

15. Öffentlichkeitsveranstaltung des Netzwerks

BAU KOMPETENZ MÜNCHEN



Einsatz und Nachrüstung von Wärmepumpen - (schall-)technische Aspekte: Effizient und nachbarschaftsverträglich heizen mit Wärmepumpen im Bestand?

Dr. Thomas Hils

öbuv Sachverständiger für Schallschutz, Bau- und Raumakustik,
Wärme- und Feuchtigkeitsschutz

www.bkm-muenchen.de

Einsatz und Nachrüstung von Wärmepumpen - (schall-)technische Aspekte

Dr. Thomas Hils

öbuv Sachverständiger für Schallschutz, Bau- und Raumakustik,
Wärme- und Feuchtigkeitsschutz
hils consult gmbh, ing.-büro für bauphysik
www.hils-consult.de

Stichworte:

- *Vor dem Hintergrund der (gesetzlich verordneten) Energiewende kommt den Wärmepumpen besondere Bedeutung zu*
- *Was ist eine Wärmepumpe?*
- *Spannungsfeld: innerörtlichen Nachverdichtung - Energieeffizienz - Schallschutz*
- *Ist das Geräusch von Heizungen im (nicht gewerblichen) Wohnumfeld hinzunehmen, welche Rechtliche Grundlagen ...??*
- *Planung - Lärminderungsmaßnahmen*



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



2

Gliederung

Wärmepumpen (Schall-)technische Aspekte

1. Ausgangssituation / Grundlagen
 - Bauliche Situation
 - thermodynamisches Grundprinzip
 - Technik, Arten von WP's
2. Schall-Immissionsschutz
 - BImSchG
 - Immissionsrichtwerte (IRW) gem. TA Lärm
3. Planung / Quantifizierung über Schallprognose
4. Potentielle Lärminderungsmaßnahmen
5. Zusammenfassung und Ausblick, Diskussion

1. Ausgangssituation

typ. innerörtliche Nachverdichtung DHH/RHH u.ä.

-> geringe Abstände zum Nachbarn!



1. Ausgangssituation

typ. innerörtliche Nachverdichtung DHH/RHH u.ä.



