehenden Freiflächen in Kombination mit ruhiger, lärmsensibler Umgebung der Fall sein. Für den Aspekt der gestalterischen Integration werden die Kriterien Gestaltungsfreiheit und Stadtbildtoleranz verwendet. Je tiefer der Wert, um so grösser ist die Herausforderung bei der gestalterischen Integration. Zudem wurde für die Gesamtbeurteilung der Mittelwert der vier Einzelkriterien berechnet. Demnach ist die Integration im städtischen Kontext in beengten Vorgartensituationen schwieriger zu bewerkstelligen als im Privatgartenbereich.

Gebäude-, Struktur-, Quartier-, Freiflächentyp			Bewertung Einzelkriterien				Bewertung Integration städtischer Kontext		
Gebäude Typ	Strukturtyp Quartiertyp	Freifläche Typ	Lärm Toleranz	Freiflächen Dimension	Gestaltung Freiheiten	Stadtbild Toleranz	Lärm / Freiflächen	Gestaltung / Stadtbild	Gesamt
			5 hoch 1 gering	5 gross 1 klein	5 gross 1 gering	5 hoch 1 gering	5 einfach - 1 schwierig		
EHF freist.	offen Wohngebiet	Vorgarten	3	2	3	3	2.5	3.0	2.8
		Seitenzone	2	2	3	4	2.0	3.5	2.8
		Privatgarten	1	3	5	5	2.0	5.0	3.5
EFH Reihe	offen / Zeilen Wohngebiet	Vorgarten	2	1	3	4	1.5	3.5	2.5
		Privatgarten	1	3	5	5	2.0	5.0	3.5
EFH Reihe	geschlossen urban Wohnen	Vorgarten	3	1	1	1	2.0	1.0	1.5
		Privatgarten	1	3	5	5	2.0	5.0	3.5
MFH Zeilen	offen / Zeilen Wohngebiet	Eingangszone	3	4	4	3	3.5	3.5	3.5
		Gartenzone	2	5	4	3	3.5	3.5	3.5
		Strassenzone	3	3	3	2	3.0	2.5	2.8
MFH freist.	offen / geschl. urban Wohnen	Vorgarten	5	2	1	1	3.5	1.0	2.3
		Seitenzone	4	2	3	2	3.0	2.5	2.8
		Privatgarten	2	3	4	5	2.5	4.5	3.5
MFH Reihe	geschlossen Wohngebiet	Vorgarten	3	2	2	2	2.5	2.0	2.3
		Privatgarten	2	3	4	5	2.5	4.5	3.5
MFH Reihe	geschlossen urban Wohnen	Vorgarten	5	2	1	1	3.5	1.0	2.3
		Privatgarten	2	3	4	5	2.5	4.5	3.5

**Tabelle 15: Bewertung verschiedener baulicher Situationen hinsichtlich der Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Hilfe unterschiedlicher Kriterien. Die Spalten mit den Bewertungen zur Integration im städtischen Kontext enthalten die Mittelwerte der zugehörigen Einzelkriterien. Je tiefer die Werte, desto grösser die Herausforderung der Integration im städtischen Kontext. Quelle: FHNW**

## 5 Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen

In diesem Kapitel werden Systemvarianten für bestehende Wohngebäude erläutert, Dimensionen marktverfügbarer Luft/Wasser-Wärmepumpen aufgezeigt und Möglichkeiten der baulichen Integration am Gebäude ins Stadtbild dargestellt.

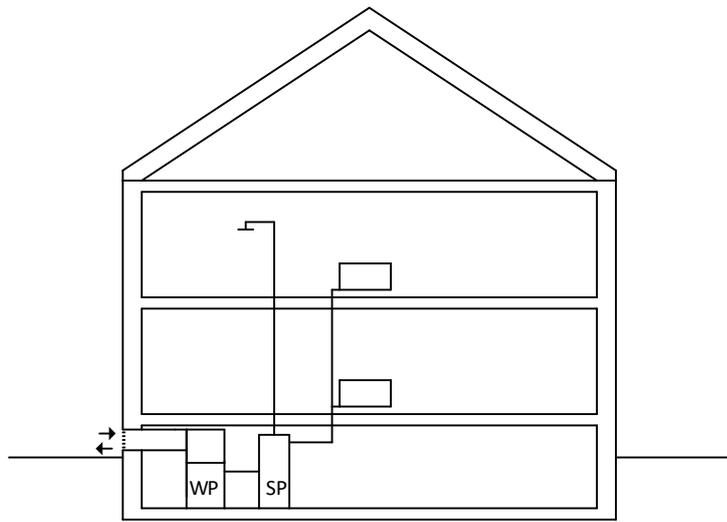
### 5.1 Systemvarianten

Die in Kapitel 2.2 beschriebenen Grundtypen der Luft/Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) können in verschiedenen Systemvarianten realisiert werden. Im Folgenden werden in Abbildung 38 bis Abbildung 44 Beispiele für Systemvarianten bei kleinen, bestehenden Wohngebäuden anhand von Schemata und Erläuterungen dargestellt. Als Wärmeabgabesystem sind symbolisch Heizkörper gezeigt – eine Fussbodenheizung ist je nach Situation ebenso möglich. Der Typ des thermischen Speichers ist nicht näher spezifiziert, da die Festlegung im Rahmen der Anlagenplanung erfolgt. Im Anschluss an die Darstellung der Systemvarianten werden diese verglichen und bewertet.

#### Allgemeine Hinweise

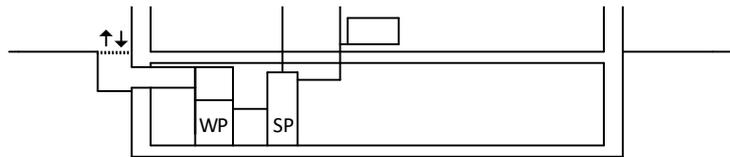
- Innenaufstellung von Komponenten von Luft/Wasser-Wärmepumpen
  - für den Transport an den Aufstellort, die Aufstellung und die Wartung müssen die erforderlichen Dimensionen der Erschliessungswege und des Aufstellraumes beachtet werden. In Bestandsgebäuden sind die Platzverhältnisse im Untergeschoss oder im Dachgeschoss oftmals beengt. Für diese Situationen sind Luft/Wasser-Wärmepumpen in modularer Komponentenbauweise von Vorteil (einzelne Geräte am Markt verfügbar).
  - der Platzbedarf für Luftansaug- und -ausblaskanäle muss beachtet werden. Falls neue Wanddurchbrüche für die Kanäle erforderlich sind, muss die Statik beachtet werden.
  - Lärmbelastung im Gebäude; Lärmemissionen und Körperschall beachten
  - Lärmbelastung im Aussenbereich durch Luftansaug- und Luftausblasöffnungen beachten
  
- Aufstellung von Komponenten von Luft/Wasser-Wärmepumpen im Dachbereich
  - im Dachbereich sind oft technische Elemente angeordnet (z. B. Kamine, Lüftungselemente, Antennen) und im Stadtbild gewohnt
  - keine bauliche Veränderung im Aussenbereich Erdgeschoss oder am Gebäudesockel; gute Stadtbildverträglichkeit
  - falls monovalente Wärmeversorgung: bestehende Kaminanlage oder Steigzone kann für Leitungsführung genutzt werden
  - bei Splitanlagen beträgt die maximale Länge der Kältemittelleitungen zwischen Verdampfer und Wärmepumpe für Standardanlagen gemäss Herstellerangaben ca. 20 m; der maximale Höhenunterschied ca. 3 – 5 m.
  - Körperschall bei Aufstellung der Komponenten auf Holzleichtbaukonstruktion beachten
  - Konkurrenz mit Wohn- oder Abstellflächen im Dachgeschoss
  - zusätzliche Unternehmer bei Arbeiten an Dacheindeckung notwendig
  - momentan noch Sonderlösung; vergleichsweise aufwendig; teurer als Innenaufstellung im Untergeschoss und Aussenauflistung im Erdgeschoss

Variante UG innen L/W-WP; UG innen Split  
 innen aufgestellte L/W-WP oder Split-L/W-WP im Untergeschoss



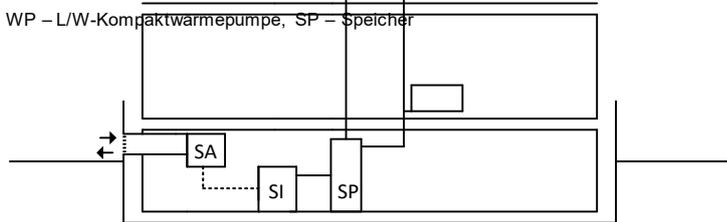
- getrennte Luftansaug und -ausblasöffnungen in Aussenwand; Wandgitter oder Bodengitter mit Schacht (Abbildung 39); Abstand und Platzbedarf beachten; gestalterisch meist gut integrierbar
- etablierte Standardlösung; bei ausreichendem Platz und Raumhöhe vergleichsweise kostengünstig
- vgl. auch allgemeine Hinweise, S. 57

Wandgitter für getrennte Luftansaug und -ausblasöffnungen



Bodengitter mit Schacht für Luftansaug und -ausblasöffnungen

WP – L/W-Kompaktwärmepumpe, SP – Speicher



- Sonderlösung bei beengten Platzverhältnissen: Split-Ausseneinheit innen aufgestellt; im Vergleich zur L/W-Kompaktwärmepumpe kleinere Komponenten

Split-Ausseneinheit innen aufgestellt (Sonderlösung)

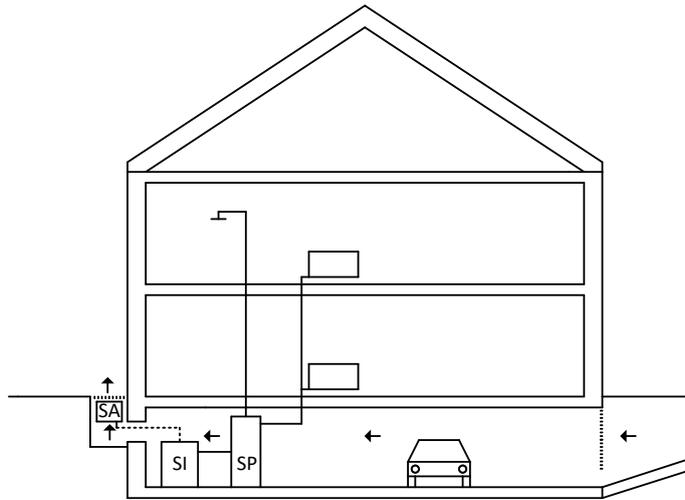
SA – Split-Ausseneinheit, SI – Split-Inneneinheit, SP – Speicher

Abbildung 38: Systemvarianten UG innen Luft/Wasser-Wärmepumpen; UG innen Split. Quelle: FHNW



Abbildung 39: Wandgitter und Bodengitter mit Schacht. Quelle: Dimplex

Variante UG Einstellhalle Split  
 in Einstellhalle Split-L/W-WP im Untergeschoss und Lüftungsschacht

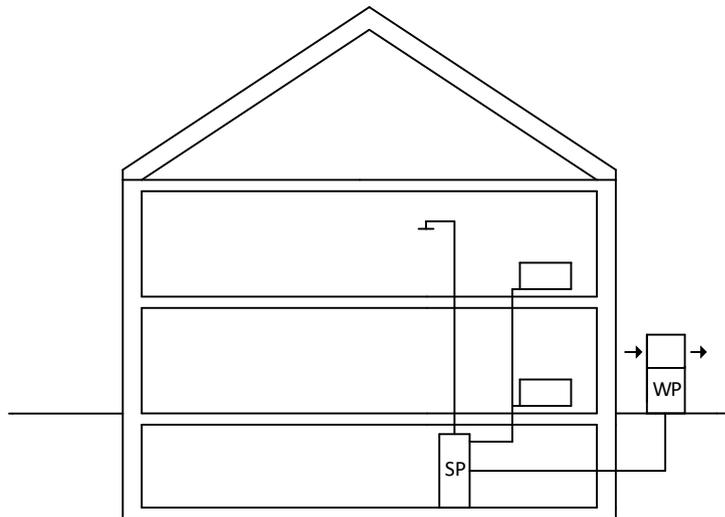


- bei natürlich belüfteter Einstellhalle Nutzung der vorhandenen Lüftungsöffnungen; beispielsweise Luftansaug durch Zufahrt Einstellhalle; Luftausblas durch Tischverdampfer in Lüftungsschacht;
- verbesserte Energieeffizienz der WP durch Nutzung der vorerwärmten Aussenluft aus der Einstellhalle
- Lärmbelastung durch Luftausblas im Aussenbereich EG; Lärmschutz beachten

SA – Split-Ausseneinheit, SI – Split-Inneneinheit, SP – Speicher

Abbildung 40: Systemvariante UG Einstellhalle Split. Quelle: FHNW

Variante EG aussen L/W-WP; EG aussen Split  
 im Erdgeschossbereich aussen aufgestellte L/W-WP oder Spliceinheit

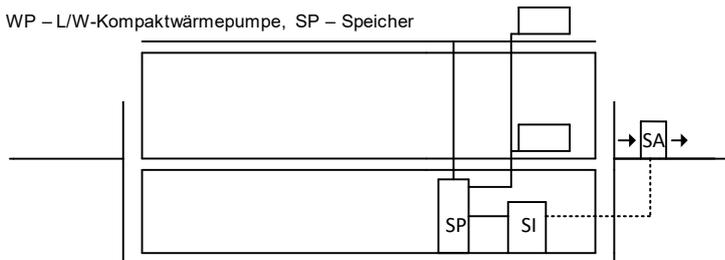


- Herausforderung gestalterische Integration im Aussenbereich EG
- etablierte Standardlösung; vergleichsweise kostengünstig, falls Ausseneinheit nah am Gebäude und somit Leitungslänge aussen kurz ist

L/W-Kompaktwärmepumpe

- keine Lärmbelastung im UG
- VL/RL-Warmwasserleitung von L/W-WP ins Gebäude wärmedämmend und frostsicher verlegen; je weiter weg die WP vom Gebäude, umso länger die Leitungen, desto höher die Kosten

WP – L/W-Kompaktwärmepumpe, SP – Speicher



Split

- Split-Verdampfer sind leiser als Split-Verflüssiger
- im Vergleich zur L/W-Kompaktwärmepumpe kleinere Aussenkomponente

SA – Split-Ausseneinheit, SI – Split-Inneneinheit, SP – Speicher

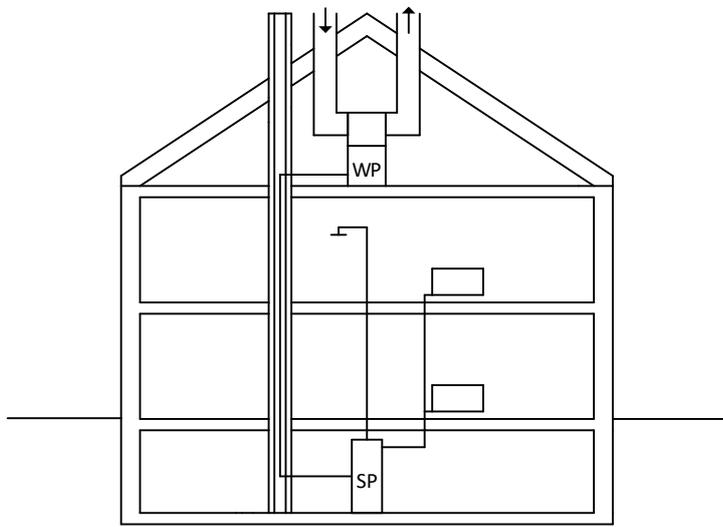
Abbildung 41: Systemvarianten EG aussen Luft/Wasser-Wärmepumpen; EG aussen Split. Quelle: FHNW

---

## Variante DG innen L/W-WP

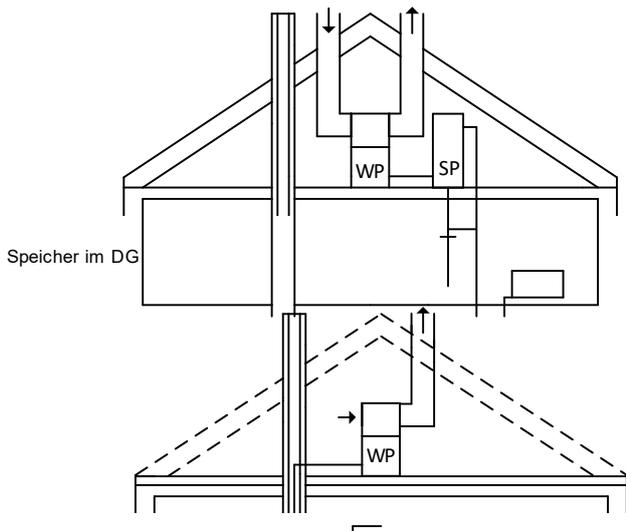
### im Dachgeschoss innen aufgestellte L/W-Kompaktwärmepumpe

---



Speicher im UG

- keine Lärmbelastung im UG
- Luftansaug und -ausblas in Dachfläche oder Giebelwand, Sparrenabstände beachten; konstruktiv gestalterisch gut integrierbar; siehe Detailhinweise 5.3
- Statik Dachgeschoss wegen zusätzlicher Last durch L/W-WP und Speicher beachten;
- Speicher kann im Untergeschoss oder im Dachgeschoss aufgestellt werden
- momentan noch Sonderlösung; vergleichsweise aufwendig; teurer als Aussen-aufstellung im Erdgeschoss
- vgl. auch allgemeine Hinweise, S. 57



Speicher im DG

Kaltdach durchlüftet – Luftansaug aus Dachraum

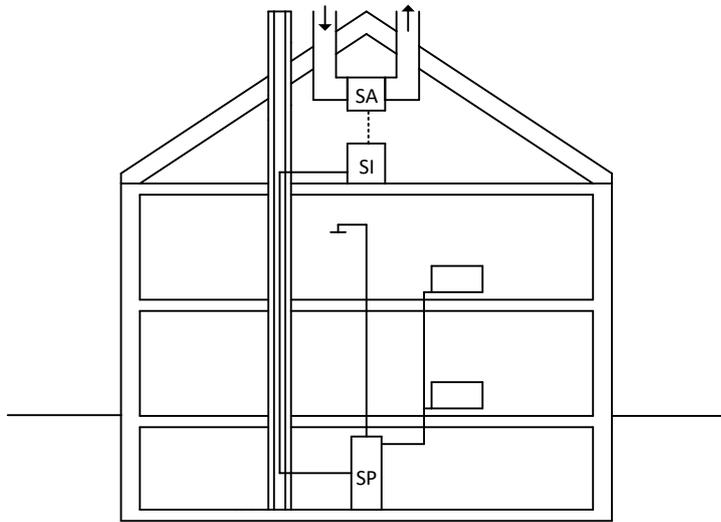
- bei gut durchlüftetem Kaltdach ohne innere Bekleidung kann der Luftansaug aus dem Dachraum erfolgen

