

Einflüsse auf die Wärmepumpen- Akustik und davon abgeleitete Optimierungsmaßnahmen

Aus dem IEA HPT Annex 51

28.10.2020, 16:00 - 17:00



Acoustic Signatures
of Heat Pumps

IEA HPT

Annex **51**

Ch. Reichl, J. Emhofer, P. Wimberger, F. Linhardt, N. Schmidbauer,
G. Drexler-Schmid, B. Blank-Landeshammer, A. Sporr, C. Köfinger, T. Fleckl



INHALT

- 1 Einleitung & Motivation
- 2 Der internationale IEA HPT Annex 51 “Acoustic Signatures of Heat Pumps”
- 3 Rechtliche Rahmenbedingungen, Regularien und Normen
- 4 Emissionen auf Komponenten- und Systemebene
- 5 Simulationen
- 6 Maßnahmen zur Senkung der akustischen Emissionen
- 7 Zusammenfassung und Ausblick

1 EINLEITUNG & MOTIVATION

WAS ERWARTET SIE IN DIESER PRESENTATION?



EINLEITUNG & MOTIVATION

„Insbesondere Luft/Wasser-Wärmepumpen spielen eine wichtige Rolle um die **Klimaziele** zu erreichen..“

“**Schallemissionen** haben das Potential, das notwendige Marktwachstum zu verlangsamen.“



WIEDERHOLUNG

2 DER INTERNATIONALE IEA HPT ANNEX 51 "ACOUSTIC SIGNATURES OF HEAT PUMPS" EINE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IM RAHMEN DER IEA, APRIL 2017 - DEZEMBER 2020



POLITECNICO
DI MILANO



IEA TECHNOLOGY COLLABORATION PROGRAMMES



ANNEX

51

START DATE:
1 April 2017
END DATE:
31 March 2020



Cross-Cutting

End-Use: Buildings

End-Use: Electricity

End-Use: Industry

End-Use: Transport

Fossil Fuels

Fusion Power

Renewable Energy

End-Use: Buildings

- » Buildings and Communities (EBC TCP)
- » District Heating and Cooling (DHC TCP)
- » Energy Efficient End-Use Equipment (4E TCP)
- » Energy Storage (ECES TCP)
- » Heat Pumping Technologies (HPT TCP)



Reduction of acoustic emissions and the transient behaviour of acoustic signatures during different operating conditions (e.g. icing, de-frosting, capacity control, cooling mode) is important to further **increase the acceptance of heat pumps** as air-to-water, water-to-air and air-to-air units (referred to as "units" in the following text. Depending on the source used, noise is an indoor-only issue for the end user and/or an outdoor issue, for the neighbour). Furthermore, both **new and retrofit markets** are important to be considered, and a smart and effective way to exploit the potential energy savings.

**Steigerung der Akzeptanz
von Wärmepumpen!**

Acoustic emissions have to be assessed in a hierarchical approach considering the **component level** (e.g. low noise components: fans and compressors), the **unit level** (combining the components, unit control, transient acoustic features), and the **application level** (building/neighbourhood, including smart grid, **psychoacoustic effects** & acoustic propagation). Furthermore, **Education & training** are very important aspects in heat pump acoustics (placement, noise reduction measures, modes of control & operation) so that bad installations will not go against good acoustic design and construction of the units. As the current legislation is globally very diverse (also serving the needs of the different locations & countries), the Annex is structured to contribute to **guidance and future standards** in this field.

