

Ermittlung der Geräuschemission und Möglichkeiten zur Lärminderung bei Luft-Wasser-Wärmepumpen

Sebastian Kluth¹, Christian Schulze¹, Jörn Hübel¹, Mirko Ruhnau¹, Stefan Richardt¹, Ralph Krause²,
Andreas Peusch², Christian Fabris³

¹ G. f. Akustikforschung Dresden mbH, 01307 Dresden, E-Mail: christian.schulze@akustikforschung.de

² ILK Dresden gGmbH, 01309 Dresden, E-Mail: ralph.krause@ilkdresden.de

³ Umweltbundesamt, 06844 Dessau-Roßlau, E-Mail: christian.fabris@uba.de

Einleitung

Der zunehmende Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen (LWWP) zur Kühlung und Heizung von Gebäuden führt zu einer erhöhten Lärmbelastung der Bevölkerung. Dieser Beitrag zeigt Ergebnisse einer durch das Umweltbundesamt geförderten Studie zur Entwicklung eines praxisgerechten Mess- und Bewertungsverfahrens zur Ermittlung der Geräuschemission von LWWP in situ. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Charakterisierung der dominanten Schallquellen der Geräte in Abhängigkeit vom Betriebszustand sowie den thermischen Parametern. Des Weiteren wird ein Überblick über relevante Leistungs- und Geräuschkennwerte von kommerziell erwerbbaaren LWWP gegeben.

Bauart

Die Bauart der LWWP unterscheidet sich hinsichtlich deren Aufstellung. Wärmepumpen können in Kompaktbauweise (als Integralgerät) oder in Splitbauweise ausgeführt sein. Bei Integralgeräten kann eine weitere Unterscheidung zwischen Geräten mit Kanalanschluss (Innenaufstellung) und freier Aufstellung (Außenauflistung) vorgenommen werden. Bei Splitbauweise wird der Verdampfer mit Ventilator im Allgemeinen separat im Freien aufgestellt und mittels Kältemittelleitungen mit der Inneneinheit (Kompressor mit Wärmetauscher und Umwälzpumpe) thermisch verbunden. Eine Übersicht der daraus resultierenden möglichen Aufstellung der verschiedenen Bauarten zeigt Abbildung 1.

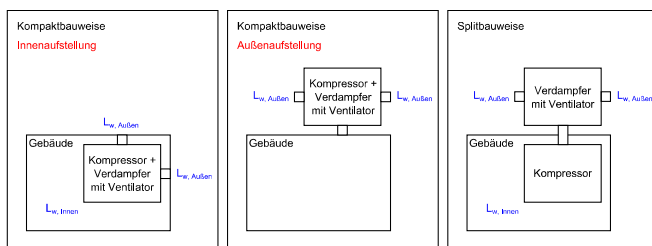


Abbildung 1: Prinzipskizze der möglichen Aufstellung der verschiedenen Bauarten von LWWP

Überblick Leistungs- und Geräuschkennwerte

In Abbildung 2 ist die Leistungskennzahl COP von ca. 300 gegenwärtig kommerziell erhältlichen LWWP von ca. 40 Herstellern in Abhängigkeit von der Norm-Heizleistung dargestellt. Die Daten entstammen einer Datenbank mit relevanten Leistungs- und Geräuschkennwerten von LWWP, die innerhalb der Studie erstellt wurde. Es lässt sich erkennen, dass die Norm-Heizleistung der LWWP von ca. 3 kW bis

55 kW reicht. Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik kann damit für das Heizen ein COP im Bereich von 2 bis 5, im Mittel von 3,6 erreicht werden. Im Vergleich zu LWWP erreichen grundwassergekoppelte Wasser-Wasser-Wärmepumpen (WWWP) und erdwärme-gekoppelten Sole-Wasser-Wärmepumpen (SWWP) einen COP von ca. 5 bis 6 bzw. von ca. 4 bis 5 (vgl. Abbildung 2). Abbildung 3 zeigt die nach dem gegenwärtigen Stand der Technik durch LWWP ins Freie sowie ins Gebäudeinnere emittierte Schalleistung.