WP – L/W-Kompaktwärmepumpe, SP – Speicher

---

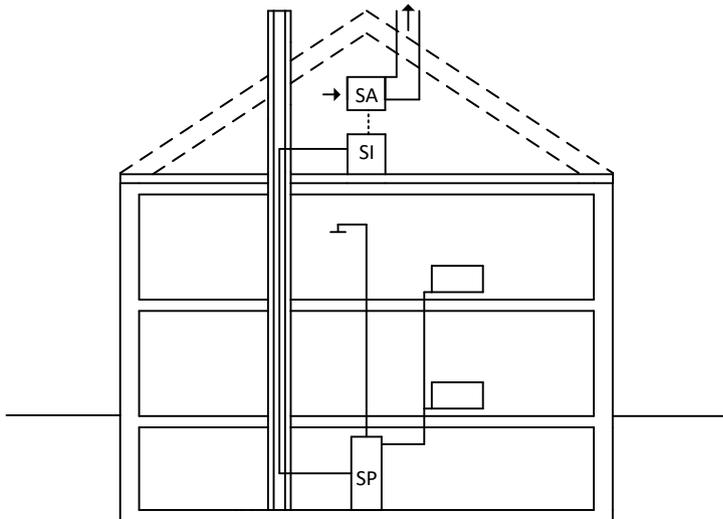
**Abbildung 42: Systemvarianten DG innen Luft/Wasser-Wärmepumpen. Quelle: FHNW**

Variante DG innen Split  
im Dachgeschoss innen aufgestellte Splitereinheit



- kleinere und leichtere Komponenten im Dachgeschoss im Vergleich zur Kompakt-LW-WP
- Sonderbauteile für Luftkanäle im Dachraum notwendig; einzelne Hersteller bieten hierfür fertige Lösungen an
- Luftansaug und -ausblas in Dachfläche oder Giebelwand; konstruktivgestalterisch gut integrierbar; siehe Detailhinweise 5.3
- Speicher kann alternativ auch im DG platziert werden
- vgl. auch allgemeine Hinweise, S. 57

Split-Ausseneinheit und -Inneneinheit im Dachgeschoss



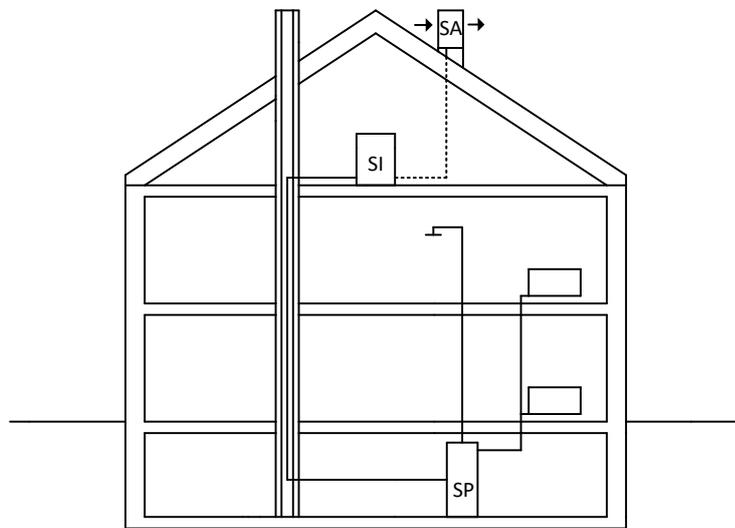
- bei gut durchlüftetem Kaltdach ohne innere Bekleidung kann der Luftansaug aus dem Dachraum erfolgen

Kaltdach durchlüftet – Luftansaug aus Dachraum

SA – Split-Ausseneinheit, SI – Split-Inneneinheit, SP – Speicher

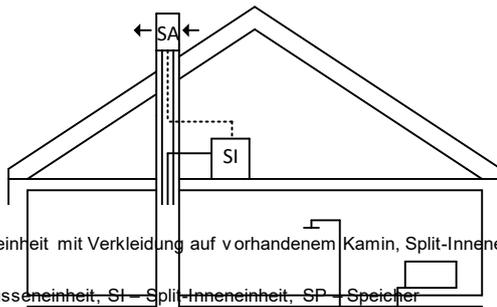
**Abbildung 43: Systemvarianten DG innen Split. Quelle: FHNW**

Variante DG aussen Split  
im Dachbereich aussen aufgestellte Split-Ausseneinheit



- Aufstellung der Split-Einheit auf Dachfläche oder vorhandenem Kamin; Statik beachten
- relativ grosses Volumen im Vergleich zu üblichen Kaminanlagen; z. B. B135xT60XH88
- für gute gestalterische Integration ist zusätzliche Verkleidung der Split-Ausseneinheit notwendig
- kein Platzbedarf im Dachgeschoss
- Platzbedarf für Speicher und WP-Inneneinheit beachten
- Speicher kann alternativ auch im DG platziert werden

Split-Ausseneinheit mit Verkleidung auf Dachfläche, Split-Inneneinheit im DG



Split-Ausseneinheit mit Verkleidung auf vorhandenem Kamin, Split-Inneneinheit im DG

SA – Split-Ausseneinheit, SI – Split-Inneneinheit, SP – Speicher

**Abbildung 44: Systemvarianten DG aussen Split. Quelle: FHNW**

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

Die Systemvarianten werden in Tabelle 16 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 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 16 werden alle Einzelkriterien gleich gewichtet. Im Folgenden werden 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 Aussenauflistung 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. Details sind in Kapitel 7 dargestellt. 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. Aussen aufstellung auf dem Dach), ist der zeitliche Aufwand für die Wartung höher.

Beim Vergleich der Systemvarianten wurde der Mittelwert der Bewertungen der neun Einzelkriterien berechnet. Innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen sind für die Integration ins Stadtbild und den Lärmschutz im Aussenbereich von Vorteil. Die Varianten der Aufstellung im Dachbereich schneiden aufgrund des höheren baulichen und schallschutztechnischen Aufwands schlechter als die Aussen aufstellung im Erdgeschossbereich oder die Innenaufstellung im Untergeschoss ab. Je nach baulicher Situation und Priorität einzelner Kriterien kann sich die Bewertung ändern.

## 5.2 Gerätedimensionen

Für die Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im Aussenbereich von Gebäuden ist die Dimension der Geräte von Bedeutung. Die Abmessungen sind vom Gerätetyp (Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen aussen oder Splitgerät), der Bauweise der Geräte, der Heizleistung und der Schalleistungspegel abhängig. Ausseneinheiten von Splitgeräten sind kleiner als Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen. Bei der Marktanalyse im Rahmen dieser Studie wurden auch die Gerätemasse betrachtet. Die Abmessungen nehmen in der Tendenz mit zunehmender Leistung zu (Abbildung 45). Je tiefer die Schallemissionen von Geräten mit gleicher Leistung und gleichem Typ, umso grösser sind meist die Geräte. Tendenziell ist bei Geräten mit geringerem Schalleistungspegel das Gerätevolumen pro kW Heizleistung höher (Abbildung 46).

Einzelne Hersteller bieten Modelle in verschiedenen Leistungsstufen bei gleichen Geräteabmessungen an. Vermutlich hat dies produktionstechnische und ökonomische Gründe.

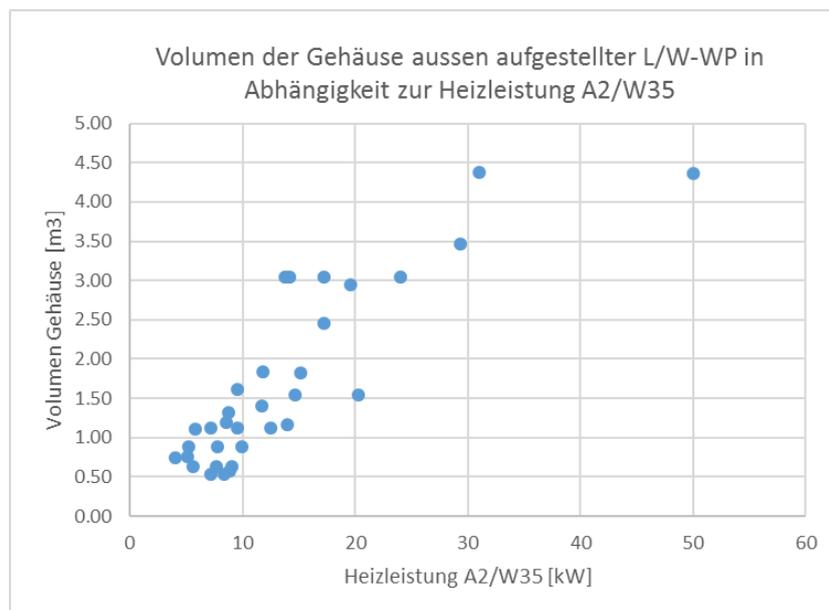


Abbildung 45: Volumen der Gehäuse aussen aufgestellter Luft/Wasser-Wärmepumpen in Abhängigkeit zur Heizleistung A2/W35.

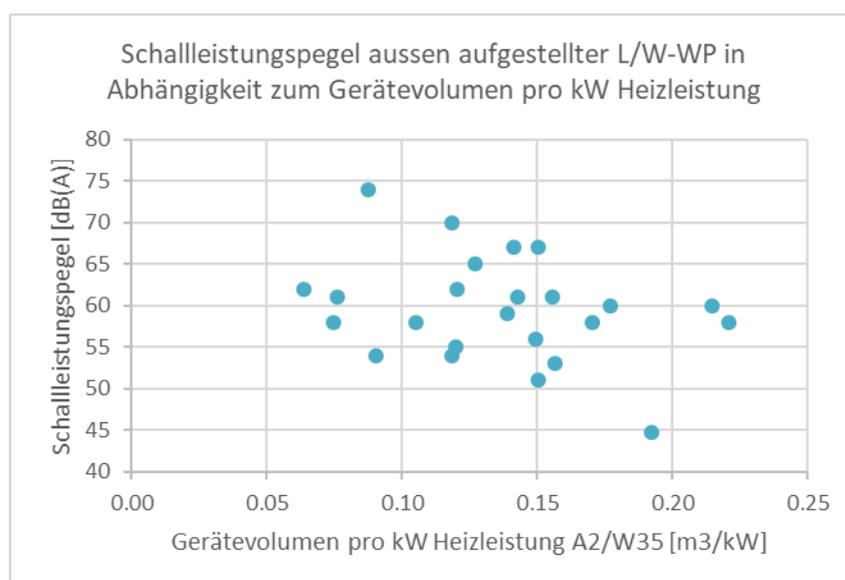
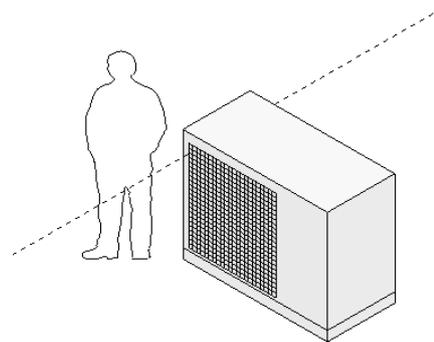


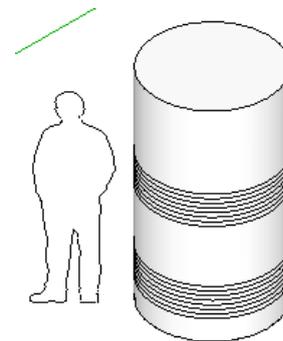
Abbildung 46: Schalleistungspegel (Nacht max.) aussen aufgestellter Luft/Wasser-Wärmepumpen in Abhängigkeit zum Gerätevolumen pro kW Heizleistung A2/W35

Die folgende Darstellung in Tabelle 17 zeigt exemplarisch für verschiedene aussen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen die Heizleistung, Geräteabmessungen, Schallleistungspegel Nacht max. und die sich daraus ergebenden Abstände zum Immissionsort bei verschiedenen Aufstellungssituationen gemäss Lärmschutznachweis für ES II für den Kanton Basel-Stadt und Zürich. Für die Darstellung wurden Geräte mit verschiedener Heizleistung und vergleichsweise geringem Schallleistungspegel im jeweiligen Leistungsbereich ausgewählt.

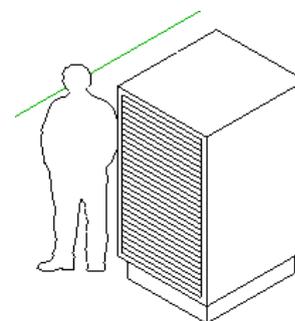
<b>Modell / Typ</b>			
Dimplex A 6-TU			
<b>Heizleistung A-7/W35 / A2/W35</b>	<b>[kW]</b>	4.0 / 5.1	
<b>Schallleistungspegel Nacht max.</b>	<b>[dB(A)]</b>	52.0	
<b>m in. Abstand frei aufgestellt ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>5.0</b>	<b>3.5</b>
<b>m in. Abstand an Fassade ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>7.1</b>	<b>5.0</b>
<b>m in. Abstand in Gebäudeecke ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>10.0</b>	<b>7.1</b>
<b>Abmessungen HxBxT</b>	<b>[cm]</b>	95x135x60	



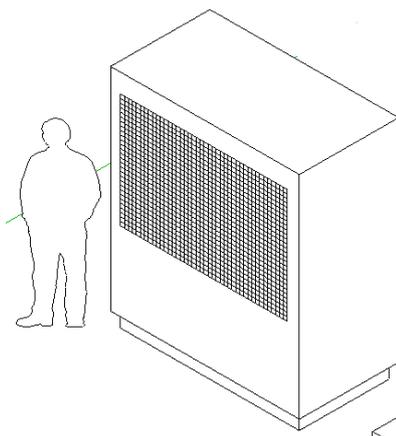
<b>Modell / Typ</b>			
Viessmann AG - Vi total 300 A AWO-AC 301.B14 (leistungsgeregelt)			
<b>Heizleistung A-7/W35 / A2/W35</b>	<b>[kW]</b>	7.1-12.0 / 7.2-13.4	
<b>Schallleistungspegel Nacht max.</b>	<b>[dB(A)]</b>	52.0	
<b>m in. Abstand frei aufgestellt ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>5.0</b>	<b>3.5</b>
<b>m in. Abstand an Fassade ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>7.1</b>	<b>5.0</b>
<b>m in. Abstand in Gebäudeecke ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>10.0</b>	<b>7.1</b>
<b>Abmessungen HxBxT</b>	<b>[cm]</b>	200 x d=110	



<b>Modell / Typ</b>			
Heliotherm HM-S18L-M-CC (leistungsgeregelt)			
<b>Heizleistung A-7/W35 / A2/W35</b>	<b>[kW]</b>	5.1-13.7 / 6.6-18.9	
<b>Schallleistungspegel Nacht max.</b>	<b>[dB(A)]</b>	51.0	
<b>m in. Abstand frei aufgestellt ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>4.5</b>	<b>3.2</b>
<b>m in. Abstand an Fassade ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>6.3</b>	<b>4.5</b>
<b>m in. Abstand in Gebäudeecke ZH/ BS</b>	<b>[m]</b>	<b>8.9</b>	<b>6.3</b>
<b>Abmessungen HxBxT</b>	<b>[cm]</b>	170x94x100	



Modell / Typ			
Dimplex LA 60TU			
Heizleistung A-7/W35 / A2/W35	[kW]	39/ 50	
Schalleistungspegel Nacht max.	[dB(A)]	71.0	
min. Abstand frei aufgestellt ZH/ BS	[m]	44.7	31.6
min. Abstand an Fassade ZH/ BS	[m]	63.1	44.7
min. Abstand in Gebäudeecke ZH/ BS	[m]	89.1	63.1
Abmessungen HxBxT	[cm]	230x190x100	



**Tabelle 17: Kenndaten exemplarischer, aussen aufgestellter Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen verschiedener Heizleistung und vergleichsweise geringen Schalleistungspegeln im jeweiligen Leistungsbereich. Quelle: FWS Schalldaten-Verzeichnis; Hersteller; FHNW**

### 5.3 Bauliche Integration am Gebäude – Konzeptbeispiele

Die Integration in den städtischen Kontext kann beispielsweise durch das Verbergen der Luft/Wasser-Wärmepumpen hinter bestehenden oder neuen baulichen Elementen unterstützt werden. Die Kosten steigen mit dem baulichen Aufwand. Die Luft/Wasser-Wärmepumpen können auch in vom öffentlichen Raum nicht oder wenig sichtbaren Bereichen aufgestellt werden. Folgende bauliche Situationen und Konzeptbeispiele zeigen verschiedene Möglichkeiten dieser Strategien. Anmerkungen zu technischen Aspekten sind in Kapitel 5.1 enthalten.

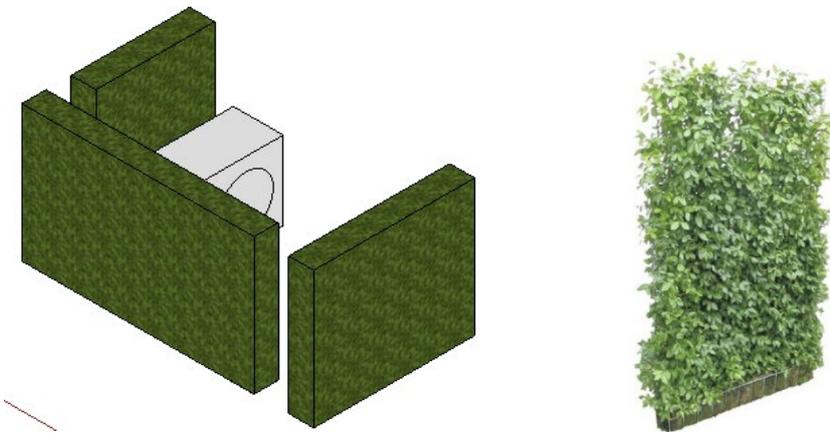


**Abbildung 47: Seitliche Aussenbereiche freistehender Gebäude. Quelle: FHNW**

Vom öffentlichen Raum wenig oder nicht sichtbare Aussenbereiche seitlich vom Gebäude zeigt Abbildung 47. Der Privatgarten hinter dem Gebäude ist nicht von der Strasse einsehbar und eignet sich somit auch für eine stadtbildverträgliche Aufstellung der Luft/Wasser-Wärmepumpen. Der Lärmschutz ist in den ruhigen rückseitigen Privatgärten besonders zu beachten.