TEILNEHMENDE LÄNDER UND AUFGABEN



Task 1: *Gesetzgebung und Normen*

Task 2: *Definition der Wärmepumpeneinheiten, die von der Studie / Prüfung abgedeckt werden & Tests*

Task 3: *Identifizierung von Lärm auf Komponenten- und Geräteebeane und Störschallunterdrückungstechniken*

Task 4: *Analyse des Einflusses der Betriebsbedingungen von Wärmepumpen auf das akustische Verhalten*

Task 5: *Installation der Wärmepumpe und Auswirkungen auf die Umgebung*

Task 6: *Verbesserte Messung und Beschreibung der akustischen Leistung*

Task 7: *Diffusion & Verbreitung von Informationen; Richtlinien, Bildungsmaterial, Empfehlungen für verschiedene Benutzergruppen*



ANNEX 51 INFORMATIONEN



Contact us News Activities Market & technology Member login Disclaimer Cookies

About

About HPT TCP, HPC, IEA and our conference

Projects

All ongoing and completed projects/annexes

Publications

The results and publications within HPT TCP

HPT Magazine

Our Magazine about technology, markets and development

The conference

Every third year HPT TCP organizes a conference

ABOUT HPT TCP

Worldwide key player in generating and communicating independent knowledge on heat pumping technologies

HPT CONFERENCE

Save the date for the IEA Heat Pump Conference 2020



HPT NEWS

2019

8 INTERNATIONAL
3 OF REFRIGERANTS
(1) Montreal, Quebec, Canada



27 SEP 2019 FIELD NEWS

Workshop "Acoustics of Heat Pumps" presentations in the...

All presentations given at the workshop "Acoustics of Heat Pumps" in the framework of the ICR2019 by ...

[Read more](#)

UPCOMING ACTIVITIES

SEP
25
2019

DENVER, COLORADO, USA

2019 ASHRAE Building Performance Analysis...

OCT
22
2019

NÜRNBERG, GERMANY

European Heat Pump Summit 2019

ANNEX 51 INFORMATIONEN



The screenshot shows the website for Annex 51. At the top, there is a dark blue navigation bar with links for Heat Pumping Technologies, About, Projects, Publications, Activities, HPT Magazine, Contact us, News, Market & technology, Member login, Disclaimer, and Cookies. Below this is a white header with the title 'Annex 51' on the left and a navigation menu with links for Home, Activities, Contact, Participants, and Team site on the right. The main content area has an orange background. It features the sub-header 'ANNEX 51' and the main title 'Acoustic Signatures of Heat Pumps'. A paragraph of text follows, discussing the importance of reducing acoustic emissions for heat pumps. Below this, a white box contains two sections: 'The primary aim' and 'A second focus', both detailing the project's goals and objectives.

Heat Pumping Technologies About Projects Publications Activities HPT Magazine Contact us News Market & technology Member login Disclaimer Cookies

Annex 51

Home Activities Contact Participants Team site

ANNEX 51

Acoustic Signatures of Heat Pumps

Reduction of acoustic emissions is important to further increase the acceptance of heat pumps as air-to-water, water-to-air, air-to-air and brine-to-water (ground source) units. To increase this acceptance and minimize noise annoyance more focus has to be put on the acoustics emissions at steady state and transient behaviour of acoustic signatures during different operating conditions (e.g. icing, de-frosting, capacity control, cooling mode).

The primary aim with Annex 51 is to further increase the acceptance of heat pumps (as air-to-water, water-to-air, air-to-air and brine-to-water units) for comfort purpose with respect to the noise and vibration emissions.

A second focus is placed on increasing knowledge at different levels (manufacturers, acoustic consultants, installers, legislators). To reach this goal, first different reasons to reduce sound emissions depending on countries (legislation), locations and applications have to be gathered and understood. The main influencing factors to the acoustic signature of these units will be identified. Collecting and combining research results in these fields on the different implementation levels (component, unit and application) will finally lead to directions for improved components, units and control strategies including guidelines, as well as training and inputs to future standards. The aim is to gather the knowledge and expertise of the participants on the different levels in order to forward this knowledge and establish recommendations and advices.