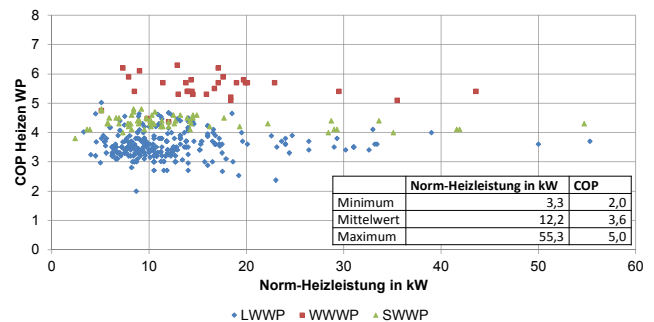


Abbildung 2: Gegenüberstellung des COP von Luft-Wasser-Wärmepumpen (LWWP), Wasser-Wasser-Wärmepumpen (WWWP) und Sole-Wasser-Wärmepumpen (SWWP) in Abhängigkeit von der Norm-Heizleistung

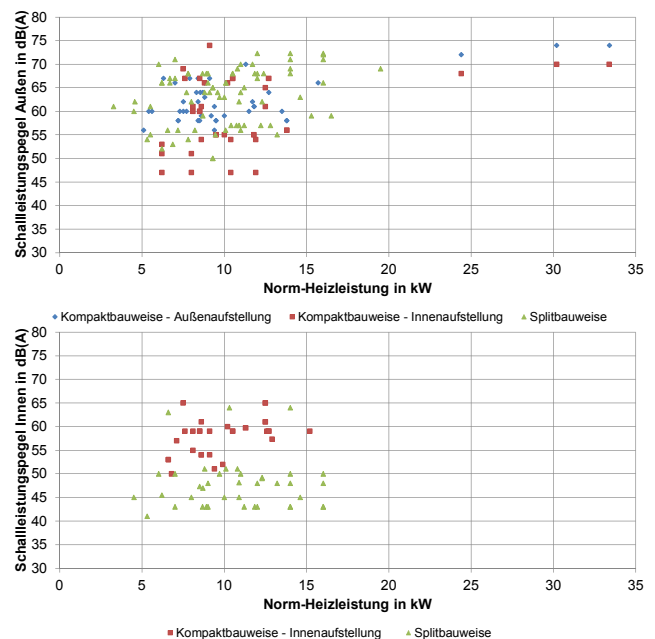


Abbildung 3: Außerhalb (oben) und innerhalb (unten) von Gebäuden generierter A-bewerteter Schallleistungspegel von LWWP in Abhängigkeit von der Norm-Heizleistung und der Aufstellung der verschiedenen Bauarten

Unabhängig von der Aufstellung der verschiedenen Bauarten steigt der außerhalb von Gebäuden durch LWWP erzeugte Schallleistungspegel mit Erhöhung der Norm-Heizleistung an. Im Gegensatz dazu ist zu erkennen, dass LWWP in Kompaktbauweise bei Innenaufstellung im Allgemeinen einen höheren Schallleistungspegel im Gebäudeinnern erzeugen als LWWP in Splitbauweise. Für LWWP in Splitbauweise erscheint kein direkter Zusammenhang zwischen der Norm-Heizleistung und dem im Gebäudeinnern erzeugten Schallleistungspegel vorzuliegen.

Ermittlung der Geräuschemission

Innerhalb der Studie fand eine Vielzahl von messtechnischen Untersuchungen zur Bestimmung der spektralen Schallleistung von LWWP in einer Klimazelle statt (s. Abbildung 4). Diese Zelle ermöglicht die normgerechte Einstellung von verschiedenen Betriebszuständen sowie thermischen Parametern der LWWP. Abbildung 5 zeigt exemplarisch das Linienspektrum des A-bewerteten Messflächen-Schalldruckpegels bei Betrieb verschiedener Aggregate einer LWWP in Kompaktbauweise bei demontiertem Systemgehäuse. Die Messergebnisse veranschaulichen, dass der Ventilator und der Kompressor die dominanten Schallquellen von LWWP darstellen. Das Linienspektrum des Ventilators ist von breitbandiger Charakteristik und besitzt seinen energetischen Schwerpunkt zwischen ca. 0,5 kHz und 1 kHz. Gleichzeitig tritt die tonale Grundfrequenzkomponente des Ventilators energetisch hervor. Eine Erhöhung der Leistungsstufe des Ventilators ist mit einer Erhöhung der Drehzahl verbunden. Dies führt im Allgemeinen, neben der Verschiebung der tonalen Grundfrequenzkomponente und deren Vielfachen zu höheren Frequenzen, zu einer deutlichen Zunahme der emittierten Schallleistung über nahezu den gesamten Frequenzbereich. Das Linienspektrum des Kompressors ist ebenfalls von breitbandiger Charakteristik. Es besitzt seinen energetischen Schwerpunkt jedoch zwischen ca. 1 kHz und 8 kHz. Dabei treten die tonale Grundfrequenzkomponente des Kompressors sowie einzelne Vielfache der Grundfrequenz energetisch hervor. Im tieffrequenten Bereich wird die Gesamt-Schallabstrahlung der LWWP durch Kompressor und Ventilator bestimmt. Bei Installation eines schalltechnisch fachgerecht ausgelegten Systemgehäuses kann die durch den Kompressor im mittel- und hochfrequenten Bereich abgestrahlte Schallleistung der LWWP im Allgemeinen stark gemindert werden (vgl. Abbildung 6, rote Kurve). Dies führt dazu, dass der A-bewertete Gesamt-Schallleistungspegel der LWWP ohne zusätzliche Installation eines Ansaug- und Abluftschalldämpfers durch den Ventilator bestimmt wird (vgl. Abbildung 6, schwarze Kurve). Bei längerem Betrieb der LWWP kann es bereits bei einer Außentemperatur unterhalb von 7 °C zur kontinuierlichen Vereisung des Verdampfers und damit zur Vergrößerung dessen Strömungswiderstands kommen. Infolgedessen entsteht Strömungsrauschen, die Schallemission der LWWP nimmt zu (vgl. Abbildung 6, lila Kurve). Wird der Strömungswiderstand des Verdampfers zu groß, kann der Ventilator sogar in seinem Betriebspunkt beeinflusst werden und zu einer zusätzlichen Erhöhung der emittierten Schallleistung der LWWP führen. Um dem Vereisen des Verdampfers entgegenzuwirken, schaltet die