Quelle: W. Holfeld, ZWK



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



5

1. Ausgangssituation

Wärmepumpe und Kühlschrank



Quelle: H. Mercker



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

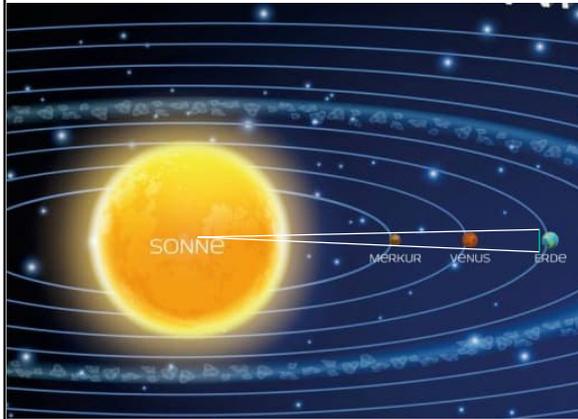
© Dr. Thomas Hils



6

1. Ausgangssituation

Begriff: **Umweltwärme**



Quelle: sabelino.de

Solarkonstante: ca. 1360 W/m²

$P_{auftr.}$ ca. 175 Mio GW

Strahlungsangebot Sonne /
Energiebedarf Menschheit
= ca. **Faktor 5000**

$$P_{auftr.} = P_{abgestr.} \approx T^4$$

...und führt letztlich zu einer
mittleren
Erdoberflächentemperatur
von etwa 10°C

-> **Umweltwärme**



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils

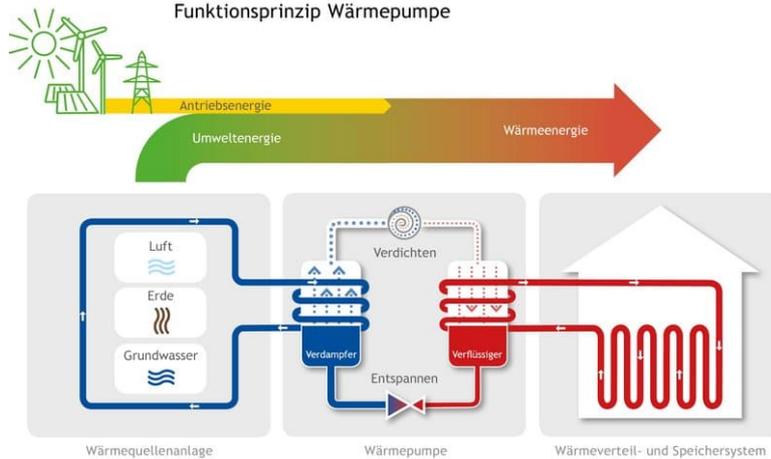


7

1. Ausgangssituation

Thermodynamisches Grundprinzip

Funktionsprinzip Wärmepumpe



Primärseite

„Temperaturpumpe“



Quelle: BWP



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils

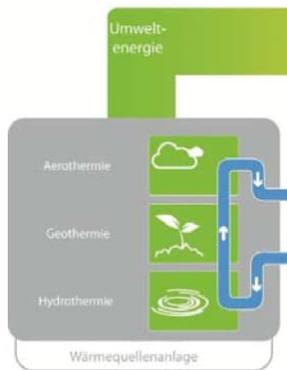


8

1. Ausgangssituation

WP: 3 Anlagenteile

T1) **Wärmequellenanlage:** Entzieht der Umgebung die Energie (Primärseite)



a: Luft/Wasser WP

Umgebungswärme der Luft über Ventilator

b: Sole/Wasser WP

Erdwärme über Tiefensonde oder
Flächensonde mit Übertragungsmedium

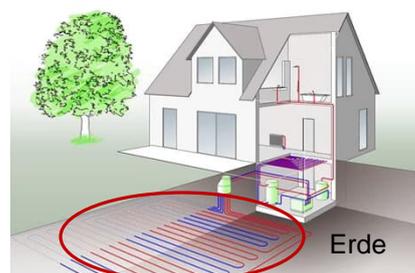
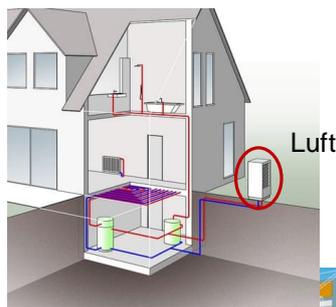
c: Wasser/Wasser WP

Grundwasserwärme über Saug- und
Schluckbrunnen

1. Ausgangssituation

WP: 3 Anlagenteile

T1) **Wärmequellenanlage:** Entzieht der Umgebung die Energie (Primärseite)



Quelle: BWP



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

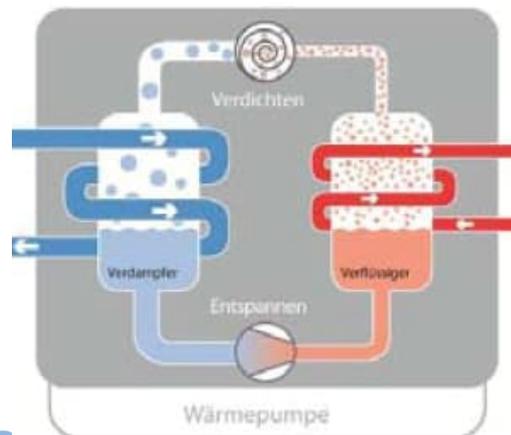
Wasser

© Dr. Thomas Hils

1. Ausgangssituation

WP: 3 Anlagenteile

T2) Technische Aufbereitung: Pumpen auf nutzbares (höheres) Temperaturniveau (-> „Wärmepumpe“)



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

Quelle: BWP

© Dr. Thomas Hils



1. Ausgangssituation

Kernfrage:

Wie kriegt man Energie aus frostiger Außenluft oder kaltem Erdreich heraus und macht sie zu nutzbarer Raumwärme?