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex51/>

ANNEX 51 DOKUMENTE ZUM DOWNLOAD

Annex 51 "Acoustic Signatures of Heat Pumps" in the framework of the International Energy Agency Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (IEA HPT),	Thomas Fleckl, Christoph Reichl	AIT Austrian Institute of Technology
1D modelling of heat pumps including acoustics	Johann Emhofer, Christoph Reichl	AIT Austrian Institute of Technology
Simultaneous energy efficiency and acoustic evaluation of heat pump systems using dynamic simulation models	Christian Vering, Jonas Klingebiel, Markus Nürenberg, Dirk Müller	RWTH Aachen
Acoustic Emissions and Noise Abatement of Air to Water Heat Pumps	Christoph Reichl, Peter Wimberger, Felix Linhardt, Johann Emhofer	AIT Austrian Institute of Technology
Testing campaign on the energetical and acoustical behaviour of a heat pump	Karlheinz Bay, Simon Braungardt, Thomas Gindre, Thore Oltersdorf, Jens Rohlfing, Lena Schnabel, Agostino Troll	Fraunhofer ISE/IBP
Heat pump noise – operation dependence and seasonal averaging	Ola Gustafsson, Henrik Hellgren, Caroline Haglund Stignor	RISE Research Institutes of Sweden
IEA HPT Annex 51 Task 1.0 Introduction V01	Roberto Fumagalli ¹ , Simon Hinterseer ² , Christian Kaseß ²	¹ Politecnico di Milano, ² ARI Acoustics Research Institute, ÖAW Austrian Academy of Sciences
IEA HPT Annex 51 Task 1.1 Measurement Techniques V01	Roberto Fumagalli ¹ , Christian Kaseß ²	¹ Politecnico di Milano, ² TU Wien, Faculty of Civil Engineering, Institute of Material Technology, Building Physics and Building Ecology, ³ ARI Acoustics Research Institute, ÖAW Austrian Academy of Sciences
IEA HPT Annex 51 Task 1.2 Regulations V01	Roberto Fumagalli ¹ , Philipp Wagner ² , Robert Pratter ² , René Rieberer ² , François Bessac ³ , Michèl Modot ³ , Henrik Hellgren ⁴	¹ Politecnico di Milano, ² Technischen Universität Graz, Institute für Wärmetechnik, ³ CETIAT Centre Technique des Industries Aérauliques et Termique, ⁴ Chalmers University of Technology, Goteborg
IEA HPT Annex 51 Task 1.3 Regulations-Synthesis V01	Roberto Fumagalli	Politecnico di Milano

3 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN, REGULARIEN UND NORMEN EIN SEHR KOMPLEXES THEMA



RAHMENBEDINGUNGEN, REGULARIEN

IEA Heat Pumping Technology

Central Technological Institute

Acoustic Signatures of Heat Pumps
IEA-HPT Annex 51

1.0: Introduction



Roberto Farinelli, Politecnico di Milano
Christina King, AIT Austrian Institute of Technology, OTH Austria Academy of Sciences

Date: April 2019	Version: 01
------------------	-------------

IEA Heat Pumping Technology

Central Technological Institute

Acoustic Signatures of Heat Pumps
IEA-HPT Annex 51

1.1: Measurement techniques



Roberto Farinelli, Politecnico di Milano
Stefan Hübner, TU Wien, Faculty of Civil Engineering, Institute of Mechanical Building Physics
Christina King, AIT Austrian Institute of Technology, OTH Austria Academy of Sciences

Date: April 2019	Version: 01
------------------	-------------

IEA Heat Pumping Technology

Central Technological Institute

Acoustic Signatures of Heat Pumps
IEA-HPT Annex 51

1.2: Regulations - Countries overview



Roberto Farinelli, Politecnico di Milano
Pavlo Pogor, Technische Universität Graz, Austria, OTH Austria Academy of Sciences
Albert Probst, Technische Universität Graz, Institute for Mechanical Engineering, Institute of Mechanical Engineering, OTH Austria Academy of Sciences
Przemysław Marcin, CRPT/IT Center Technology and Innovation, Aalborg University of Denmark
Alberto Biondi, IZT/IT Center Technology and Innovation, Aalborg University of Denmark
Christina King, Austrian Institute of Technology, Graz
Andreas Probst, OTH Austria Academy of Sciences, Austria
Pavlo Pogor, OTH Austria Academy of Sciences