**Abbildung 48: Vorgartenbereiche mit Heckenbepflanzung. Quelle: FHNW**



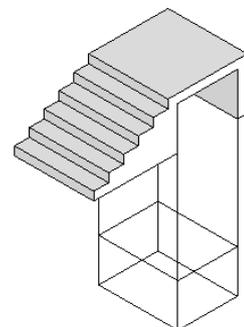
**Abbildung 49: Verbergen der Luft/Wasser-Wärmepumpen hinter bestehender oder neu angelegter immergrüner Sichtschutzbepflanzung. Quelle: FHNW; Helix Pflanzen**

Die gestalterische Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen in stadträumlich sensible, strassen-  
seitige Vorgärten wäre bei vorhandener oder neu angelegter Bepflanzung möglich (Abbildung 48 und  
Abbildung 49). Bei ausreichender Tiefe des Vorgartens lassen sich kleine Luft/Wasser-Kompakt-  
wärmepumpen geringer Höhe oder Split-Ausseneinheiten Tischverdampfer gestalterisch integrieren,  
ohne vom öffentlichen Stadtraum aus sichtbar zu sein. Gleiches gilt für Mauern oder Zäune gemäss  
Abbildung 50. Es ist zu beachten, dass im Kanton Basel-Stadt aufgrund des Vorgartenschutzes nach  
Bau- und Planungsgesetz Art. 55 aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen in Vorgärten derzeit  
nicht zulässig sind. Aufgrund einer Motion werden derzeit angepasste Bestimmungen geprüft.



**Abbildung 50: Verbergen hinter bestehenden Mauern, Zäunen oder Nebenbauten. Quelle: FHNW**

Es kann die Möglichkeit bestehen, Aussenkomponenten von Luft/Wasser-Wärmepumpen in Vorgärten an vorhandenen baulichen Elementen des Gebäudes zu integrieren, beispielsweise unter Aussentreppe (Abbildung 51). Diese Lösungen erfordern aber eine sorgfältige, individuelle Planung, um die Luftströmung zu gewährleisten und die Wartung sicherzustellen. Der vorhandene Platz ist häufig sehr knapp bemessen oder geometrisch ungeeignet.



**Abbildung 51: Verbergen unter bestehender Aussentreppe. Quelle: FHNW**

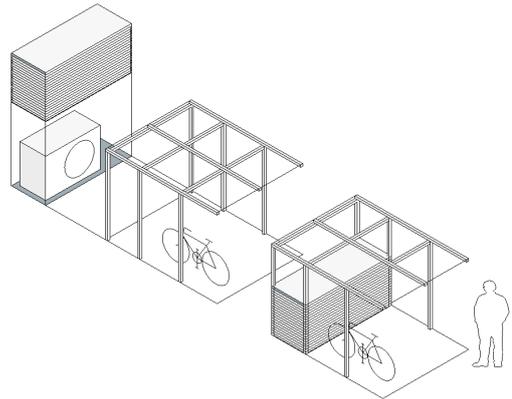


Abbildung 52: Integration in Velounterstand. Quelle: FHNW

Die Integration in typische bauliche Ausstattungselemente von Vorgärten zeigen die Konzepte für einen Velounterstand und Geräteschuppen (Abbildung 52 und Abbildung 53). 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 weiterentwickelt, um die technischen Anforderungen der Wärmepumpen, wie Luftzirkulation und Zugänglichkeit für Wartung, optimal zu berücksichtigen.

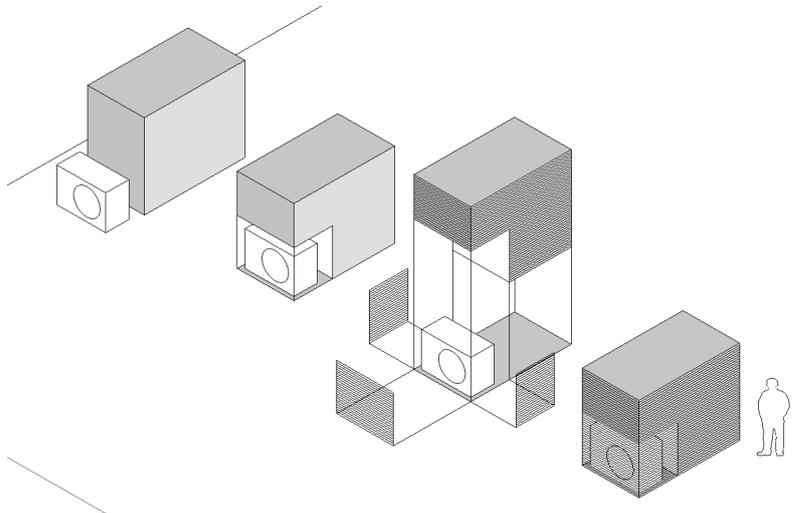
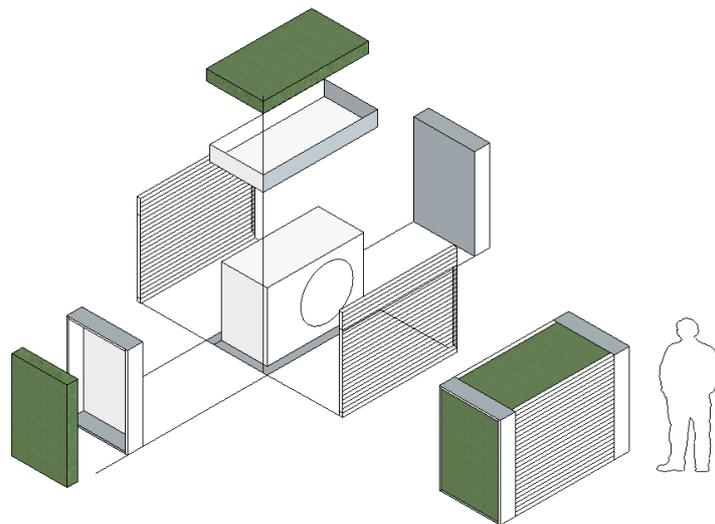


Abbildung 53: Integration in Geräteschuppen. Quelle: FHNW

Abbildung 54 und Abbildung 55 zeigen Ansätze der gestalterischen Integration durch Verkleidung der Aussenkomponenten von Luft/Wasser-Wärmepumpen. Hierbei können verschiedenste Materialien zum Einsatz kommen. Die technischen Auswirkungen der Verkleidung auf die Luftzirkulation, Lärmemissionen und Zugänglichkeit für Wartung müssen mit dem Wärmepumpen-Hersteller abgestimmt werden. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen der Luft/Wasser-Wärmepumpen durch die Verkleidung grösser werden.

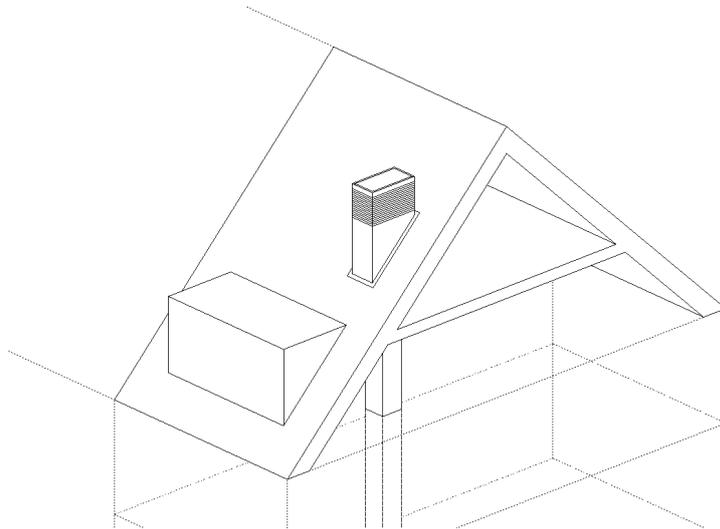


**Abbildung 54: Verbergen durch Verkleidung. Quelle: Wärmepumpen FFB; Nathan AG; Zaugg AG**



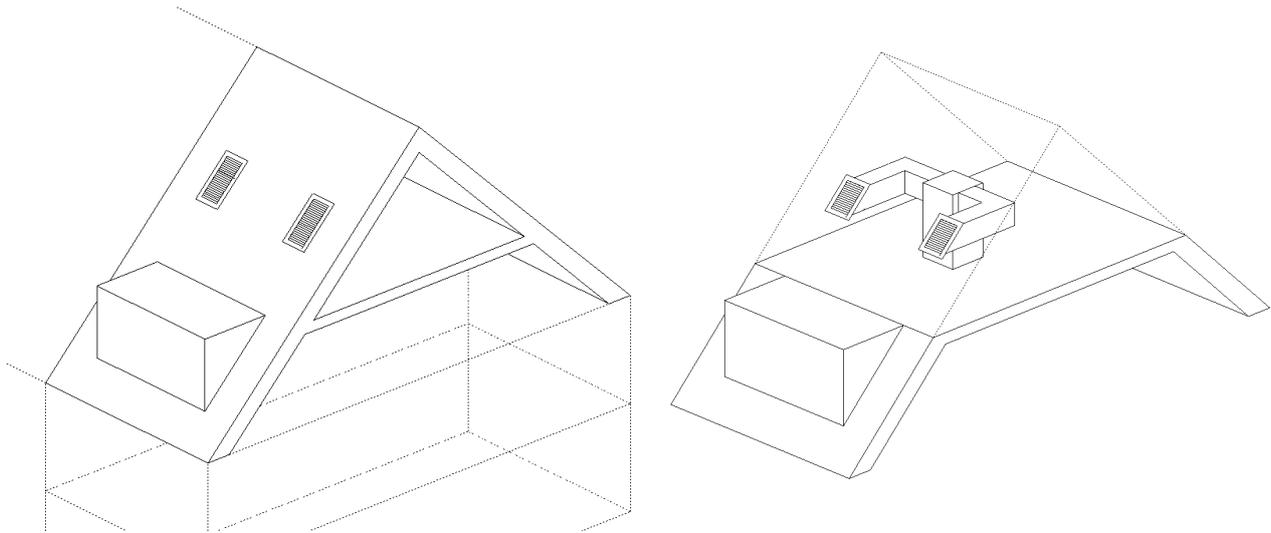
**Abbildung 55: Modulares System für die Verkleidung von Luft/Wasser-Wärmepumpen. Quelle: FHNW**

Gemäss der Systemvarianten in Abschnitt 5.1 kann eine Luft/Wasser-Wärmepumpe auch im Dachbereich integriert werden. Im Dachbereich sind häufig technische Elemente angeordnet. Bei Luft/Wasser-Wärmepumpen bis ca. 10 kW thermischer Leistung können die Luftansaug- und -ausblaselemente zwischen den Sparren geführt werden. Vorfabrizierte Elemente (Vergleich Dachfenster) können die Montage vereinfachen und Kosten senken. Folgende Abbildungen zeigen verschiedene Konzepte.



**Abbildung 56: Ausseneinheit Splitgerät auf dem Dach auf bestehendem Kam in m it Verkleidung (Skizze und Fotomontage  
Dimension: H88 B125 T60 + umlaufend 5cm). Quelle: FHNW; Dutch Heatpump Solutions**

Vorhandene und nicht mehr benötigte Kaminbauten über Dach können für die Aufstellung von Ausseneinheiten von Splitgeräten genutzt werden (Abbildung 56). Die Split-Inneneinheit ist im Dachgeschoss platziert. Eine Positionierung der Split-Inneneinheit im Keller ist nicht empfehlenswert, da die technisch realisierbare Höhendifferenz auf 3 – 5 m limitiert ist und die Energieeffizienz der Anlage mit zunehmender Länge der Kältemittelleitungen abnimmt. Bei dieser Variante muss insbesondere die Zugänglichkeit für Wartung auf dem Dach beachtet werden.

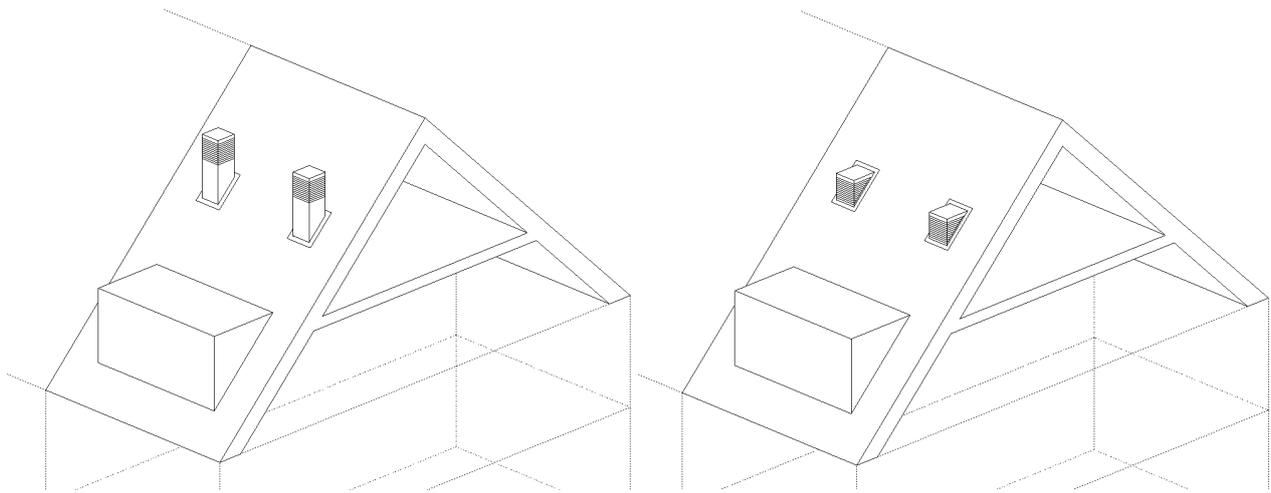


**Abbildung 57: Innen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpe im Dachgeschoss mit zwei Luftgittern in der Dachfläche (ca. 55x120 cm für EFH). Quelle: FHNW**

Falls im Dachraum ausreichend Platz vorhanden ist, kann dort eine innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe positioniert werden. Die Luftzirkulation kann durch Gitter in der Dachfläche oder Giebelwand, Lüftungskamine oder Lüftungslukarnen erfolgen (Abbildung 57 bis Abbildung 60). Bei Gittern in der Dachfläche muss die Entwässerung beachtet werden. Verschiedene Hersteller von Lüftungskomponenten bieten hierfür vorfabrizierte Lösungen an. Die Breite der Elemente orientiert sich am Sparrenabstand, um aufwendige Arbeiten an der Dachkonstruktion zu vermeiden. Die Montage der vorfabrizierten Lüftungselemente ist mit dem Einbau von Dachfenstern vergleichbar.



**Abbildung 58: Beispiel für Luftgitter in Dachfläche. Quelle: Smitsair**



**Abbildung 59: Elemente zur Luftführung für innen aufgestellte Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen im Dachgeschoss (Varianten Luftkamin und Luftlukarne). Quelle: FHNW; Junkers; EM-Blech**

Die separaten Ausblas- und Ansaugenelemente könnten optisch auch zu einem Bauteil zusammengefasst werden, wenn kein thermischer Kurzschluss stattfinden kann. Um dies zu vermeiden, sollte der Abstand von Ansaug und Ausblas mindestens 1.50 m betragen. Die Elemente zur Luftführung können auch in gegenüberliegende Dachflächen integriert oder in Dachfläche und Giebelwand über Eck angeordnet werden (Abbildung 60). Die Innenansicht der Aufstellung im Dachgeschoss zeigen die Beispiele Abbildung 61.

Falls es sich um ein durchlüftetes Dach ohne innere Verkleidung ausserhalb der thermischen und luftdichten Gebäudehülle handelt, kann die Luft für die Luft/Wasser-Wärmepumpen aus dem Dachraum angesaugt und über die Giebelwand oder Dachfläche ausgeblasen werden.

Abbildung 62 zeigt eine Sonderlösung der Dachintegration. PV-Thermie-Kollektoren dienen als Wärmequelle der Wärmepumpe. Hierbei werden Geräuschemissionen durch die Luftzirkulation gänzlich vermieden.

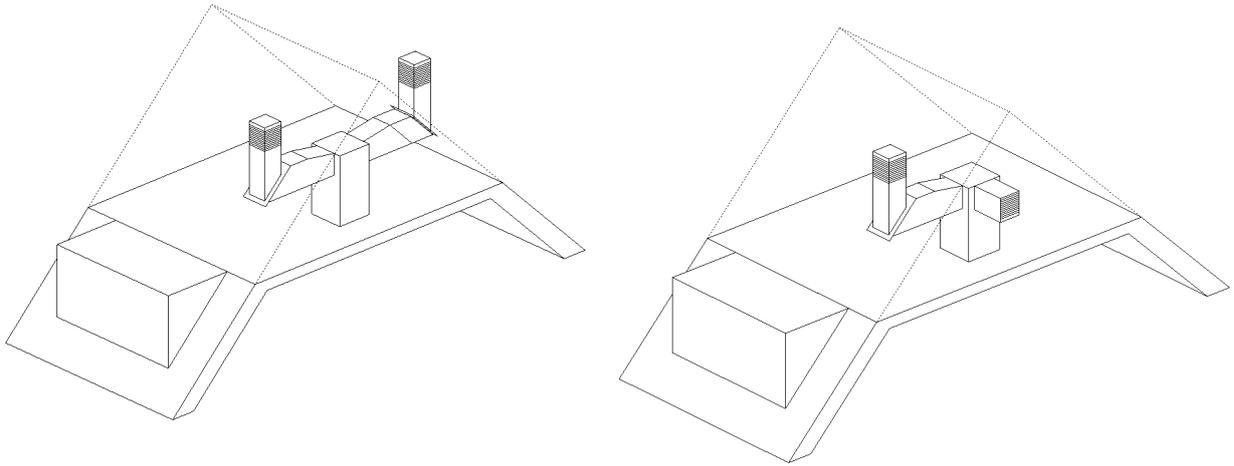


Abbildung 60: Positionierung der Elemente zur Luftführung in gegenüberliegenden Dachflächen oder in Dachfläche und Giebelwand über Eck. Quelle: FHNW



Abbildung 61: Beispiele für die Innenaufstellung im Dachgeschoss. Quelle: Junkers; Dutch Heatpump Systems

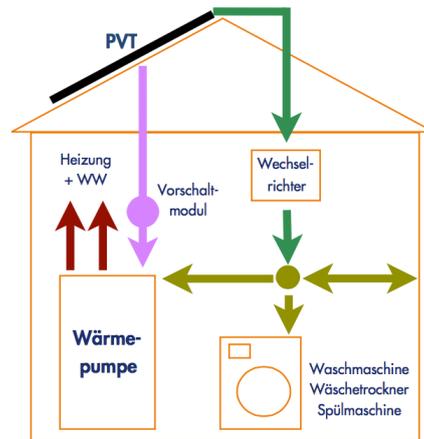


Abbildung 62: Dach-PV-Thermie-Kollektor als Wärmequelle einer Luft/Wasser-Wärmepumpe. Quelle: Consolar

## 6 Studie modulares Geräte-Design

Neben einer baulichen Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen in und an Gebäuden (siehe Kapitel 5.3) gibt es immer wieder Situationen im städtischen Kontext, bei denen eine Aufstellung im Aussenbereich zwingend notwendig ist und auch Möglichkeiten der Einfriedung nicht gegeben sind. Um eine höhere Akzeptanz für freistehende Luft/Wasser-Wärmepumpen gemeinsam bei Behörden, Architektinnen und Bauherrschaften zu erreichen, steht in diesem Abschnitt die Gestaltung der Ausseneinheiten von Luft/Wasser-Wärmepumpen selbst im Vordergrund.