Antwort:

In dem man ein Medium benutzt, das einen sehr niedrigen Siedepunkt aufweist und dieses Gas dann komprimiert!

Beispiele:

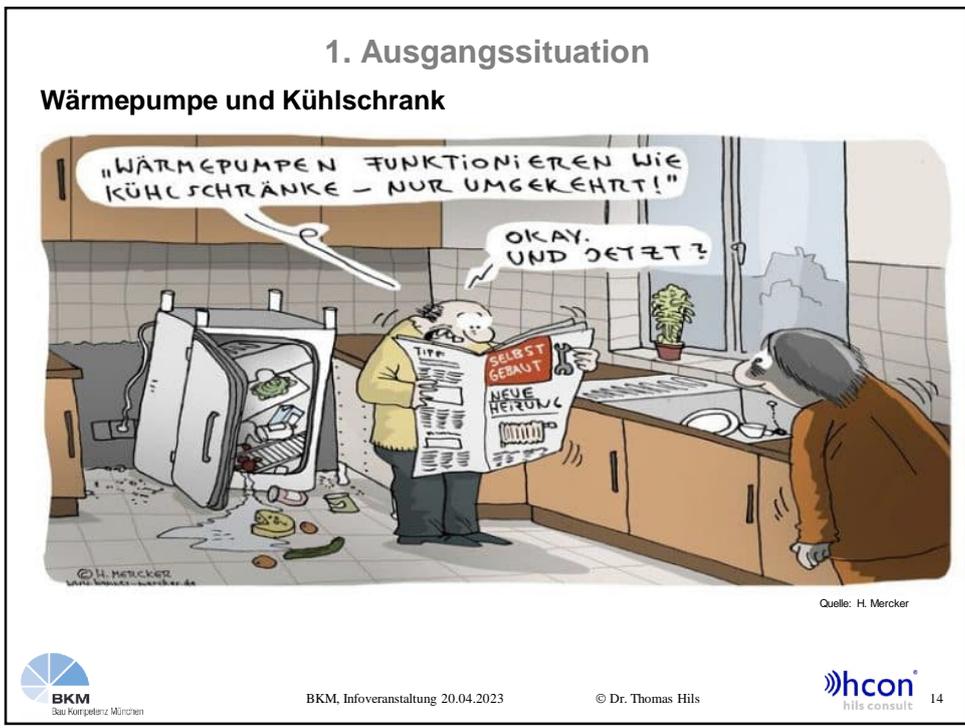
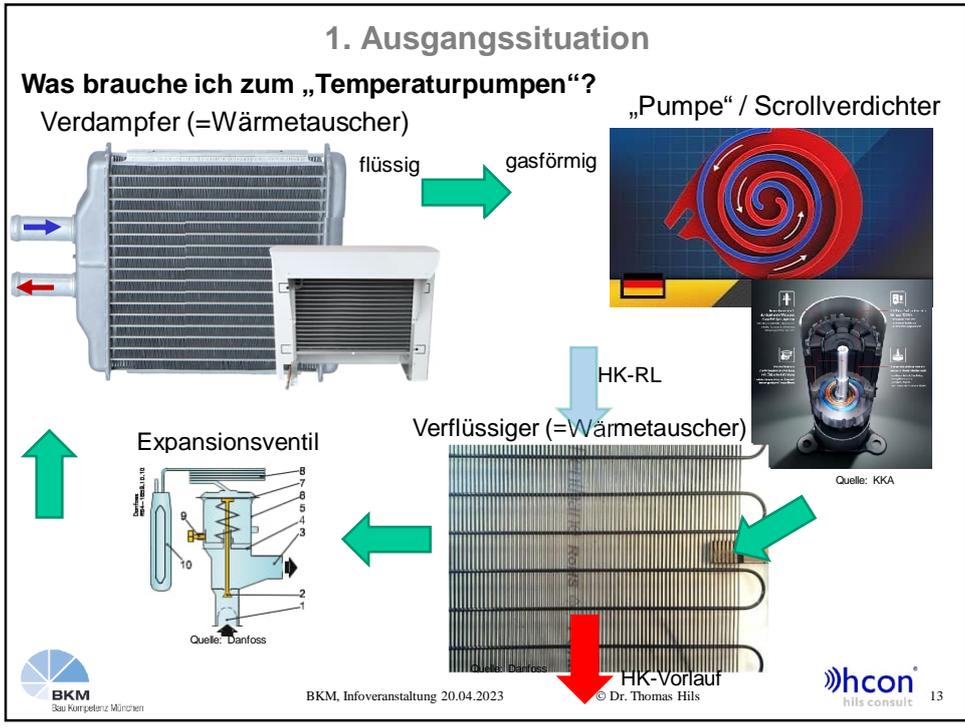
Kältemittel	Siedepunkt °C
Ammoniak NH_3	-33 °C (1 bar)
Propan C_3H_8	-42,4 °C (1 bar)
Tetrafluorethan (R-134a)	-26,3 °C (1 bar)