Date: February 2020	Version: 02
---------------------	-------------

IEA Heat Pumping Technology

Central Technological Institute

Acoustic Signatures of Heat Pumps
IEA-HPT Annex 51

1.3: Regulations - Synthesis



Roberto Farinelli, Politecnico di Milano

Date: February 2020	Version: 02
---------------------	-------------

Dokumente zum freien Download der Resultate des Task 1 des IEA HPT Annex 51

RAHMENBEDINGUNGEN, REGULARIEN



Index	
1	Introduction 7
2	European Standards 8
2.1	Product standards 8
2.2	Generic standards on acoustics 8
2.3	Standards for sound power level determinations 9
2.3.1	EN ISO 3741 10
2.3.2	EN ISO 3744 11
2.4	Other useful standards and documents 11
2.5	EN 12102 contents 11
2.5.1	Scope 11
2.5.2	Generic acoustic standards and classes of measurement 12
2.5.3	Operating conditions 13
2.5.4	Installation and setting requirements 13
2.5.5	Some sound power measurements 14
2.6	prEN 12102-2 15
2.7	EN 12102: an harmonized standard 16
3	European regulations on noise 18
3.1	Regulation n°206/2012 18
3.2	Regulation n°626/2011 19
3.3	Regulation n°813/2013 20
3.4	Regulation n°811/2013 20
3.5	Regulation n°814/2013 22
3.6	Regulation n°812/2013 23
3.7	Market surveillance 23

4	Ecolabel 24
5	European certification schemes 25
5.1	Eurovent Certified Programmes 25
5.2	Heat Pump Keymark 25
6	The French regulations 27
6.1	French regulation for building 27
6.2	Neighbourhood noise 28
6.3	NF PAC certification scheme 29
6.4	RGE qualification for installers 30
7	The regulations of the United Kingdom 31
7.1	General regulations requirements 31
7.2	Permitted Development Rights 31
7.3	MCS 020 Planning Standard 32
7.3.1	MCS007: Product Certification Scheme Requirements: Heat Pumps 32
7.3.2	MIS 3005 32
7.3.3	MCS 020 calculation procedure 33
7.4	Planning consent 36
7.4.1	BS 4142 36
8	The Austrian regulations 37
8.1	Introduction 37
8.2	Sold heat pumps 37
8.3	Legal basis 39
8.3.1	ONORM S 5021 (2017) (Austrian Standard) 39
8.3.2	Planning values for noise immission 39
8.3.3	Energy-equivalent sound pressure level Leq 41
8.3.4	Adjustment values Lz for different noise sources 42
8.3.5	Assessment level Lr 42

- Introduction
- European standards (product standards, generic standards on acoustic, EN ISO 3741, EN ISO 3744, EN 12102, prEN 12102-2)
- European regulations on noise (206/2012, 626/2011, 813/2013, 811/2013, 814/2013, 812/2013, market overview)
- EcoLabel
- European Certification schemes (Eurovent Certified Programmes, Heat Pump Keymark)



Sampling Technologies	24
ification schemes	25
ertified Programmes	25
Keymark	25
egulations	27
ulation for building	27
ood noise	28
ertification scheme	29
ification for installers	30
as of the United Kingdom	31
egulations requirements	31
Development Rights	31
Planning Standard	32
S007: Product Certification Scheme Requirements: Heat Pumps	32
S 3005	32
S 020 calculation procedure	33
onment	36
4142	36
egulations	37
n	37
umps	37
	39
ORM S 5021 (2017) (Austrian Standard)	39
ining values for noise immission	39
rgy-equivalent sound pressure level Leq	41
ustment values L _r for different noise sources	42
essment level L _r	42