Es wurde ein modulares Geräte-Design entwickelt, das sowohl vom Design als auch von der Materialität und Farbigkeit anpassbar ist. Mit diesem modularen Ansatz besteht eine grosse Vielfalt an Möglichkeiten, die Luft/Wasser-Wärmepumpe situationsgerecht zu planen.

Bei der Ausarbeitung des modularen Gerätedesigns wurde auf konstruktive und formale Qualitäten sowie die Bedienungs- und Servicefreundlichkeit geachtet. Insbesondere galt es, die gestalterische Integration im Kontext der bestehenden Architektur zu berücksichtigen und zu verbessern. Das Gerätedesign soll möglichst schlicht und zeitlos, aber durchaus als technisches Element erkennbar sein und sich möglichst gut in die bestehende urbane Architektur integrieren lassen. Durch die Variabilität in der Material- und Farbwahl kann die Luft/Wasser-Wärmepumpe als „Statement“ hervorgehoben oder zurückgenommen werden.

Die Analyse der bestehenden Geräte zeigt auf, dass viele Geräte auffällig gestaltet sind und durch die gewählte Struktur respektive Material- sowie Farbwahl stark auffallen und eher als Fremdkörper wahrgenommen werden. Es gibt aber auch schon einzelne Luft/Wasser-Wärmepumpen-Hersteller, die dem Design eine entsprechende Bedeutung beimessen und gut gestaltete Geräte auf den Markt bringen.

### 6.1 Modulares Geräte-Konzept

Das modulare Geräte-Konzept ist in Abbildung 64 dargestellt. Abbildung 63 zeigt exemplarisch zwei Gehäusegrössen. Das kleinere Gerät ist für Einfamilien- und das grössere Gerät für Mehrfamilienhäuser vorgesehen. Bei beiden Geräten ist die Grundrissfläche gleich gross, jedoch sind die Gehäusehöhen unterschiedlich. Die Studie für das modulare Geräte-Design ist bewusst noch ohne einen Industriepartner erarbeitet worden. Die Gerätedimensionen sind Annahmen, die jedoch mit möglichen Herstellern abgestimmt und technisch realisierbar sind. Auch das Funktionsprinzip mit Verdampfer (Luft einlass), Ventilator (Luftauslass) und Verdichter (Kompressor / Regelung) ist abgesprochen und umsetzbar. Damit ist die Schnittstelle Design und Funktion gewährleistet.

Durch das modulare Konzept und die gleichen Grundrissflächen wird eine Kostenreduktion erreicht. Massbeispiele sind:

---

Kleines Gerät für Einfamilienhäuser:

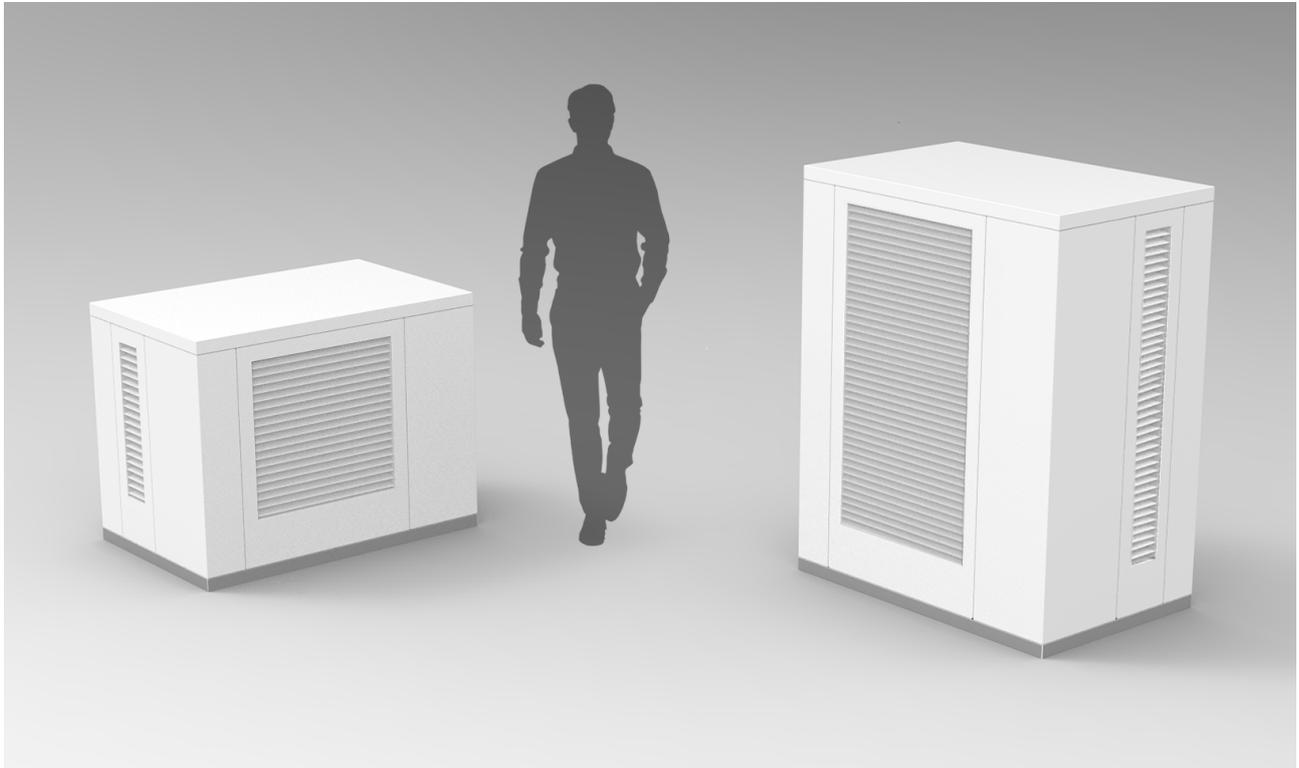
Grosses Gerät für kleine Mehrfamilienhäuser:

---

Höhe 80 cm / Breite 110 cm / Tiefe 70 cm

Höhe 160 cm / Breite 110 cm / Tiefe 70 cm

---



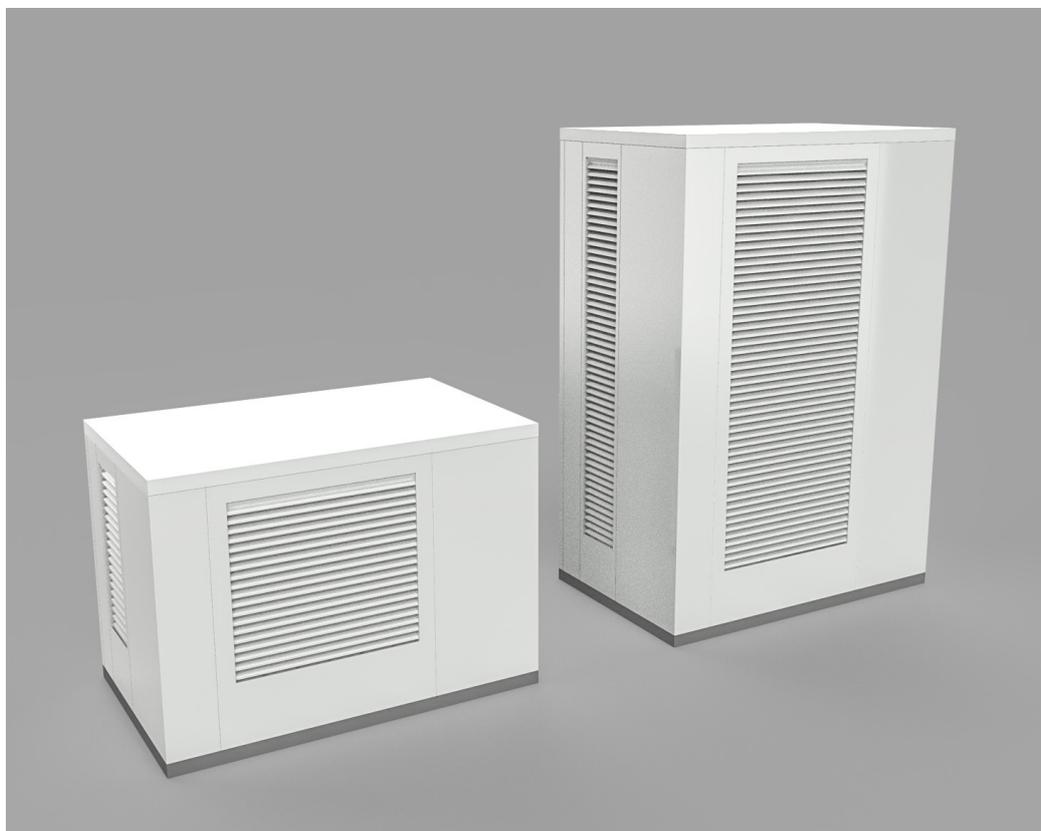
**Abbildung 63: Zwei Gerätegrößen mit gleicher Grundrissfläche und unterschiedlichen Höhen.**

Der Gehäuseaufbau besteht aus einem Sockelelement, einem verschweissten Profilrahmen und verschiedenen Blechverschalungen, die entweder in verschiedenen Farben nach NCS oder RAL gespritzt (Abbildung 65 und Abbildung 67) oder mit einem weiteren Material wie z. B. Faserzement (Abbildung 68) oder Holz (Abbildung 69) ausgekleidet werden können. Abbildung 66 zeigt die Gestaltung der Geräterückseite.

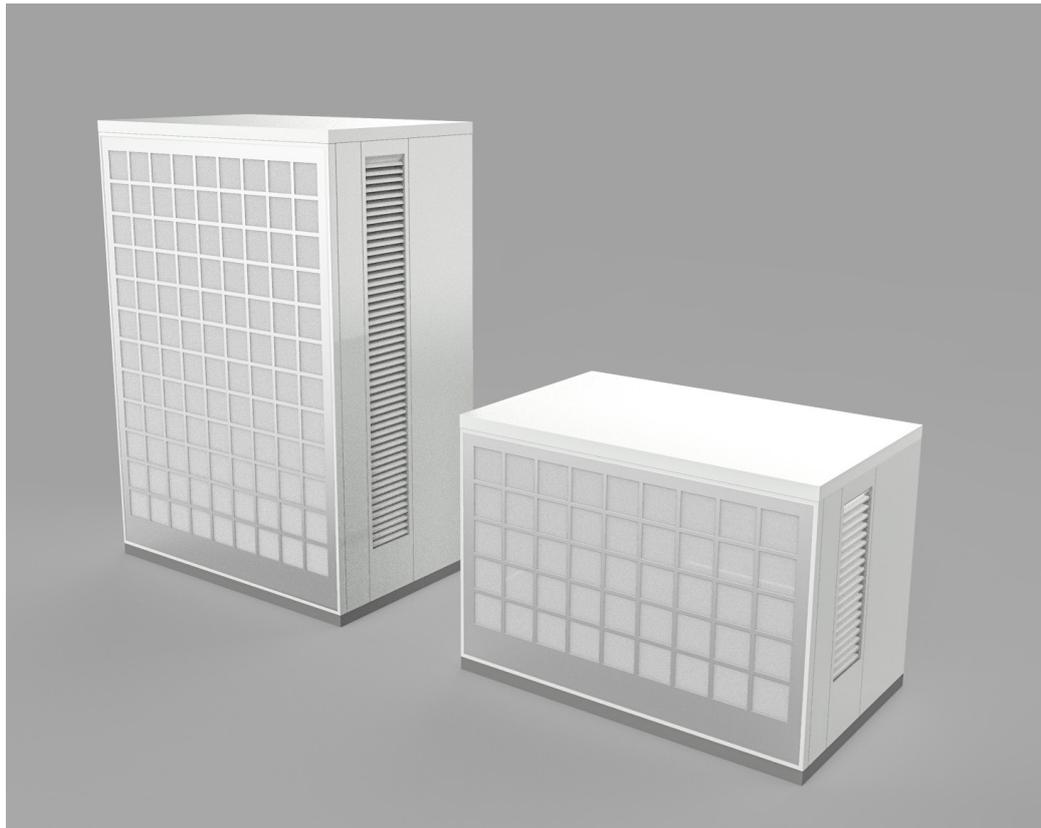


**Abbildung 64: Modularer Aufbau des System-Designs.**

Durch die grosse Farb- und Materialauswahl lässt sich das modulare System-Design der Luft/Wasser-Wärmepumpe im städtischen Kontext sehr gut an der entsprechenden Fassade anpassen oder in der Hausumgebung integrieren. Die zurückhaltende Gerätestruktur und das anpassbare Design lassen sich besser in die urbane Architektur einbeziehen (Abbildung 73 bis Abbildung 76 in Abschnitt 6.3). Mit zusätzlichen Elementen, z. B. Einfriedungen, kann die Integration noch weiter optimiert werden (Abbildung 75).



**Abbildung 65: Blechvariante in Hellgrau lackiert.**



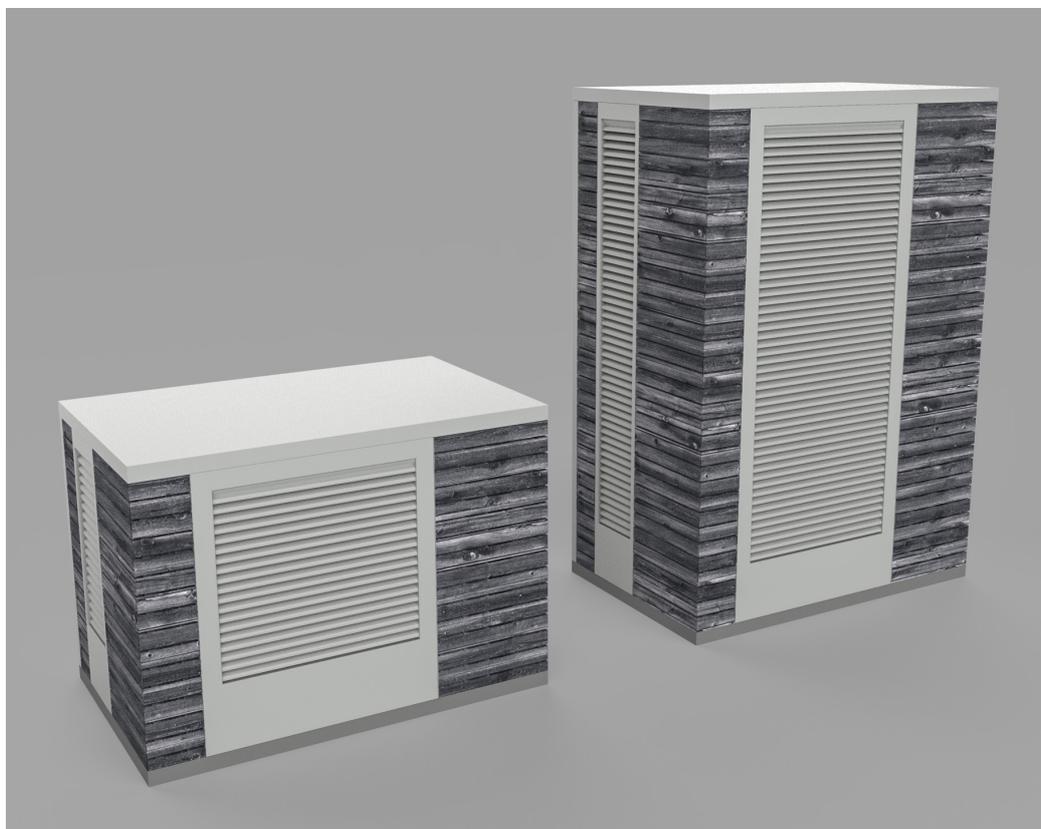
**Abbildung 66: Variante Gestaltung Rückseite.**



**Abbildung 67: Blechvariante in Beige lackiert.**



**Abbildung 68: Mit Faserzement-Platten ausgekleidet (warmgrau).**



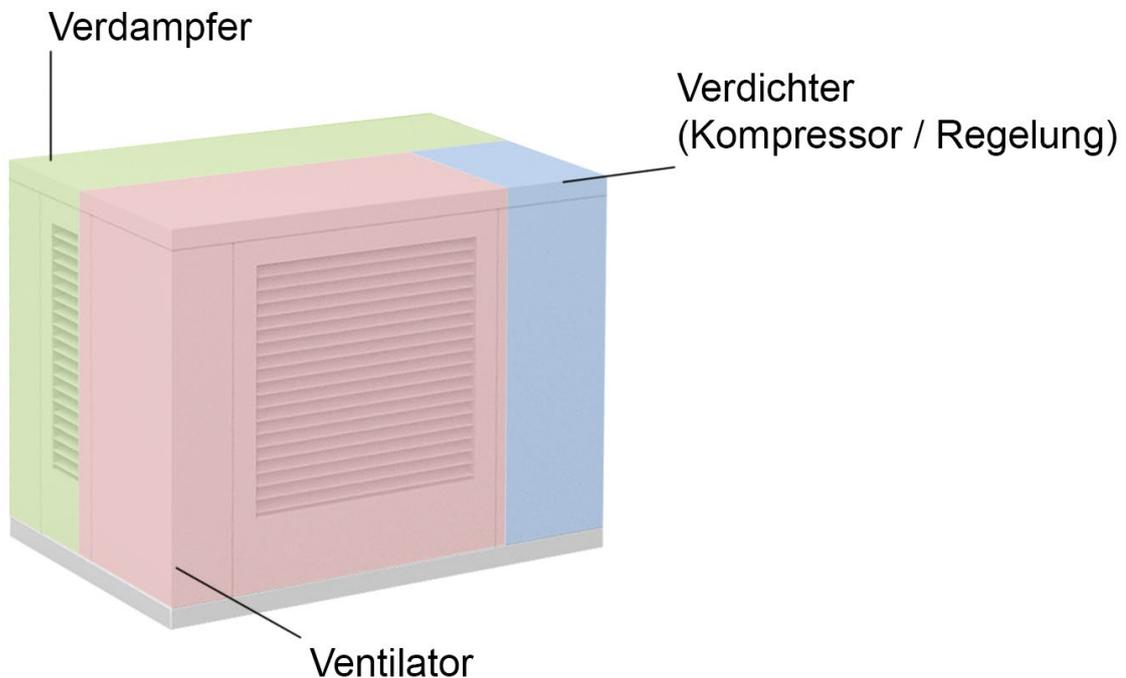
**Abbildung 69: Variante Lärchenholz ausgekleidet.**

## 6.2 Technischer Aufbau

Das Funktionsprinzip mit Verdampfer (Luft einlass), Ventilator (Luftauslass) und Verdichter (Kompressor / Regelung) ist mit möglichen Herstellern abgesprochen und so umsetzbar, dass Design und Funktion gewährleistet sind. Die Designstudie hat durchaus auch Potenzial zur Lärmverminderung, dieser Effekt ist aber zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht quantifizierbar.