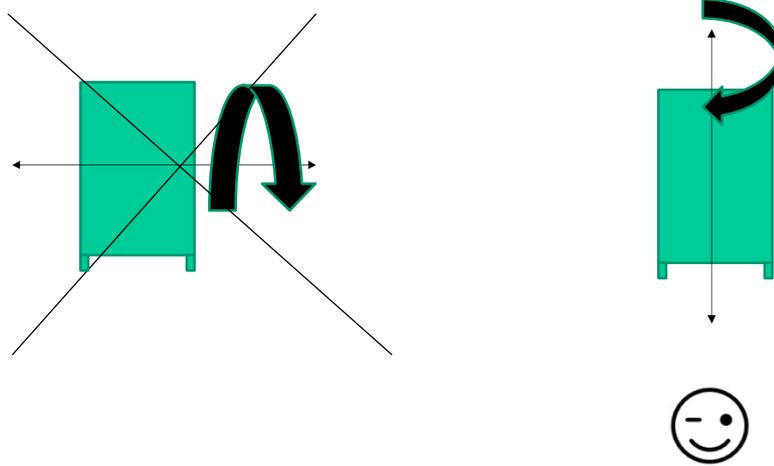
BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils





1. Ausgangssituation



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



15

1. Ausgangssituation



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



16

1. Ausgangssituation



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



17

1. Ausgangssituation

Analogie Wärmepumpe ./ Kühlschrank

Eine WP funktioniert wie ein (prozesstechnisch!) „umgekehrter“ Kühlschrank: Während der Kühlschrank seiner Kühlzelle (seinem Innenraum) Wärme entzieht und diese an die Umwelt (z.B. Küche) abführt, entzieht die Wärmepumpe der Umwelt die Energie und gibt sie an den Wohnraum /Heizsystem ab



Es kommt also auf Standpunkt an: was ist „Umwelt“ und was „Innenraum...“?



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils

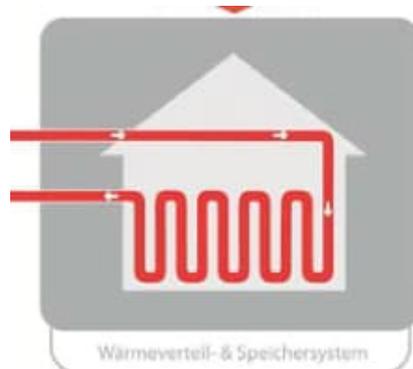


18

1. Ausgangssituation

WP: 3 Anlagenteile

3) Verteilsystem (wie bei anderen Heizsystemen, vorzugsweise Fußbodenheizung)



Niedrige Vorlauftemperatur von Vorteil, weil der Verdichter dann weniger leisten muss -> Wirkungsgrad höher