3/97

RAHMENBEDINGUNGEN, REGULARIEN

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Denominazione abbreviata in italiano	Vece italiana	Codice paese	Day-period	Evening-period	Night-period	different zones		day value dBA	evening Value	Night value	Applicability criterion	Bonus for partial time of source	Malus	Indoor noise				differential criterion-RR	2002/49/CE	Other
1 Belgio	B	BE																		
2 Bulgaria	—	BG																		
3 Repubblica ceca	—	CZ																		
4 Danimarca	DK	DK	others 07:00-16:00 Saturday 07:00-14:00	others 16:00-22:00 Saturday 14:00-22:00 Sunday 07:00-22:00	22:00-07:00	I Cottage areas II Very low residential III storage mixed housing		I 140 II 145 III 155	I 95 II 140 III 45	I 95 II 35 III 40				5 dB for impulsive 5 dB for tonal	Bed room 30 dBA (50 dBC) Living room 30 dBA					
5 Germania	D	DE																		
6 Estonia	—	EE																		
7 Irlanda	—	IE																		
8 Grecia	EL	EL																		
9 Spagna	E	ES	07:00-19:00	19:00-23:00	23:00-07:00	e school, cultural, medical a residential b catering c exhibition d most industrial I Transport infrastructures		e 50 a 55 b 60 c 63 d 65 f no limit	e 50 a 55 b 60 c 63 d 65 f no limit	a 40 b 45 c 53 d 55 e 55				U, V or 6 dB for impulsive; 0, 3 or 6 dB for tonal; 0, 3 or 6 dB for tone in low frequencies; K0-K1-K2 until 9dB and no	Type of use: residential bedroom residential others tertiary professional office tertiary offices medical stay zones medical rooms school rooms school teacher room	Lk,d 35 40 35 40 35 35 35	Lk,e 35 40 35 40 35 35 35	Lk,n 25 30 35 40 30 35 35	adopted with "Ley 37/2003"	Ley 37/1995 Many autonomous districts have own area definitions and limits Vibrations considered
10 Francia	F	FR	07:00-22:00		23:00-07:00															
11 Croazia	—	HR																		
12 Italia	I	IT	06:00-22:00	no	06:00	I protected residential II mixed III intense human activity IV most industrial V only industrial		I 150 II 95 III 80 IV 85 V 70 VI 70	I 90 II 95 III 60 IV 65 V 70 VI 70	I 40 II 45 III 50 IV 55 V 60 VI 70				Over 25 dB inside rooms housing Over 30 dB others cases	6 dB L < T 5 dB L < T < 20' 4 dB T < T < 20' 3 dB 20' < T < 2hr 2 dB 2hr < T < T	7 dB for bad 125 Hz and 250 Hz 5 dB for band 400 Hz to 4 kHz		5dB day 3dB night		different limit for different kind of indoor ambient
13 Lettonia	—	LV																		
14 Lituania	—	LT																		
15 Cipro	CY	CY																		
16 Slovenia	—	SI																		
17 Ungheria	—	HU																		

- Europäische Datenbank
- Definition Tag / Abend / Nacht
- Zonen
- dBA Werte
- Kriterien für Nutzbarkeit
- Bonus and Malus System
- Innenraumgeräusch



Acoustic Signatures of Heat Pumps
IEA-HTP Annex 51

1.3: Regulations - Synthesis



Takemura, P. (2010). *Acoustic Signatures of Heat Pumps*. IEA-HTP Annex 51

Category	Area	Location	Assessment level			L _{den} dB
			Day	Evening	Night	
1	Residential area (rural)	Residential area (rural)	45	40	35	45
2	Residential area (urban)	Residential area (urban)	50	45	40	50
3	Building	Central area	55	50	45	55
4	Central area	Central area	60	55	50	60
5	Residential & industrial area	Residential & industrial area	65	60	55	65
6	Industrial area	Industrial area	-	-	-	-
7	Open area	Open area	65	60	55	65
8	Local recreation area	Local recreation area	50	45	40	50
9	Agricultural area	Agricultural area	-	-	-	-