Der technische Aufbau des Gerätes ist schematisch wie folgt:

- Hinten: Verdampfer (Luft einlass) vertikal
- Vorne: Ventilator (Luftauslass) links vertikal
- Rechts: Verdichter (Kompressor / Regelung)

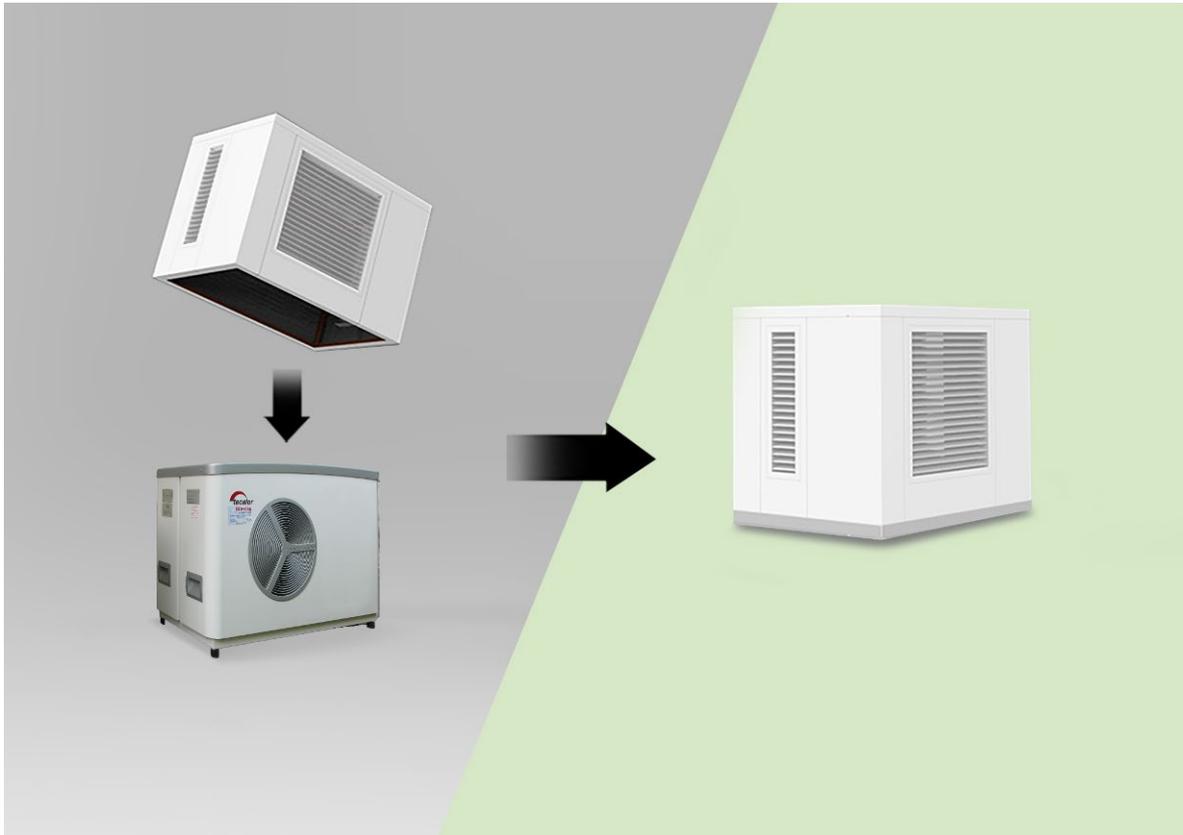


**Abbildung 70: Positionierungen Verdampfer, Ventilator und Verdichter.**

Die Herstellung ist bewusst einfach gehalten. Damit können die Kosten gering gehalten werden. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass sich mit der fortschreitenden, technischen Entwicklung die Geräuschpegel reduzieren.

Das modulare Gehäuse kann auch als Verschalung für bestehende Geräte eingesetzt werden (Abbildung 71). Oftmals sind die gängigen Geräte vom Design her nicht überzeugend gestaltet und zu auffallend.

Einerseits kann sich in diesem Fall die zusätzliche Dämmung positiv auf den Geräuschpegel auswirken, aber andererseits muss weiterhin die Luftzirkulation gewährleistet bleiben. Durch das modulare Konzept kann das gesamte Gehäuse an die entsprechenden Anforderungen angepasst werden.



**Abbildung 71: Gehäuse-Design kann als Hülle und zusätzliche Geräuschdämmung eingesetzt werden.**

### 6.3 Anwendungsbeispiele im urbanen Raum

Nachfolgend sind konkrete Beispiele für mögliche Anwendungen der neu gestalteten modularen Luft/Wasser-Wärmepumpe in möglichen Anwendungen im architektonischen Kontext dargestellt. Hinweis: In Abhängigkeit zum Wärmedämmstandard der Gebäude können grössere Gerätedimensionen erforderlich sein.



**Abbildung 72: Kleines Gerät integriert an Gebäudefassade (hinter Briefkasten).**



**Abbildung 73: Kleine Luft/Wasser-Wärmepumpe farblich der Gebäudefassade angepasst.**



**Abbildung 74: Sichtbare Aufstellung in beengter Vorgartensituation.**



**Abbildung 75: Grosses Gerät angelehnt an die bestehende Müllcontainer-Einfriedung.**



**Abbildung 76: Grosse Luft/Wasser-Wärmepumpe farblich angeglichen an Fas sade.**



**Abbildung 77: Grosse Luft/Wasser-Wärmepumpe farblich abgestimmt auf Briefkastenanlage.**

## 7 Bewilligungspraxis

In diesem Abschnitt werden die derzeitige Bewilligungspraxis im Kanton Basel-Stadt und in der Stadt Zürich erläutert, Hürden für die Installation von Luft/Wasser-Wärmepumpen dargestellt und Vorschläge für Verbesserungen der Bewilligungspraxis aufgezeigt. Die folgenden Ausführungen basieren teilweise auf einer Studie von Energie Zukunft Schweiz [EZS2018], die im Auftrag des Bau- und Gastgewerbeinspektorats Kanton Basel-Stadt erarbeitet wurde.

### Kriterien gemäss OKI-Anforderungsblatt

Im OKI-Anforderungsblatt «Kriterien für eine stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpe» [OKI2014] ist das Anforderungsniveau für COP-Werte und Schalleistungspegel für stadtverträgliche Luft/Wasser-Wärmepumpen enthalten. Bei diesen Werten handelt es sich um blosse Empfehlungen. Sie ersetzen insbesondere beim Lärmschutz den Nachweis der Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen nicht.

### 7.1 Basel-Stadt

Für den Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen ist im Kanton Basel-Stadt grundsätzlich ein Baugesuch mit Publikation notwendig. Die koordinierende Behörde ist das Bau- und Gastgewerbeinspektorat. Die Prüfung der Lärmschutz- und Energieaspekte erfolgt durch das Amt für Umwelt und Energie. Gestalterische Aspekte werden durch die Stadtbildkommission beurteilt. Falls erforderlich, wird die Kantonale Denkmalpflege einbezogen. Das Bewilligungsverfahren dauert bis zu 3 Monate. Aufgrund der langen Verfahrensdauer können Luft/Wasser-Wärmepumpen als Wärmeerzeuger nur bei längerfristig geplanten Neubau- oder Erneuerungsmassnahmen eingesetzt werden. Beim spontanen Notersatz des Wärmeerzeugers kommen Luft/Wasser-Wärmepumpen praktisch nicht zum Einsatz, wenn nicht eine temporäre Notheizung eingesetzt werden kann. Allerdings ist aktuell eine Motion aus dem Grossen Rat hängig, die eine Vereinfachung des Bewilligungsprozesses fordert (Motion André Auderset und Konsorten betreffend Senkung Bewilligungshürden für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen) [BS2018]. Der Regierungsrat prüft zurzeit, inwiefern eine Lockerung der Bewilligungspflicht möglich ist.

Im Folgenden werden Anforderungen erläutert und einzureichende Unterlagen aufgeführt.

#### Anforderungen an den Lärmschutz

Das Vorsorgeprinzip gemäss Umweltschutzgesetz und die Planungswerte der entsprechenden Empfindlichkeitsstufe gemäss Lärmschutzverordnung sind einzuhalten. Für den Lärmschutznachweis wird das Berechnungsformular des Cercle Bruit eingesetzt. Alternativ kann der Schallrechner der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) für den Lärmschutznachweis verwendet werden, der auf den Vorgaben des Cercle Bruit basiert. Zurzeit wird ein Online-Tool erarbeitet, das den Lärmschutznachweis vereinfachen soll.

#### Anforderungen an die Energieeffizienz

Gemäss Energieverordnung ist für Luft/Wasser-Wärmepumpen als Wärmeerzeuger zur Raumheizung eine Jahresarbeitszahl (JAZ) < 2.6 gefordert. Der Nachweis erfolgt mit Hilfe des Tools WPEsti.

#### Anforderung an die Gestaltung

Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen sind gemäss Art. 55 des kantonalen Bau- und Planungsgesetzes in Vorgärten nicht zulässig. Nach gesetzlicher Auffassung handelt es sich nicht um

typische Ausstattungselemente von Gärten. Zudem gibt es für die Wärmeerzeugung technische Alternativen und die Luft/Wasser-Wärmepumpen sind nicht zwingend an einen bestimmten Standort gebunden. Sämtliche Baugesuche für Luft/Wasser-Wärmepumpen werden derzeit von der Stadtbildkommission geprüft und beurteilt. Dieses Vorgehen wird aufgrund der Motion André Auderset und Konsorten betreffend Senkung Bewilligungshürden für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen voraussichtlich angepasst [BS2018].

### **Voraussetzungen für finanzielle Förderung**

Beim Ersatz einer Heizöl-, Erdgas- oder Elektroheizung können gemäss Energieverordnung Förderbeiträge beantragt werden. Die Höhe der Beiträge richtet sich nach der thermischen Nennleistung. Voraussetzung für die Förderung ist das Wärmepumpen-System-Modul (WPSM). Falls kein WPSM vorhanden ist, muss ein Wärmepumpen-Gütesiegel und die Leistungsgarantie von Energie Schweiz nachgewiesen werden.

### **Informationen und Beratung**

- Webseiten; Beratung per E-Mail, telefonisch und persönlich
- Bau- und Gastgewerbeinspektorat
- Amt für Umwelt und Energie – Aspekte Energie und Lärmschutz
- Stadtbildkommission Fachsekretariat – Aspekte Gestaltung
- Kantonale Denkmalpflege

### **Einzureichende Unterlagen**

Für die Bewilligung ist ein Dossier mit mehreren Formularen, Plänen und ergänzenden Unterlagen in mehrfacher Ausfertigung notwendig:

- Formular: «Baubewilligungspflichtige Bauten und Anlagen», Bau- und Gastgewerbeinspektorat
- Formular: «Anhang A» des obigen Formulars, Bau- und Gastgewerbeinspektorat
- Formular: «Anhang D Technische Anlagen» des obigen Formulars, Bau- und Gastgewerbeinspektorat
- Formular: «EN-3 BL/BS Heizungs- und Warmwasseranlagen», Amt für Umwelt und Energie
- Formular: «Lärmschutznachweis für Luft/Wasser-Wärmepumpen», Cercle Bruit oder FWS Schallrechner
- Formular «JAZ-Berechnung WPesti»
- Datenblatt der Wärmepumpe (Hersteller) mit massgebenden Schallpegeln Nacht max. (Schalleistungspegel oder Schalldruckpegel mit Angabe des Abstandes).
- Plangrundlagen «Situationsgrundlagen für Baubeglehen», Grundbuch- und Vermessungsamt
- Grundrissplan
- Situationsplan mit Eintragung des Standorts der Wärmepumpe und der Immissionsorte
- Ansichtspläne, falls Veränderungen an Fassaden vorgenommen werden
- Dokumentation zusätzlicher individueller Schallschutzmassnahmen, falls vorgesehen
- Kanalisationsplan und -detail, falls Kondensat via Kanalisation abgeleitet wird.

Falls eine finanzielle Förderung beantragt wird, sind die Unterlagen für das Fördergesuch separat online einzureichen.

### 7.1.1 Vorschläge der Autoren zur Beschleunigung und Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens

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 Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens und Einführung eines Meldeverfahrens muss für die gute Akzeptanz von Luft/Wasser-Wärmepumpen in der Bevölkerung die Integration ins Stadtbild und die Bedeutung des Lärmschutzes beachtet werden. Die Qualität der Lärmschutznachweise muss sichergestellt sein. Im Folgenden werden Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung des Bewilligungsverfahrens dargestellt:

- **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 (Lärmschutz) müssen sichergestellt werden. Dies gilt insbesondere auch bei der Einführung eines Meldeverfahrens.

- **Gute Qualität der Gesuchsunterlagen fördern**

Durch gutes Informations- und Schulungsangebot für Gesuchsstellende den Beratungs- und Prüfaufwand in den Behörden gering halten;  
z. B. Erstellung einer Wegleitung/Checkliste «Bewilligung von Luft/Wasser-Wärmepumpen» für Gesuchsstellende; Musterdossier; GIS-Integration für Luft/Wasser-Wärmepumpen Lärmschutznachweis; softwareunterstützte Plausibilitätsprüfung elektronischer Nachweisunterlagen (z. B. Abgleich Projektadresse mit Empfindlichkeitsstufen in GIS; Abgleich Gerätedaten mit FWS-Datenbank; Plausibilität des Schalleistungspegels für angegebene Heizleistung); Informationen zur Bewilligung im Internet bündeln und gut auffindbar machen.

- **Vereinfachtes Bewilligungsverfahren und Meldeverfahren**

Für klar definierte Standardfälle könnte anstelle des ordentlichen Baubewilligungsverfahrens mit Publikation ein vereinfachtes Bewilligungsverfahren (Haustechnikbewilligung) und ein Meldeverfahren eingeführt werden (vgl. Solaranlagen). Lärmschutz- und Energieanforderungen sind in jedem Fall einzuhalten und nachzuweisen. Derzeit werden von verschiedenen Behörden Lösungsvorschläge für die Erfüllung der Motion André Auderset und Konsorten betreffend Senkung Bewilligungshürden für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen erarbeitet [BS2018].

Für die Haustechnikbewilligung könnte beispielsweise auf eine Publikation im Amtsblatt und den Einbezug der Stadtbildkommission verzichtet werden. Beim Meldeverfahren könnte nach dem Einreichen der Meldeunterlagen die Anlage in kurzer Frist realisiert werden. Die Verantwortung für die Korrektheit der Meldeunterlagen liegt beim Ersteller der Meldung. Vor allem die Sicherstellung der Richtigkeit des Lärmschutznachweises ist für die Akzeptanz des Verfahrens entscheidend. Hierbei wäre z. B. eine softwarebasierte Plausibilitätsprüfung elektronischer Nachweisunterlagen denkbar. Durch eine Veto-Frist für Behörden vor Baubeginn könnten nachträgliche Lärmklagen verhindert werden. Im Meldeverfahren werden die eingereichten Meldungen auszugsweise oder stichprobenartig geprüft. Bei fehlerhaften Unterlagen haftet der Ersteller der Meldung für eventuell an der Anlage anfallende Nacharbeiten.

- **Definition von Standardfällen für Meldeverfahren und vereinfachtes Verfahren**  
Vorschläge für mögliche Standardfälle erarbeiten
  
- **Energieanforderungen JAZ oder WPSM oder SCOP**  
Alternativ zu JAZ-Anforderung den Nachweis über WPSM oder Einhalten von SCOP Anforderungen zulassen
  
- **Gute Qualität der Gesuchs- und Meldeunterlagen fördern**  
Durch gutes Informations- und Schulungsangebot für Gesuchsstellende den Beratungs- und Prüfaufwand in den Behörden gering halten;  
z. B. Ergänzung des Merkblatts «Baubegehren für ein erneuerbares Heizsystem»; Erstellung einer Checkliste «Bewilligung von Luft/Wasser-Wärmepumpen» für Gesuchsstellende; Musterdossier; GIS-Integration für Luft/Wasser-Wärmepumpen Lärmschutznachweis; softwarebasierte Plausibilitätsprüfung elektronischer Nachweisunterlagen (z. B. Abgleich Projektadresse mit Empfindlichkeitsstufen in GIS; Abgleich Gerätedaten mit FWS-Datenbank; Plausibilität des Schalleistungspegels für angegebene Heizleistung); Informationen zur Bewilligung im Internet bündeln und gut auffindbar machen.
  
- **Informationen für Bauherrschaften zu Luft/Wasser-Wärmepumpen erarbeiten**  
Fokus beim Ersatz von Wärmeerzeugern mit fossilen Energieträgern; Bauherrschaften zur Planung des Wärmeerzeugersersatzes motivieren.

## 7.2 Stadt Zürich

### Bewilligungspflicht / Verfahren im Allgemeinen

Als Teil der Heizungsanlage unterstehen Wärmepumpen grundsätzlich der Baubewilligungspflicht (§ 309 lit. d Planungs- und Baugesetz [PBG]). Anlagen im Freien werden im ordentlichen Baubewilligungsverfahren beurteilt (vgl. nachfolgend Ziff. 7.2.1). Dieses endet in der Regel mit einem Beschluss der Bausektion des Stadtrates, in dem namentlich die Einordnungs- und Lärmfragen behandelt werden. In der Baubewilligung wird eine zusätzliche technische Bewilligung der Feuerpolizei vorbehalten, welche vor der Montage der Wärmepumpe einzuholen ist. Für Anlagen im Gebäudeinnern, die keine baulichen Veränderungen im oder am Gebäude voraussetzen und lärmschutztechnisch einfach beurteilt werden können, genügt eine technische Bewilligung, die in einem vereinfachten Verfahren erteilt wird, was die Bewilligungsdauer reduziert.

Entscheiden sich die Anlagebetreiber für die sogenannte "Private Kontrolle", wird von dazu befugten Fachleuten zuhanden der Bewilligungsbehörden bestätigt, dass die Wärmepumpe den massgeblichen Vorschriften entspricht (Projektbestätigung) und dementsprechend ausgeführt wurde (Ausführungskontrolle). Kontrollen der Behörden werden nur stichprobenartig oder im Klagefall durchgeführt.