LWWP in regelmäßigen Zeitintervallen in den Abtaubetrieb (vgl. Abbildung 6, rote Kurve). Dabei wird der Kompressor im Reverse-Mode betrieben, der Ventilator der LWWP ist nicht aktiv. Im vorliegenden Beispiel trat eine Differenz des A-bewerteten Schallleistungspegels der LWWP vor und nach dem Abtauen von ca. 11 dB auf. Weiterführende Untersuchungen zeigten, dass die Vorlauftemperatur bei maximaler Leistungsstufe des Ventilators keinen wesentlichen Einfluss auf die Schallleistung der LWWP hat.

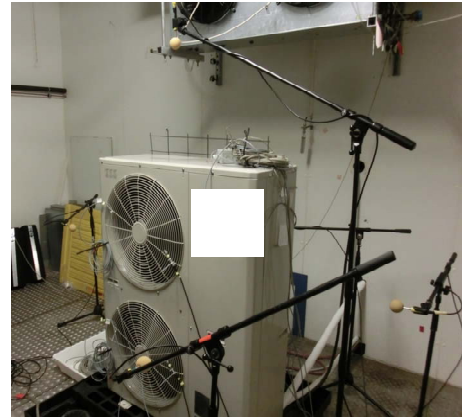


Abbildung 4: exemplarischer Prüfaufbau zur Ermittlung der spektralen Schallleistung von LWWP in der Klimazelle

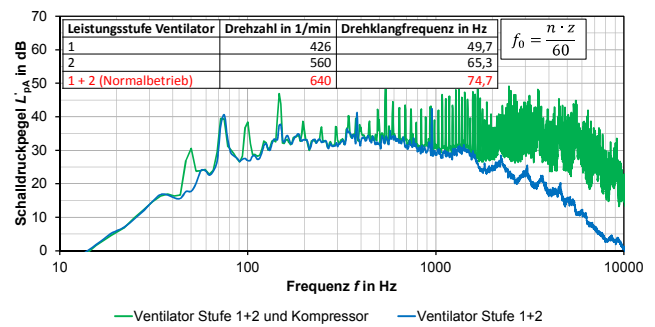


Abbildung 5: Linienspektrum des A-bewerteten Messflächenpegels bei Betrieb verschiedener Aggregate einer LWWP bei demontiertem Systemgehäuse

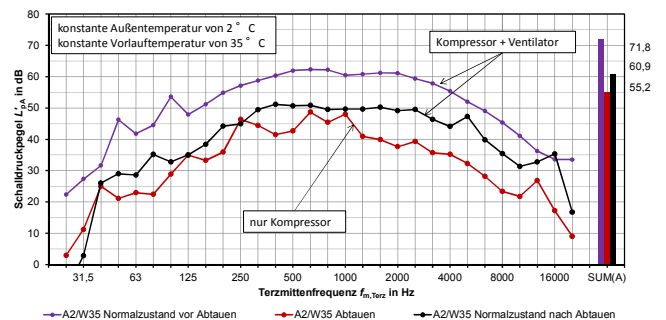


Abbildung 6: Terzbandspektrum des A-bewerteten Messflächenpegels bei Betrieb einer LWWP bei verschiedenen Betriebszuständen

Zusammenfassung

Die gezeigten Ergebnisse liefern die Grundlage für ein praxisgerechtes Mess- und Bewertungsverfahren zur Ermittlung der Geräuschemission von LWWP unter relevanten und realisierbaren Betriebsbedingungen vor Ort.