1. Ausgangssituation

Spannungsfeld

- 1: innerörtliche Nachverdichtung zur Minimierung Flächenverbrauch gem. BauGB \leftrightarrow Immissionsschutzprobleme aufgrund geringer Abstände zur bestehenden Nachbarbebauung
- 2: Energiewende „fordert/fördert“ Wärmepumpen
Aus Kosten- und Praktikabilitätsgründen kommen oftmals LW-WP's zum Einsatz

1. Ausgangssituation

Typen von WP's

- 1: Sole/Wasser WP
Erdwärme über Tiefensonde oder Flächensonde mit Übertragungsmedium
- 2: Wasser/Wasser WP
Grundwasserwärme über Saug- und Schluckbrunnen
- 3: Luft-Wasser WP
Umgebungswärme der Luft über Ventilator
 - a) Außenaufstellung
 - b) Innenaufstellung meist „über Eck“
 - c) Splitgeräte

1. Ausgangssituation

Typen von WP's

- Luft-Wasser WP
a) Außenaufstellung



-> Fokus/Problem:
Luftschalleinwirkungen
in der Nachbarschaft

1. Ausgangssituation

Typen von WP's

Luft-Wasser WP
b) Innenaufstellung

-> Fokus/Problem:
evtl. Körperschalleinwirkungen
in eigenen Bereich, Luftschallemission gering



Quelle: Stiebel-Etron



BKM
Bau Kompetenz München

BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



23

1. Ausgangssituation

Typen von WP's

Luft-Wasser WP
c) Splitaufstellung



Quelle: Viessmann



BKM
Bau Kompetenz München

BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



24

2. Immissionsrechtliche Grundlagen Schallschutz WP's

Immissionsrechtliche Situation:

Gemäß LAI „sind Wärmepumpen Anlagen im Sinne des § 3 Abs. 5 BImSchG. Werden diese in Wohngebieten betrieben, stellen sie aufgrund ihrer Art und Größe in der Regel immissionsschutzrechtlich nichtgenehmigungsbedürftige Anlagen dar, die den Anforderungen des § 22 Abs. 1 BImSchG unterliegen...“

Eigentlich **Nachweis der schalltechnischen Verträglichkeit** notwendig

Da die Anlagen im Regelfall aber genehmigungsfrei erstellt werden dürfen entfällt in der Vollzugspraxis eine Regelfallprüfung nach TA Lärm
-> oftmals nachgelagerte Lärmproblematik

2. Immissionsrechtliche Grundlagen Schallschutz WP's

Klare Positionierung LAI ->

BImSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen u.ä.

-> bildet übergeordneten rechtlichen Rahmen

Als Konkretisierung und Handlungsleitfaden für die Praxis:

TA Lärm: 6. allg. Verwaltungsvorschrift zum BImSchG (26.08.1998)
Allgemeine Verwaltungsvorschrift, zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche im Hinblick auf Gewerbe- und Industrieanlagen bzw. genehmigungsbedürftigen Anlagen

-> ist auch für die Beurteilung von WP's im Wohnumfeld anzuwenden!

2. Grundlagen Schallschutz Genehmigungsverf.

Immissionsrichtwerte (IRW) TA Lärm

Buchstabe gemäß Nr. 6.1 der TA Lärm	Gebietsbeschreibung	Abk. nach BauNVO	Tag 6 Uhr bis 22 Uhr	Nacht 22 Uhr bis 6 Uhr
A	Industriegebiete	GI	70 dB(A)	
B	Gewerbegebiete	GE	65 dB(A)	50 dB(A)
C	in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	MI MD MK	60 dB(A)	45 dB(A)
D	in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	WA	55 dB(A)	40 dB(A)
E	in reinen Wohngebieten	WR	50 dB(A)	35 dB(A)
F	in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	SO	45 dB(A)	35 dB(A)

Bei einer Einhaltung der IRW ist im Regelfall davon auszugehen, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche im Sinne von § 3 Abs. 1 BImSchG nicht vorliegen

1. Ausgangssituation

ABER: Ausschöpfung IRW nur bei einer **einzig** WP-Anlage möglich bzw. wenn keine andere (gewerbliche) Vorbelastung vorhanden

Sonst: Bei mehreren Anlagen oder anderweitiger Vorbelastung aus Anlagen
-> Abstellen auf **reduzierte IRW**

Regelfall: $IRW_{red} = IRW - 6 \text{ dB}$

Was heißt das konkret??