Die geschilderten Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich der Bewilligungsinstanz, der Publikation des Baugesuchs, der einzureichenden Unterlagen und der Bearbeitungsdauer. Ein Lärmschutznachweis ist immer erforderlich.

### Anforderungen an den Lärmschutz

Das Vorsorgeprinzip gemäss Umweltschutzgesetz und die Planungswerte der entsprechenden Empfindlichkeitsstufe gemäss Lärmschutzverordnung sind einzuhalten. Für den Lärmschutznachweis stehen kantonale Berechnungsformulare zur Verfügung. Im Lärmschutznachweis wird bei der Ermittlung des Beurteilungspegels  $L_{r,n}$  im Vergleich zu den Vorgaben des Cercle Bruit zusätzlich ein Vorsorgewert (maximaler  $L_{eq}$ -Wert während der Nachtperiode) verlangt. Es können auch der Schallrechner der FWS oder die Formulare des Cercle Bruit verwendet werden, wenn die Vorsorgewerte korrekt berücksichtigt werden (Einhaltung des  $L_{eq}$ -Wertes in der Nacht: 35 dB(A) in der ESIII und 30 dB(A) in der ESII).

Bei Wärmepumpen im Gebäudeinnern ist zusätzlich auf die Einhaltung der Vorgaben zur Begrenzung des Innenlärms (SIA-Norm 181) und die Vermeidung der Übertragung von abgestrahltem Körperschall und Erschütterungen zu achten.

### Anforderungen an die Energieeffizienz

Es gibt keine kantonalen oder städtischen, gesetzlichen, energierelevanten Anforderungen an Luft/Wasser-Wärmepumpen.

### Anforderung an die Gestaltung

Die gestalterische Beurteilung von im Aussenbereich aufgestellten Wärmepumpen erfolgt einzelfallweise anhand der gesetzlichen Vorschriften (vgl. insbesondere § 238 PBG). Vertiefte Abklärungen sind namentlich notwendig, wenn Wärmepumpen in inventarisierten oder unter Schutz gestellten Gärten aufgestellt werden sollen.

## Informationen und Beratung

- Webseiten; Beratung per E-Mail, telefonisch und persönlich
- Amt für Baubewilligungen; Kreisarchitektinnen und Kreisarchitekten
- Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) – Lärmschutz und Energie
- Amt für Städtebau, Architektur & Stadtraum – gestalterische Aspekte
- Amt für Städtebau, Denkmalpflege - gestalterische Aspekte bei geschützten Objekten
- Grün Stadt Zürich
- Feuerpolizei

### 7.2.1 Ordentliches Baubewilligungsverfahren

Für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen und lärmschutztechnisch komplexe Fälle innen aufgestellter Luft/Wasser-Wärmepumpen (Lärmschutznachweis LN 1b) wird ein ordentliches Baubewilligungsverfahren mit Publikation des Baugesuchs durchgeführt. Bei Bedarf werden neben dem UGZ auch das Amt für Städtebau und Grün Stadt Zürich zur Beurteilung architektonischer, gestalterischer und denkmalpflegerischer Belange einbezogen. Die Vorprüfung des Gesuchs dauert maximal 3 Wochen, das Baubewilligungsverfahren ist in der Regel nach höchstens weiteren 2 Monaten abgeschlossen.

#### Einzureichende Unterlagen

- Formular: Baugesuchsformular A, B
- Formular: Lärmschutznachweis Wärmepumpe, LN 1a (einfach) oder LN 1b (komplex). Es kann auch ein vergleichbares Formular für den Lärmschutznachweis verwendet werden. Die Vollständigkeit und Richtigkeit des Lärmschutznachweises kann durch Berechtigte für die Private Kontrolle bestätigt werden.
- Datenblatt der Wärmepumpe (Hersteller) mit massgebenden Schallpegeln Nacht max. (Schalleistungspegel oder Schalldruckpegel mit Angabe des Abstandes).
- Situationsplan mit Eintragung des Standorts der Wärmepumpe und der massgebenden Immissionsorte.
- Dokumentation zusätzlicher individueller Schallschutzmassnahmen (z. B. Lärmschutzwand, Lärmschutzhaube), falls vorgesehen
- Ansichtspläne, falls Veränderungen an Fassaden vorgenommen werden
- Für die zusätzlich erforderliche technische Bewilligung einzureichen: Formular: Gesuch / Installationsattest für Erstellung, Umbau und Betrieb von wärmetechnischen Anlagen oder stationären Verbrennungsmotoren (WTA-Formular)

### 7.2.2 Vorschläge der Autoren zur Weiterentwicklung des Bewilligungsverfahrens

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.

Der höhere Aufwand und die längere Bearbeitungsdauer können zur Folge haben, dass beim Ersatz eines Wärmeerzeugers mit fossilem Energieträger eine Luft/Wasser-Wärmepumpe nicht zum Einsatz

kommt - auch wenn dies technisch möglich wäre - und erneut ein Wärmeerzeuger mit fossilem Energieträger eingebaut wird. Die Einführung der MuKE n 2014 im Kanton Zürich ab ca. 2020 wird voraussichtlich dazu führen, dass auch das Bewilligungsverfahren für Wärmeerzeuger mit fossilen Energieträgern angepasst wird.

Bei einer Weiterentwicklung und Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens muss für die gute Akzeptanz von Luft/Wasser-Wärmepumpen die Integration ins Stadtbild und die Bedeutung des Lärmschutzes beachtet werden. Die Qualität der Lärmschutznachweise muss sichergestellt sein. Im Folgenden werden Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung des Bewilligungsverfahrens dargestellt:

- **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 eines Prozesses in der Stadtverwaltung zur Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens**
- **Gute Qualität der Gesuchsunterlagen fördern**  
Durch gutes Informations- und Schulungsangebot für Gesuchsstellende und Berechtigte der Privaten Kontrolle den Beratungs- und Prüfaufwand in den Behörden gering halten;  
z. B. Erstellung einer Wegleitung/Checkliste «Bewilligung von Luft/Wasser-Wärmepumpen» für Gesuchsstellende; Musterdossier; GIS-Integration für Luft/Wasser-Wärmepumpen Lärmschutznachweis; softwareunterstützte Plausibilitätsprüfung elektronischer Nachweisunterlagen (z. B. Abgleich Projektadresse mit Empfindlichkeitsstufen in GIS; Abgleich Gerätedaten mit FWS-Datenbank; Plausibilität des Schalleistungspegels für angegebene Heizleistung); Informationen zur Bewilligung im Internet bündeln und gut auffindbar machen.
- **Lärmschutznachweis der FWS für die Stadt Zürich nutzbar machen**  
Für den Lärmschutznachweis für Luft/Wasser-Wärmepumpen in der Stadt Zürich im Lärmschutznachweisformular auf der Website der FWS den zusätzlichen Vorsorgewert der Stadt Zürich integrieren, um dieses in der Stadt Zürich nutzen zu können.
- **Informationen für Bauherrschaften zu Luft/Wasser-Wärmepumpen erarbeiten**  
Fokus auf den Ersatz von Wärmeerzeugern mit fossilen Energieträgern legen; Bauherrschaften zur Planung des Wärmeerzeugerersatzes motivieren; Hinweise auf die mögliche Förderung mittels 2000-Watt-Beiträgen durch ewz [EWZ2018].

### 7.3 Berücksichtigung der gestalterischen Integration im Bewilligungsprozess

Luft/Wasser-Wärmepumpen können im Gebäude oder ausserhalb von Gebäuden aufgestellt werden. Für das Stadtbild ist bei der Aufstellung von Luft/Wasser-Wärmepumpen von Bedeutung, ob der Aufstellort, die Wärmepumpe oder technische Elemente (z. B. Luftgitter) vom öffentlichen Raum aus sichtbar sind. Falls dies nicht der Fall ist, hat die Aufstellung keine Auswirkungen auf das öffentliche Stadtbild. Hierbei sind auch Sichtbeziehungen bei Höhenunterschieden in der Topografie zu beachten. Das Kriterium der Sichtbarkeit vom öffentlichen Raum aus wird in folgender Abbildung 78 und Tabelle 18 dargestellt. Demnach lassen sich für dieses Kriterium verschiedene Bereiche am Gebäude definieren.

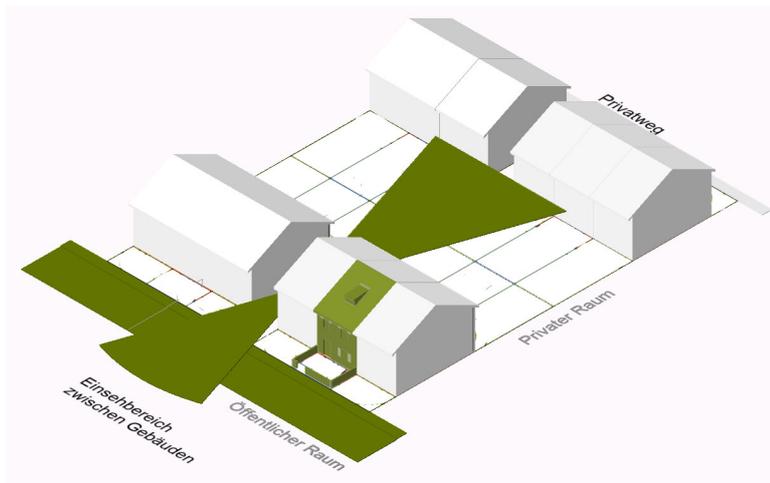


Abbildung 78: Einsehbarkeit vom öffentlichen Raum.

Aufstellort der LW-WP vom öffentlichen Raum (z. B. Gehweg) aus ...			
verborgen	...nicht sichtbar - innen aufgestellt (Keller / Dach) - aussen aufgestellt Privatgarten	Anspruch Integration Stadtbild	tief
	...nicht sichtbar - Vorgarten / Seitenzone / Privatgarten - hinter vorhandenen Elementen z. B. Mauer - Bepflanzung		mittel
sichtbar	...sichtbar - Gebäude / Vorgarten / Seitenzone / Privatgarten - baulich integriert		hoch
	...sichtbar - Gebäude / Vorgarten / Seitenzone - frei aufgestellt		

Tabelle 18: Einfluss der Sichtbarkeit des Aufstellortes der Luft/Wasser-Wärmepumpen vom öffentlichen Raum aus auf den Anspruch an die Integration ins Stadtbild.

Für das Bewilligungsverfahren wird bezüglich der Anforderungen zur Integration der Luft/Wasser-Wärmepumpen ins Stadtbild von den Autoren eine Einteilung drei Kategorien vorgeschlagen, die im

Folgenden erläutert werden. Massgebende Kriterien sind die Sichtbarkeit vom öffentlichen Raum aus und der baukulturelle Schutzstatus des Gebäudes. Die Einhaltung der gesetzlichen lärmschutztechnischen und energierelevanten Anforderungen ist in jedem Fall erforderlich und die Rechte Dritter müssen respektiert und gewahrt werden.

## 1. 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)

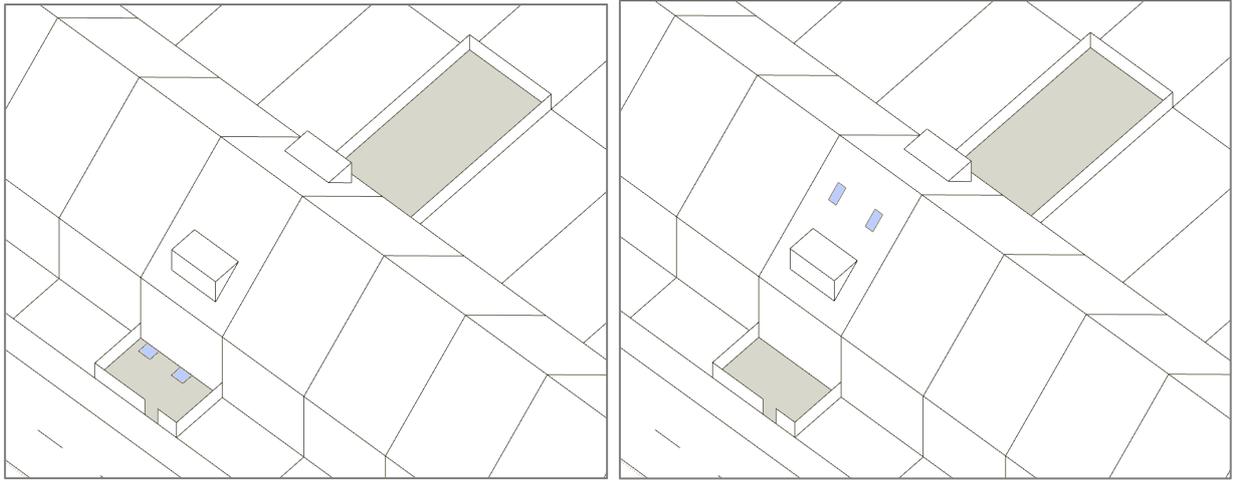
- innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen; flächenebene Gitter können vom Stadtraum aus sichtbar sein: Luftschächte bodeneben, Gitter in Aussenwand oder Dachfläche (Abbildung 79)
- räumliche Luftansaug- und -ausblaselemente, welche vom öffentlichen Stadtraum nicht sichtbar sind
- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Privatgarten, hinter dem Gebäude (Abbildung 80 links)
- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Seitengarten, verborgen hinter bestehenden Elementen (Abbildung 80 rechts)  
z. B. Garage, Mauern, Geräteschuppen, Bepflanzung
- evtl. aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Vorgarten verborgen hinter bestehenden Elementen

### **Bewilligungsverfahren vereinfacht / beschleunigt ohne Publikation**

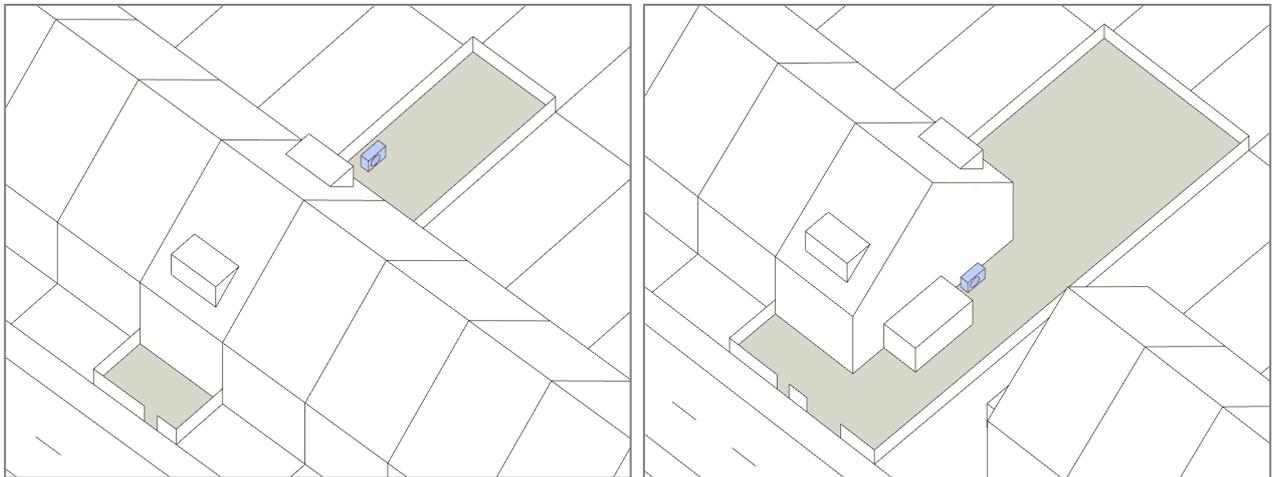
#### **z. B. technische Bewilligung oder Meldeverfahren**

Gesuch/Meldung durch Installateur

Beurteilung in Zürich durch UGZ und Feuerpolizei, in Basel durch AUE



**Abbildung 79: Vom öffentlichen Stadtraum aus sichtbare Luftgitter innen aufgestellter Luft/Wasser-Wärmepumpen im Erdgeschoss (links) und Dachbereich (rechts).**



**Abbildung 80: Vom öffentlichen Stadtraum aus nicht sichtbare aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Privatgarten (links) und Seitengarten (rechts).**

## 2. Situation gestalterisch anspruchsvoll

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

Standardlösungen für Aufstellung und Integration

- innen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Keller / Dachbereich mit räumlichen Luftansaug- und -ausblaselementen, z. B. Lüftungskamine oder Lüftungslukarnen
- aussen aufgestellte Split-Ausseneinheiten im Dachbereich
- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Vorgarten / Seitengarten verborgen hinter neuen baulichen Elementen, welche für die Ausstattung von Gärten typisch sind, z. B. neu angelegte Mauern, Zäune
- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen im Vorgarten / Seitengarten integriert in neue bauliche Elemente, z. B. Velounterstand, Geräteschuppen (siehe exemplarisch Abbildung 52 und Abbildung 53)

**Bewilligungsverfahren vereinfacht / beschleunigt ohne Publikation  
z. B. technische Bewilligung; vereinfachtes Verfahren**

Gesuch durch Installateur

Beurteilung in Zürich durch UGZ und Feuerpolizei, Kenntnisnahme durch Amt für Städtebau

Beurteilung in Basel durch AUE und Kenntnisnahme durch Stadtbildkommission

## 3. Situation gestalterisch sehr anspruchsvoll

Generell für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen oder andere räumliche technische Elemente bei Bauten und Gärten mit Schutzanforderungen: denkmalgeschützt, inventarisiert, in Kern- oder Quartiererhaltungszonen.

Aufstellort und/oder Luft/Wasser-Wärmepumpen vom öffentlichen Stadtraum sichtbar

Individuelle Lösung für Aufstellung und Integration

- aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen frei aufgestellt im Vorgarten / Seitengarten

**Ordentliches Baubewilligungsverfahren mit Publikation**

Eingabe durch Installateur und allenfalls Fachperson Gestaltung (Empfehlung)

Beurteilung in Zürich durch Amt für Baubewilligungen, Amt für Städtebau, UGZ und Feuerpolizei

Beurteilung in Basel durch Bau- und Gastgewerbeinspektorat, Stadtbildkommission und AUE

Es wird empfohlen einen Leitfaden mit Standardlösungen und Beispielen für die Situationen 1 und 2 zu erarbeiten. Hierin können u.a. Angaben zu maximal zulässigen Dimensionen von Luftansaug- und -ausblaselementen, Geräteabmessungen, sowie gestalterische Vorgaben enthalten sein.

## 8 Empfehlungen

Für die Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext werden von den Autoren an Hersteller und Behörden folgende Hinweise und Empfehlungen gegeben.

Hersteller: Hinweise für die Entwicklung stadtverträglicher Luft/Wasser-Wärmepumpen

- 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 Geräteschalldaten 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 vorgefertigte Elemente für den Luftansaug und Luftausblas weiterentwickeln.