Category	Area	Location	Day	Evening	Night	L _{den} dB
1	Residential area (rural)	Residential area (rural)	45	40	35	45
2	Residential area (urban)	Residential area (urban)	50	45	40	50
3	Building	Central area	55	50	45	55
4	Central area	Central area	60	55	50	60
5	Residential & industrial area	Residential & industrial area	65	60	55	65
6	Industrial area	Industrial area	-	-	-	-
7	Open area	Open area	65	60	55	65
8	Local recreation area	Local recreation area	50	45	40	50
9	Agricultural area	Agricultural area	-	-	-	-

Depending on region and purpose. Tokyo city:

Category	Area	Location	Day	Evening	Night	L _{den} dB
1st class residential	Residential area (rural)	Residential area (rural)	45	40	35	45
2nd class residential	Residential area (urban)	Residential area (urban)	50	45	40	50
Commercial	Central area	Central area	55	50	45	55

Basis sound pressure level minus (LA,35, at least 1hr) below 10 dB of assessment level. Under this value a new plant is not classified as annoying
 - Train
 - Road traffic 0 dB
 - Plants +5 dB

5 dB for impulsive
 5 dB for impulsive
 5 dB for impulsive

Bed room 30 dBA
 Living room 32 dBA
 Bed room 30 dBA (50 dBC)
 Living room 30 dBA

Bed room 28 dBA
 Living room 33 dBA

Low freq. Requirements in 1/3 oct. 315 to 200 Hz

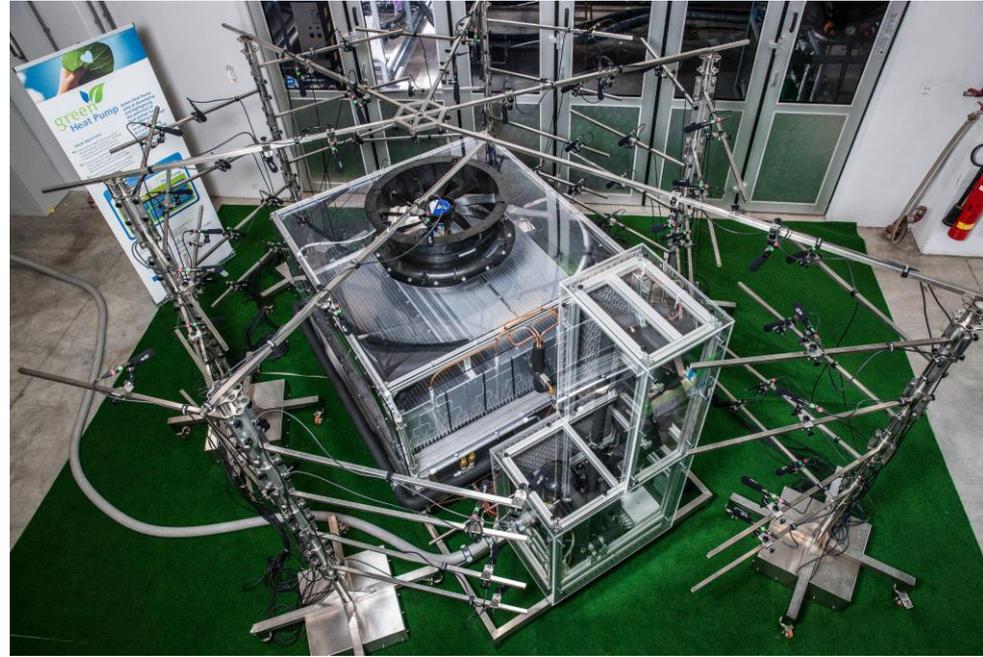
Eco-cute heat pump water heaters for residential use are operated during night to consume excessive energy produced by nuclear power plants and to store hot water; several cases of people who sued the manufacturers due to insomnia