-> Planung / Nachdenken erforderlich!!

1. Ausgangssituation

Denkbare (Beispiel-)Szenarien:

1) Neubau - Bauleitplanung - Fall „grüne Wiese“:

-> Festlegung standortbezogener höchstzulässiger Schallleistungspegel je Parzelle und Aggregat, so dass in Summe an jedem Anwesen IRW eingehalten bzw. unterschritten wird.

-> Planungsaufgabe Schallprognose

2) Anlagenplanung im bestehenden Wohnumfeld

a) Feststellung Vorbelastung: sind weitere Anlagen in der Nachbarschaft vorhanden

b) Wenn ja, Abstellen auf $IRW_{red} = IRW - 6 \text{ dB}$

c) Festlegung standortbezogener höchstzulässiger Schallleistungspegel

-> Planungsaufgabe Schallprognose

2. Schallemission - Schallausbreitung - Schallimmission

Schalltechnische Prognose erfolgt in Anlehnung an Nr. A2 TA Lärm in Verbindung mit Herstellerangaben zur Schallemission

1. Emission:

Quellencharakterisierung zur Ermittlung der Eingangskenngrößen für Schallimmissionsprognosen durch Hersteller

-> Emissionskenngröße für WP's: Schallleistungspegel L_{WA}

2. Transmission - Schallausbreitung:

gemäß alternativem Verfahren der DIN ISO 9613-2

Ausgehend vom Schallleistungspegel wird der am Immissionsort zu erwartende Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ ermittelt:

$$L_{AT}(LT) = L_W + D_C - A_{div} - A_{atm} - A_{gr} - A_{bar} - A_{misc}$$

L_W Oktavband-Schallleistungspegel

D_C Richtwirkungskorrektur

A_{div} Dämpfung aufgrund geom. Ausbreitung

A_{atm}

A_{gr}

A_{bar}

A_{misc}

Dämpfung durch Luftabsorption

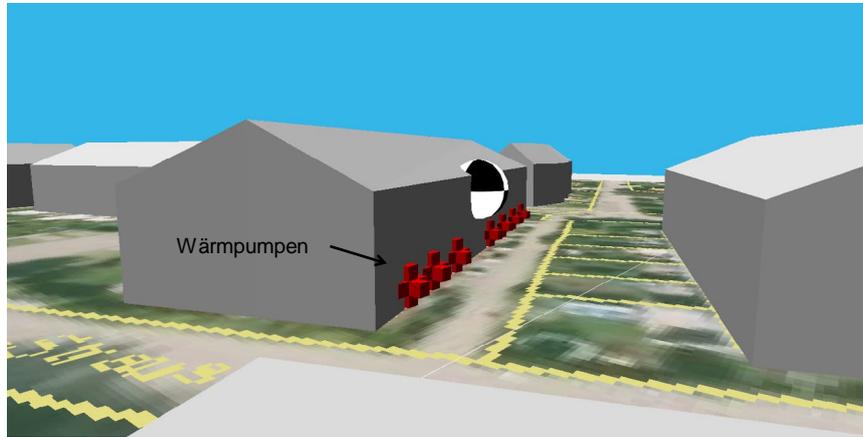
Dämpfung durch Bodeneffekt

Dämpfung durch Abschirmung

Dämpfung aufgrund sonstiger Effekte

2. Schallemission - Schallausbreitung - Schallimmission

Prognosemodell: 3d- Ansicht



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



31

Fallbeispiel Reihenhäuser

Darstellung Schalltechnische Situation im Berechnungsmodell

➤ 7 WP's nebeneinander



➤ Gegenseitige Beeinflussung durch wechselseitige Vorbelastung



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



32

Fallbeispiel Reihenhäuser

Darstellung Pegelanteile für Reihenhäuser in der Mitte

➤ Schalleistung je WP $L_{WA} = 54 \text{ dB(A)}$

Wärmepumpe		IRW / IRW - 6 WR	Beurteilungspegel L_r	Über- schreitung
	Abstand [m]	nachts [dB(A)]	nachts [dB(A)]	$L_r \geq \text{IRW}$
WP1	15,5	35 29	25,8	n
WP2	9,9		28,8	n
WP3	5,7		32,1	n
WP4	3,2		34,5	*
WP5	7,6		30,4	n
WP6	12,2		27,4	n
WP7	16,5		25,3	n
		ΣL_r	38,3	j

➤ Erhebliche gegenseitige Beeinflussung durch wechselseitige Vorbelastung



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



Beurteilung

Fazit:

Im Hinblick auf schalltechnische Belange kommt PLANUNG einer LW- WP hohe Bedeutung zu

- > Situationsbezogen ist Auswahl von Konstruktionstyp, Fabrikat, Standort im Vorfeld gut möglich
- > völlig unterschiedliche Anforderungen an EFH auf Parkgrundstück oder RMH im nachverdichteten Innenbereich
- > neben den energetischen Planungskriterien sind ggf. auch Schallschutzkriterien zu beachten



BKM, Infoveranstaltung 20.04.2023

© Dr. Thomas Hils



Schallschutzmaßnahmen

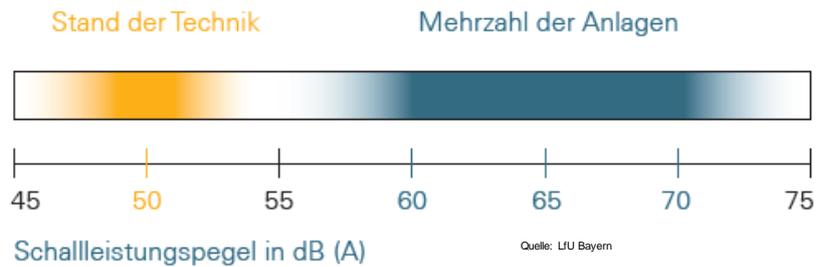
Geräuschquellen:

- Ventilator Außenluft
- Verdichter + Rohrleitungen
- Luftkanäle + schwingende Verkleidungen



1. Geräteauswahl

leise Geräte gem. **Stand der Technik** auswählen (ca. bei $L_{WA} = 50 \text{ dB(A)}$)



Schallschutzmaßnahmen

2. Planung Aufstellort

- Innenaufstellung
- abgewandte Gebäudeseite
- Schall-Reflexionen,
beispielsweise an Mauern vermeiden

3. Konstruktive Maßnahme an Anlage

- Schalldämpfer in den Luftkanälen
- Ventilatoren mit geringerer
Geschwindigkeit sind leiser
- Rohrleitungen und Kanäle isolieren
oder einkapseln
- Schallschirme verwenden
- Bleche entdröhnen
- Gerät kapseln oder einhausen
- auf Gummipuffern montieren
- Umlaufende Nut im Estrich

Quelle: LFU Bayern

Zusammenfassung - Ausblick

- WP's unterscheiden sich primärseitig (Art der Umweltenergie)
- Analogie: Wärmepumpe / Kühlschranks
- schalltechnische Beurteilung Wärmepumpen u.ä. gemäß TA Lärm
- gesicherte Ausgangsdaten zur Emission (Schallleistung) erforderlich
- über Schallausbreitungsrechnung Prognose der Immission und damit Optimierung möglich
- Wenn $L_r \ll IRW$ TA Lärm ist im Regelfall davon auszugehen, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche im Sinne von § 3 Abs. 1 BImSchG nicht vorliegen
- Bei Überschreitung sind im Regelfall weitere Maßnahmen zum Schallschutz vom Eigentümer durchzuführen
- Planung im Vorfeld kommt hohe Bedeutung zu

Zusammenfassung - Ausblick

Bei Auswahl und Planung der „richtigen“ WP
Schallschutz nicht vergessen