Behörden: Empfehlungen zur Bewilligungspraxis

- Bewilligungsverfahren vereinfachen und beschleunigen; gleichzeitig Lärmschutz und gute gestalterische Integration sicherstellen.
- Start bzw. Weiterführung eines Prozesses in der Verwaltung zur Vereinfachung des Bewilligungsverfahrens
- Informationen und Formulare zur Bewilligung von Luft/Wasser-Wärmepumpen für Bauherren und Unternehmer auf einer Website zusammenstellen oder verlinken. Dies kann für die Behörden den Beratungsaufwand reduzieren, die Qualität der Gesuche erhöhen und die Bearbeitungszeit für die Prüfung und Bewilligung der Gesuche senken.
- Planungshilfen und Tools für Gesuchssteller zur Verfügung stellen. Z. B. Checklisten, Musterdossier, GIS-Integration für Luft/Wasser-Wärmepumpen Lärmschutznachweis.
- Leitfaden mit Standardlösungen für die gestalterische Integration erarbeiten.
- Schweizweite Harmonisierung der Bewilligungspraxis.

## 9 Literaturangaben

- [2009/125/EG] Amtsblatt L 285/10 der Europäischen Union; Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Neufassung); Brüssel BE; Okt. 2009
- [EG/813/2013] Amtsblatt L 239/136 der Europäischen Union; Verordnung (EU) Nr. 813/2013 der Kommission vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Raumheizgeräten und Kombiheizgeräten; Brüssel BE; Sep. 2013
- [BFE2018] Informationen des Bundesamt für Energie BFE zur Energiestrategie 2050 <http://www.bfe.admin.ch/energiestrategie2050/index.html>; zuletzt abgerufen am 01.02.2018
- [BS2018] Informationen zur Motion André Auderset und Konsorten betreffend Senkung Bewilligungshürden für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen [http://www.grosserrat.bs.ch/de/geschaefte-dokumente/datenbank?such\\_kategorie=1&content\\_detail=200108872](http://www.grosserrat.bs.ch/de/geschaefte-dokumente/datenbank?such_kategorie=1&content_detail=200108872)
- [CercleBruit2013] „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](http://www.cerclebruit.ch/cerclebruit/a_front_d/frame-set_d.html?/cerclebruit/vollzugsordner/6/621.html); Mrz. 2013
- [Curdes1993] Curdes G.; „Stadtstruktur und Stadtgestaltung“; Kohlhammer; Stuttgart; 1993
- [Dott2014] Dott R., Afjei T., „Stadtverträgliche Luft/Wasser Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger“; FHNW Institut Energie am Bau; Muttenz; August 2014
- [Egli2013] Egli P.; „Wärmepumpen-System-Modul - Übersicht“; Vortrag an der FWS-Hersteller-Tagung am 23.10.2013; FWS; Olten; Okt. 2013
- [EHPA2014] „EHPA regulations for granting the international quality label for electrically driven heat pumps“ Version 1.5 Release 01.02.2014; European Heat Pump Association EHPA; Brüssel BE; Feb. 2014
- [EN14511:2013] „SN EN 14511:2013 - Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern für die Raumbeheizung und Kühlung“; CEN; Brüssel, BE; Nov. 2013
- [EnGBS2016] „772.100 - Energiegesetz (EnG) vom 16.11.2016“; Kanton Basel-Stadt; Nov. 2016
- [EnV2014-E2] „SR 730.01 Energieverordnung (EnV) - Entwurf 2014 vom 25.06.2014“; Bundesamt für Energie (BFE) im Auftrag des Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK); Bern; Jun. 2014
- [EnVBS2017] «772.110 Verordnung zum Energiegesetz (Energieverordnung, EnV) vom 29.08.2017 (Stand 01.10.2017)»; Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt; Basel; Okt. 2017
- [EU/2017/1369] Amtsblatt L 198/1 der Europäischen Union; Verordnung (EU) 2017/1369 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2017 zur Festlegung eines Rahmens für die Energieverbrauchskennzeichnung und zur Aufhebung der Richtlinie 2010/30/EU; Brüssel BE; Juli 2017

- [EWZ2018] ewz – Elektrizitätswerk der Stadt Zürich; finanzielle Förderung 2000-Watt-Beiträge; <https://www.ewz.ch/de/ueber-ewz/nachhaltigkeit/strategie/nachhaltige-staedte-und-gemeinden/2000-watt-beitraege.html>
- [EZS2018] Forster R., Varga M.: „Städtevergleich: aktuelle Bewilligungspraxis von Luft-Wasser-Wärmepumpen und Optimierungsmöglichkeiten für den Kanton Basel-Stadt“; Bericht zuhanden des Bau- und Gastgewerbeinspektorats Basel-Stadt; Energie Zukunft Schweiz; Basel; Mai 2018
- [FWS2014b] Detaillierte Informationen der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS zum Wärmepumpen-System-Modul; <http://www.fws.ch/waermepumpen-system-modul.html>; zuletzt abgerufen am 13.02.2014
- [FWS2014c] Darstellung der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS zu Wärmepumpen und Strom; <http://www.fws.ch/waermepumpen-und-strom.html>; zuletzt abgerufen am 13.02.2014
- [FWS2017] Schalldaten-Verzeichnis der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS; <http://www.fws.ch/verzeichnis.html>; zuletzt abgerufen am 21.11.2017
- [Gasser2011] Gasser L., Wyssen Y., Albert M., Häusermann M., Kleingries M. und Wellig B.; „Effiziente Luft/Wasser-Wärmepumpen durch kontinuierliche Leistungsregelung“; Bundesamt für Energie BFE; Bern, Dez. 2011
- [Genkinger2014] Genkinger A., Afjei T.; „EU Ökodesign von Wärmepumpen – Eine Übersicht zum aktuellen Stand“; FHNW Institut Energie am Bau; Muttenz; November 2014
- [GeoportalBasel] <https://map.geo.bs.ch/>, Geoportal Kanton Basel-Stadt
- [GoogleMaps] <http://maps.google.ch>, Bilder aus Quartieren mit Anwendungspotenzial von Luft/Wasser-Wärmepumpen in den Stadtgebieten Zürich und Basel
- [Grabherr2013] Michael Grabherr; „Wärmepumpen – kaum zu hören“; Vortrag am FWS-Update2013 am 12.11.2013; Mons Energy GmbH; Spreitenbach; Nov. 2013
- [Jakob2016] Jakob M., Catenazzi G., Nägeli C., Sunarjo B.; „Aktuelle und zukünftige thermische Energienachfrage in der Stadt Zürich“; Kurzbericht zur Dokumentation der im Rahmen des update 2015 am Konzept Energieversorgung 2050 vorgenommenen Änderungen am Gebäudeparkmodell der Stadt Zürich und zu den verwendeten Grundlagen und Annahmen; Stadt Zürich, Zürich; Juni 2016
- [KatasterZürich] <https://www.maps.stadt-zuerich.ch/zueriplan3/Katasterauskunft.aspx>, Katasterauskunft Stadt-Zürich
- [KBOB2016] KBOB Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016; Exel-Datei; [https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten\\_baubereich.html](https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html) zuletzt aufgerufen am 02.02.2018
- [Kunz2008] Peter Kunz et al.; "Handbuch Wärmepumpen: Planung, Optimierung, Betrieb, Wartung"; Bundesamt für Energie; Bern; 2008
- [LSV2010] „SR 814.41 Lärmschutz-Verordnung (LSV)“ vom 15. Dezember 1986 (Stand am 1. August 2010); Der Schweizerische Bundesrat; Bern; 2010
- [MuKE2014] „Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) Ausgabe 2014“; Konferenz Kantonalen Energiedirektoren EnDK; Bern; Jan. 2015
- [OKI2014] „Kriterien für eine stadtverträgliche Luft-Wasser-Wärmepumpe“; Organisation Kommunale Infrastruktur OKI; Bern; Nov. 2014

- [SZ2016] «Masterplan Energie der Stadt Zürich»; Stadt Zürich – Departement der Industriellen Betriebe - Energiebeauftragter; Zürich; Juli 2016
- [SZ2016a] «Planungsbericht Energieversorgung - Kommunale Energieplanung der Stadt Zürich, Überarbeitung 2014 bis 2016»; Stadt Zürich – Departement der Industriellen Betriebe - Energiebeauftragter; Zürich; Dez. 2016
- [SZ2017] «Roadmap 2000-Watt-Gesellschaft»; Stadt Zürich – Gesundheits- und Umweltdepartement – Umwelt- und Gesundheitsschutz; Zürich; März 2017
- [Topten.ch] Nipkow, Bush, Josephy, Berger-Wey; „Auswahlkriterien Wärmepumpen“ - Beschreibung der Kriterien für energieeffiziente Wärmepumpen auf <http://www.topten.ch>; TopTest GmbH; Zürich; Apr. 2014
- [Topten2018] <https://www.topten.ch/private/page/uber-uns>, zuletzt aufgerufen am 6.9.2018
- [UGZ2017] Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich; Dettbarn, D.; 8. 12 2017; E-Mail
- [Völkel2004] Völkel G., Baschnagel K., Hubacher P.; „Schallschutz bei der Aufstellung von Wärmepumpen“; Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS; Bern; Mai 2004
- [WPesti] „Jahresarbeitszahl Wärmepumpen: Berechnungsprogramm WPesti (Version: 8.1.0) zur Abschätzung der JAZ von Wärmepumpen mit einem einfachen Excel-Blatt.“; EnDK; Bern; Mrz. 2014
- [WPZ2013] Mick Eschmann; „WPZ-Bulletin Ausgabe 02-2013“ Informationsblatt des Wärmepumpen-Testzentrums Buchs; Buchs, CH; Aug. 2013
- [ZH2012] «Dichter»; Stadt Zürich – Hochbaudepartement – Amt für Städtebau; 2012 (3. Auflage 2015)
- [ZH2014] «Vision Energie 2050 (Überprüfung 2014)»; Kanton Zürich – Baudirektion – Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft; Zürich; Dez. 2014 (2. Auflage Apr. 2015)
- [ZH2017] «Energieplanungsbericht 2017»; Kanton Zürich Regierungsrat; Zürich; Jan. 2018

## A. Schall- und Lärmbeurteilung

Diese Aufstellung der Grundlagen für die Schall- und Lärmbeurteilung wurde aus [Dott2014] Anhang B übernommen.

### A.1 Schall

Vibrationen irgendwelcher Art können über die Luft oder andere Medien - Festkörper, Flüssigkeiten, andere Gase - als mechanische Schwingungen an die Umwelt übertragen werden. In den Medien wird die Vibration in Form von Schall übertragen, wobei man zwischen Schall in Gasen und Schall in festen Medien - Körperschall - unterscheidet.

### A.2 Wärmepumpen als Schallquellen

Die Hauptschallquelle bei Luft/Wasser-Wärmepumpen sind meist der Kompressor und der Ventilator, welche Körperschall aussenden aber auch indirekt Luftschall im Lüftungskanal erzeugen. Der Schall wird dann über den Lüftungsschacht oder Luftauslass an die Umwelt abgegeben. Weitere Schallquellen sind Umwälzpumpen. Bei Aussenanlagen auf festem Grund ist der Körperschall oft vernachlässigbar, in Gebäuden kann der Körperschall jedoch über Anschlüsse und Befestigungen an das Gebäude übertragen werden. Eine weitere Schallquelle sind Strömungsgeräusche der Luft, welche vorwiegend an Luftdurchlässen respektive Kanten in der Luftführung entstehen.

### A.3 Schalleistungspegel

Jeder Schallquelle kann eine Grösse zugeordnet werden, welche quantifiziert, wie viel Energie über den Schall abgegeben wird. Diese Grösse ist der sogenannte Schalleistungspegel und sie wird in der typischen Einheit für akustische Grössen angegeben, dem Dezibel: dB. Das Dezibel ist eine logarithmische Einheit; eine Erhöhung des Schalleistungspegels um 10 dB entspricht einer Verzehnfachung der Schalleistung in Watt.

Der Schalleistungspegel kann nicht direkt gemessen werden, sondern muss aus Messresultaten des Schalldruckpegels berechnet werden. Falls die Schallquelle in alle Richtungen gleich viel Schall ausstrahlt, kann an einem Punkt in einem gewissen Abstand die Leistung gemessen werden und mit der Fläche einer Kugel, in deren Zentrum die Quelle steht und auf deren Oberfläche die Leistung gemessen wird, multipliziert werden. Strahlt die Quelle nicht gleichmässig in alle Raumrichtungen ab, muss die Leistung für jeden Punkt einer geschlossenen Oberfläche um die Quelle gemessen oder abgeschätzt werden.

### A.4 Schalldruckpegel

Der Schalldruckpegel ist die mit Mikrofonen messbare Grösse des Schalldrucks bezogen auf einen Referenzwert. Er ist eine rein technische, keine psychoakustische Grösse.

Für die Stärke des Schalls sind der Abstand von der Quelle sowie die Umgebung wichtig. Breitet sich Schall kugelförmig aus, wie beispielsweise im Freien, so nimmt seine Stärke quadratisch mit dem Abstand zur Quelle ab, da eine konstante Energie über eine mit dem Abstand quadratisch wachsende Oberfläche verteilt werden muss. Ist der Schall jedoch gerichtet und breitet sich beispielsweise in einer Röhre oder einem Gang aus, bleibt die Schallfront relativ konstant. Die Oberfläche, über die sich die Energie verteilen muss, bleibt also gleich und die Schallstärke nimmt kaum ab.

Schall kann auch reflektiert werden oder sich um Ecken beugen, wobei ersteres dafür sorgt, dass die Schallstärke direkt vor einer Wand, an der Schall reflektiert wird, grösser ist, da der einkommende und

der reflektierte Schall sich überlagern; letzteres sorgt dafür, dass es hinter einem Hindernis zwar leiser, aber nicht komplett still ist.

Die Energie, welche der Schall transportiert, wird auch in andere Energieformen umgewandelt, wodurch sich die Schallstärke vermindert. In Dämmmaterialien oder speziellen geometrischen Objekten (vgl. Eierschachtel) wird Schallenergie in Wärme umgewandelt, um die Schallstärke zu verkleinern.

Was wir an einem bestimmten Ort für eine Schallstärke messen können, hängt also von vielen Faktoren ab. Die Grösse, die man durch eine Messung bestimmen kann, ist der Schalldruckpegel, der wieder in dB ausgedrückt wird und direkt gemessen werden kann. Kann der Schalldruckpegel nicht gemessen werden, so lässt er sich im Freien nach folgender Formel abschätzen:

$$L_{pa} = L_{wa} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4\pi d^2}\right)$$

Hierbei ist  $L_{pa}$  der Schalldruckpegel,  $L_{wa}$  der Schalleistungspegel,  $Q$  der Richtfaktor, welcher die Umgebung der Schallquelle einbezieht und  $d$  der Abstand zur Quelle.  $Q$  nimmt Werte von 2 (auf offener Fläche), 4 (an einer Wand) und 8 (in einer Ecke) an unter der Annahme, dass die Oberflächen perfekt reflektieren.

## A.5 A-Bewertung

Der Schalldruckpegel ist jedoch wie der Schalleistungspegel eine rein physikalische Grösse, der wenig darüber aussagt, wie der Schall von einem Menschen wahrgenommen wird. Für die Wahrnehmung ist insbesondere das Frequenzspektrum entscheidend: Gewisse Frequenzen werden vom Menschen besser wahrgenommen als andere, was mit dem Aufbau des Ohrs und Innenohrs zu tun hat. Um diese psychoakustische Komponente in Messwerten zu berücksichtigen, wird der Schalldruckpegel A-bewertet:

Je nach Frequenz wird der Schalldruckpegel angehoben oder abgesenkt, um so der Wahrnehmung des Menschen gerecht zu werden. Dabei werden vor allem tiefe Frequenzen - bis etwa 1 kHz - abgesenkt und Frequenzen um 2 kHz leicht erhöht. Das Resultat dieser Modulation ist der A-bewertete Schalldruckpegel, der in dB(A) ausgedrückt wird.

## A.6 Beurteilungspegel

Der Beurteilungspegel ist die entscheidende Grösse für die Beurteilung, wie störend Schallquellen sind.

Der Beurteilungspegel  $L_r$  wird nach folgender Formel berechnet [LSV2010] Anhang 6, 31:

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + K_t$$

Der erste Term,  $L_{eq}$ , ist der sog. Mittelungspegel. Der Mittelungspegel ist ein A-bewerteter Schalldruckpegel, wobei der Schalldruckpegel in der Mitte des offenen Fensters lärmempfindlicher Räume gemessen wird.

Die K-Terme sind jeweils Pegelkorrekturen aufgrund von äusseren Umständen:

$K1$  ist die Pegelkorrektur für die Art des Industrie- und Gewerbelärms. Bei Wärmepumpen beträgt die Korrektur 5 dB(A) bei Tagbetrieb und 10 dB(A) bei Nachtbetrieb.

$K2$  ist die Pegelkorrektur für die Tonhaltigkeit, welche bei neueren Wärmepumpen in der Regel bei 2 dB(A) liegt.

$K3$  ist die Pegelkorrektur für die Impulshaltigkeit, welche jedoch bei Wärmepumpen in der Regel nicht relevant ist.

$K_t$  ist die Pegelkorrektur für die tägliche Betriebszeit. Je kürzer die Betriebszeit, desto kleiner ist der Beurteilungspegel.  $K_t$  berechnet sich wie folgt:

$$K_t = 10 \cdot \log\left(\frac{t_i}{t_0}\right)$$

Wobei  $t_i$  die durchschnittliche tägliche Dauer der Lärmphase  $i$  in Minuten ist und für den Tag und die Nacht getrennt berechnet wird.  $t_0$  beträgt dabei 720 Minuten oder 12 Stunden. Da  $t_i$  nicht grösser sein kann als  $t_0$  ist  $K_t$  immer ein negativer Wert oder bei Dauerbetrieb Null.

## B. EU-Ecodesign-Richtlinie - Detailhinweise

In diesem Anhang wird ergänzend zu Kapitel 2.5.1 auf Details der EU Ecodesign-Richtlinie eingegangen.

Die Ermittlung der Primärenergieeffizienz  $\eta_s$  aus den SCOP-Werten wird im Folgenden erläutert. Für die Umrechnung der elektrischen Energie auf Primärenergie wird ein Umrechnungsfaktor von  $CC = 2.5$  festgelegt<sup>11</sup>. Mit einem pauschalen Abzug für die Güte des Wärmepumpenreglers gilt normgemäss [EN14825]:

$$\eta_s = \frac{1}{CC} \times SCOP - 0,03$$

In technischen Unterlagen wird meist der SCOP angegeben, die Zuordnung zu  $\eta_s$  ist gemäss obiger Formel aber uneindeutig. Abbildung 81 illustriert das Zustandekommen des SCOP: In der zugrundeliegenden Prüfnorm EN 14825 sind feste Heizkurven für verschiedene Anwendungsfälle (z. B. Fussbodenheizungen, Radiatorheizungen) definiert (Abbildung 81). An einigen Punkten auf diesen Kurven wird das Gerät geprüft (COP). Diese Prüfmessungen werden zusammen mit einem ebenfalls festgelegten Referenzklima (Strassburg/FR) zu einer saisonalen Effizienz, dem SCOP, verrechnet. In der Abbildung dargestellt sind diese Prüfpunkte nach EN 14825 für die genannten Anwendungsfälle sowie zum Vergleich diejenigen nach EN 14511 dargestellt. Tabelle 19 zeigt einen Vergleich der Klimasituationen in Basel, Zürich und Strassburg anhand akkumulierter Temperaturdifferenzen zur Basistemperatur 12 °C ( $ATD_{12}$ ) gemäss Norm SIA 380:2015 sowie das Jahresmittel der Aussenlufttemperatur am jeweiligen Standort. Es zeigt sich, dass die Daten von Strassburg recht gut eine durchschnittliche Situation zwischen Basel und Zürich darstellen.

	$ATD_{12}$	Aussenlufttemperatur-Mittelwert
Basel-Binnigen	1415	10.5 °C
Zürich (Fluntern)	1596	9.6 °C
Strassburg	1325	11.0 °C

**Tabelle 19: Vergleich klimatische Bedingungen Basel, Zürich und Strassburg (F) anhand akkumulierter Temperaturdifferenzen ( $ATD_{12}$ ) und Jahresmittelwerten der Aussenlufttemperaturen. Basisdaten: Meteonorm v6.1, Zeitperiode 1996 – 2005.**

SCOP-Angaben entsprechen zwar im weiteren Sinne einer Jahresarbeitszahl ( $JAZ_h$ ), sind aber nicht direkt mit dem Ergebnis einer  $WP_{esti}$  Berechnung vergleichbar. Unterschiede ergeben sich insbesondere aus (leicht) abweichendem Klima, anderen Systemgrenzen sowie Bestimmung der Austrittstemperatur der Wärmepumpe im Teillastbetrieb (Temperaturüberhöhung gegenüber der Heizkurve durch on/off-Betrieb). Bei einem Beispielgerät für ein Einfamilienhaus mit  $SCOP = 4.6$  (35 °C) resp.  $SCOP = 3.8$  (55 °C) ergibt eine  $WP_{esti}$ -Berechnung eine Jahresarbeitszahl im Heizbetrieb von  $JAZ_h = 4.0$  (Auslegung 35/30) resp. 3.1 (Auslegung 55/47). Im kritischsten Teillast-Normprüfpunkt (A12) beträgt die Wärmepumpen-Austrittstemperatur nach EN 14825 38.3 °C, während  $WP_{esti}$  mit 59.5 °C rechnet. Entsprechend ergeben  $WP_{esti}$ -Berechnungen stets tiefere Effizienzkennzahlen.

<sup>11</sup> Stand 2018. Der Wert wird regelmässig angepasst, eine Absenkung auf 2.1 ist bereits vorgesehen.

Warmwasser-Geräte müssen nach EN 16147 zusammen mit einem Speicher geprüft werden. Für die typische Kombination Wärmeerzeuger mit Warmwasserspeicher wird dies üblicherweise nicht durchgeführt<sup>12</sup>. Als nächst-greifbare Kennzahl für den Warmwasserbetrieb muss deshalb auf den Raumheizungs-SCOP bei 55 °C Auslegungs-Vorlauftemperatur zurückgegriffen werden. Als Alternative kämen einzelne COP-Werte (z. B. A-7/W52) «entlang» der Heizkurve in Frage.

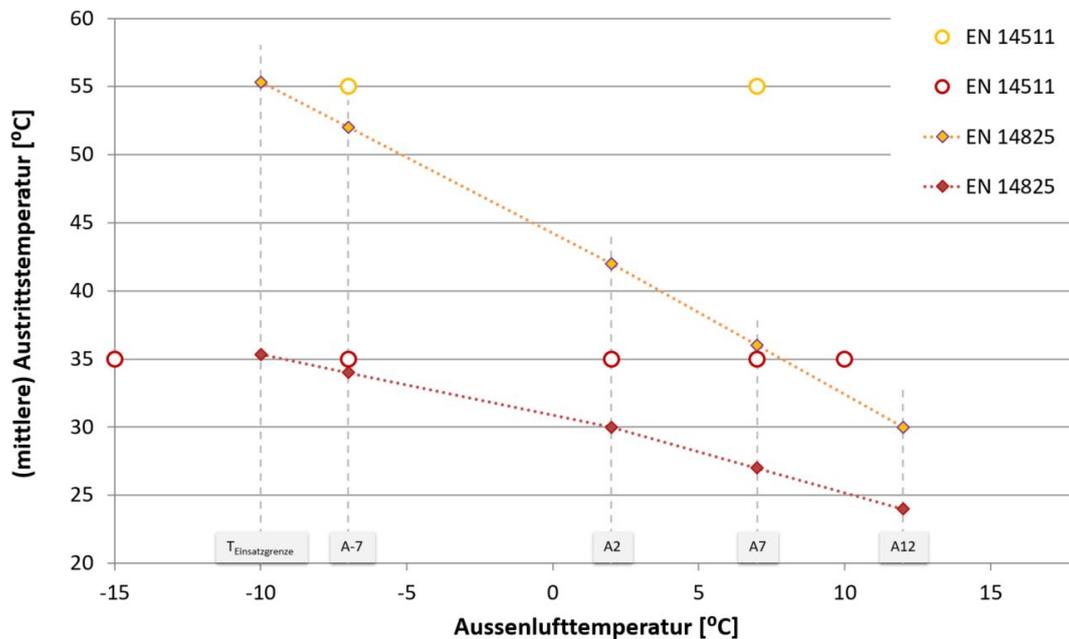


Abbildung 81: Gängige Prüfpunkte nach EN14511 und EN14825. Die Norm EN 14825 definiert Prüfpunkte welche eine Heizkurve repräsentieren (punktete Linien).

Für Details dazu sei auf [Dott2014] und [Genkinger2014] verwiesen.

Die aktuellen energetischen Anforderungen an die Marktzulassung von Heizgeräten stellt Abbildung 82 dar. Die Anforderungen an Wärmepumpen sind in der Abbildung rechts dargestellt, Niedertemperaturwärmepumpen («WP 35 °C») müssen mindestens die Primärenergieeffizienz<sup>13</sup>  $\eta_s = 125\%$  erreichen, Wärmepumpen («WP 55 °C») 110 %. Wärmepumpengeräte finden sich daher ausschliesslich in den Effizienzklassen A+ oder besser<sup>14</sup>.

Abbildung 83 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Klasse aktueller Wärmepumpen-Heizgeräte – basierend auf einer Auswertung von topten-Daten – für Niedertemperatur-Anwendung. Die Anforderungen an die Marktzulassung sind tief, sodass eine übergrosse Anzahl an Geräten eine Klasse oberhalb der Minimalanforderungen erreichen<sup>15</sup>. Die Klassenteilung wird in absehbarer Zukunft im Rahmen der EU Verordnung EU/2017/1369 für sämtliche darin geregelten Produktgruppen auf A – G reskaliert, die hier betrachteten Raumheizungen werden aber frühestens 2026 davon betroffen sein [EU/2017/1369].

<sup>12</sup> Entsprechend werden meist reine Warmwasser-Wärmepumpen so gemessen. In der Kombination mit «Beistellspeicher» gilt die angegebene Effizienz jeweils nur für genau die gemessene Kombination.

<sup>13</sup> In den Gesetzestexten wird der Begriff «Jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz» verwendet.

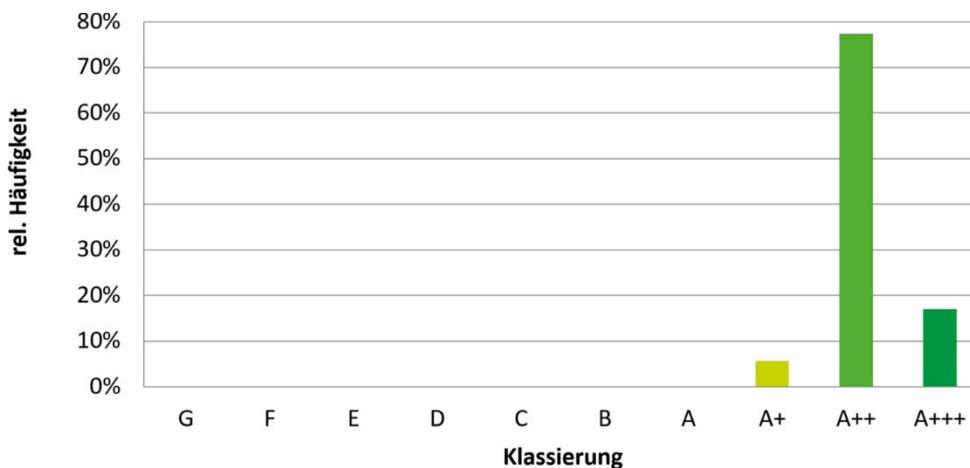
<sup>14</sup> Dieser Umstand ist auch der ursprünglichen Absicht geschuldet, dass nur Geräte, welche erneuerbare Energien nutzen, in den «grünen» Bereich fallen sollen.

<sup>15</sup> Die Auswertung ist dahingehend etwas verzerrt, als dass lediglich topten-Geräte ausgewertet sind. Diese erfüllen höhere energetische Anforderungen. Trotzdem fallen auch hier lediglich 4 von 118 Geräten in die Klasse A+.

Klasse	$\eta_s$ für Klasse	WP 55 °C						WP 35 °C		Klasse
		(B1) ≤10/30 kW*	Brenner ≤70 kW	70 - 400 kW	WKK	Elektrisch	WP 55 °C	$\eta_s$ für Klasse	Klasse	
A+++	≥ 150%								≥ 175%	A+++
A++	≥ 125%								≥ 150%	A++
A+	≥ 98%								≥ 123%	A+
A	≥ 90%			P = 30 %					≥ 115%	A
B	≥ 82%								≥ 107%	B
C	≥ 75%								≥ 100%	C
D	≥ 36%								≥ 61%	D
E	≥ 34%								≥ 59%	E
F	≥ 30%								≥ 55%	F
G	< 30%								< 55%	G

\*Typ B1 Boiler ≤ 10 kW / Typ B11 Kombiboiler ≤ 30 kW

**Abbildung 82: Klasseinteilungen und Mindestanforderungen von Heizkesseln und Wärmepumpen („WP 55 °C“) (linke Skala) zur Marktzulassung resp. Energiekennzeichnung aller Wärmeerzeugerarten gemäss EU Verordnungen 811/2013 und 813/2013. Für Niedertemperatur-Wärmepumpen („WP 35 °C“) gilt eine spezielle Einteilung (Skala rechts).**



**Abbildung 83: Häufigkeitsverteilung der Energieeffizienz-Klassifizierung aktueller Wärmepumpen. Luft/Wasser-Wärmepumpen, Niedertemperatur-Anwendung. Datenbasis: [WPZ2013]**

## C. Technische Grundlagen zur Aufstellung der Geräte

Bei der Aufstellung und gestalterischen Integration von Luft/Wasser-Wärmepumpen müssen die technischen Vorgaben der Hersteller berücksichtigt werden, um einen störungsfreien Betrieb der Luft/Wasser-Wärmepumpen zu gewährleisten.

Hierbei sind Mindestabstände für Wartungstätigkeiten zu beachten. Zudem müssen im Lufteintritts- und Luftaustrittsbereich um das Gerät Flächen nach Angaben der Hersteller freigehalten werden (Beispiel Abbildung 84). Je nach Gerät sind beim Lufteintritt ca. 0.30 m bis 1.50 m und am Luftaustritt ca. 1.00 m bis 3.00 m Mindestabstand notwendig. Der maximale Luftdurchsatz ist abhängig von der Heizleistung und liegt für die in diesem Projekt betrachteten Geräte bei ca. 2'000 bis 15'000 m<sup>3</sup>/h. Einige Hersteller empfehlen für bestimmte Geräte eine wasserdurchlässige Fläche (z. B. Kies) von 2 bis 4 m<sup>2</sup> im Luftaustrittsbereich. In diesem Bereich liegt die Lufttemperatur ca. 5 K unter der Umgebungstemperatur, wodurch mit einer frühzeitigen Vereisung gerechnet werden muss [Quelle: CTA]. Aus diesem Grund sollte der Luftaustritt nicht direkt an einer versiegelten Verkehrsfläche (z. B. Gehweg) liegen. Dies gilt bei verschiedenen Geräten auch für die Lufteintrittsseite. Für die Abtauung des vereisten Verdampfers wird die Luftrichtung in der Übergangszeit für 20 – 30 Minuten mehrmals am Tag umgekehrt.

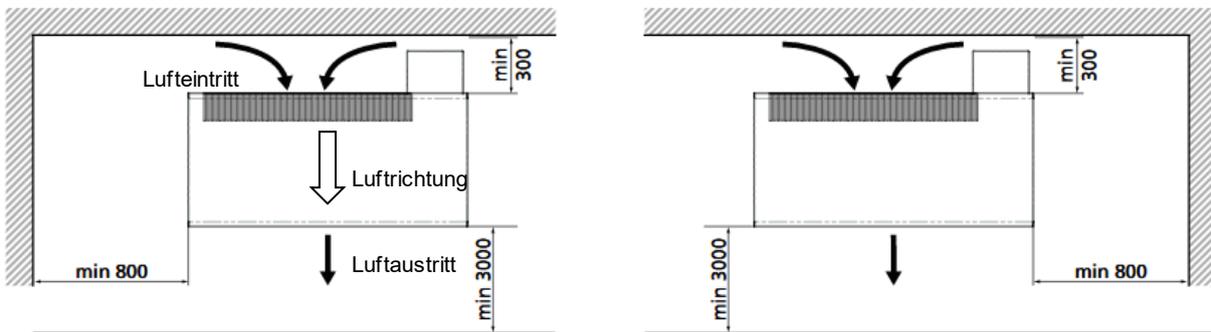


Abbildung 84: Beispiel für einen Grundriss mit Angaben gemäss Hersteller zu Mindestabständen [mm] bei der Aufstellung.  
Quelle: Heim AG

Die Geräte benötigen für die Aufstellung einen festen ebenen Untergrund in Form von Streifen- oder Plattenfundaments (Abbildung 85). Eine Wandmontage mittels Konsolen ist auch möglich. Bei der Mindesthöhe des Fundamentsockels müssen lokal typische Schneehöhen beachtet werden. Zur Vermeidung von Körperschallübertragung ans Gebäude ist eine Schallentkopplung notwendig.

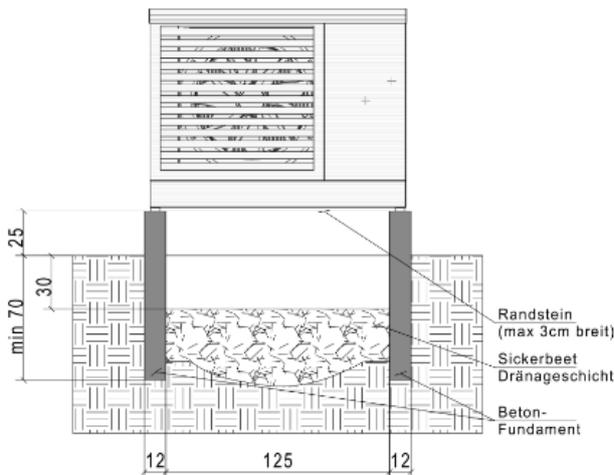
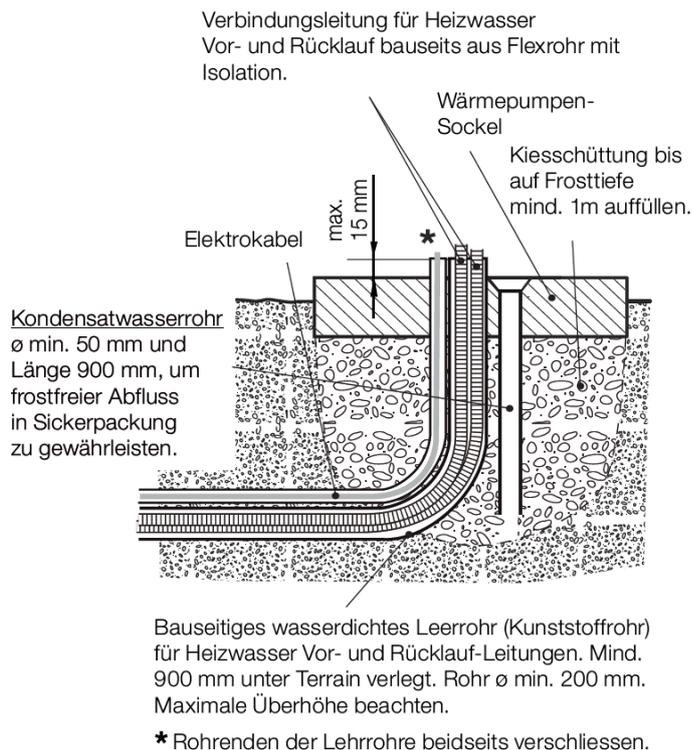


Abbildung 85: Beispiel für Angaben gemäss Hersteller zum Fundament und Foto der Luft/Wasser-Wärmepumpe. Quelle: Heim AG

Für die Geräte müssen verschiedene Anschlüsse vorgesehen werden. Neben einem Stromanschluss und einer Anschlussleitung für die Steuerung (Leerrohr min. 70 mm Durchmesser) sind Anschlüsse für den Vor- und Rücklauf (VL/RL) notwendig. Bei aussen aufgestellten Luft/Wasser-Kompaktwärmepumpen sind VL/RL der Wärmeleitungen wärmegeklämt und frostsicher auszuführen. Die wärmegeklämten VL/RL Wärmeleitungen können in einem gemeinsamen Leerrohr geführt werden, Durchmesser min. 200 mm. Der Kondensatablauf kann je nach Gerät und Untergrund durch ein frostsicher in die Sickerschicht geführtes Abflussrohr mit 50 mm Durchmesser erfolgen oder durch ein frostsicher geführtes Abwasserrohr mit Anschluss an die Gebäudeentwässerung. Exemplarisch sind die Anschlüsse für eine aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe in Abbildung 86 dargestellt.

Bei Splitgeräten werden von der Inneneinheit zur Ausseneinheit Kältemittelleitungen geführt, deren maximale Länge 20 m, in Ausnahmefällen bis 30 m betragen kann. Die Höhendifferenz zwischen Inneneinheit und Ausseneinheit ist bei Splitgeräten auf maximal 3 m bis 5 m begrenzt.



**Abbildung 86: Beispiel für Angaben gemäss Hersteller zu Anschlüssen für aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen.**  
Quelle: CTA