4 EMISSIONEN AUF KOMPONENTEN- UND SYSTEMEBENE

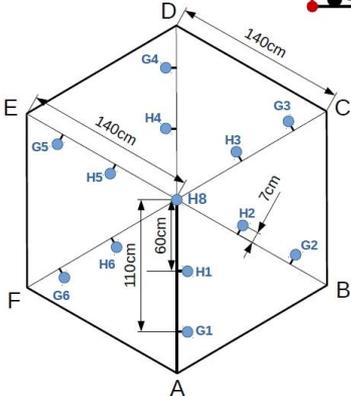
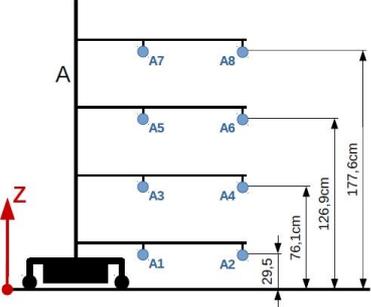
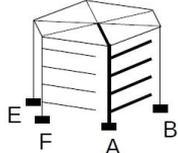
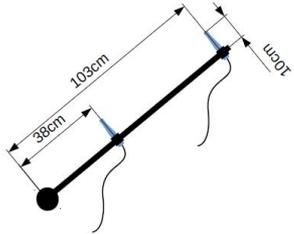
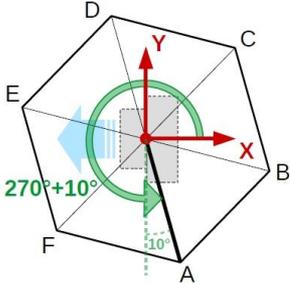
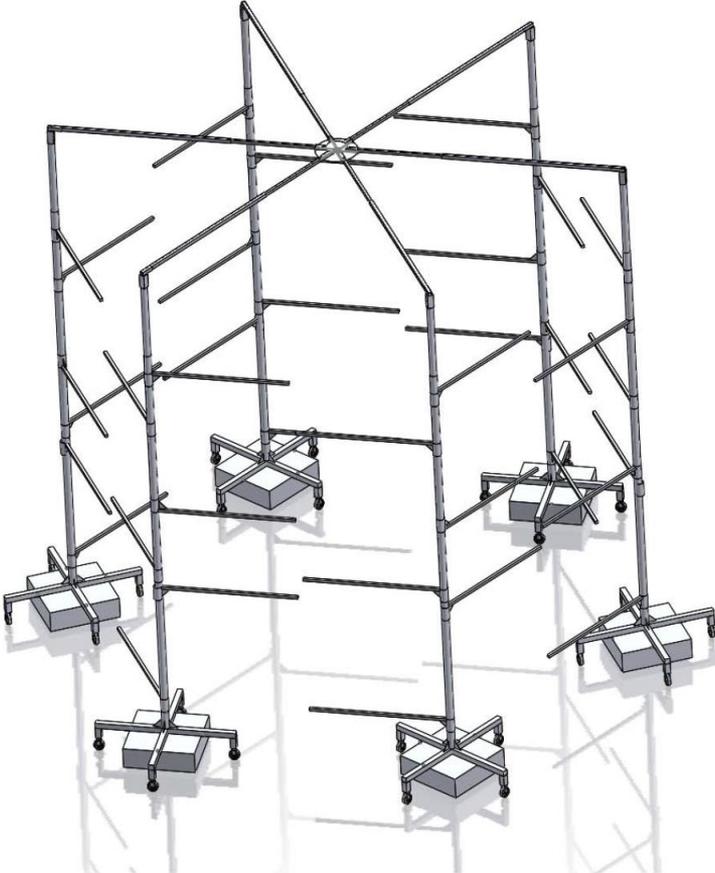
**INNOVATIVE MESSVERFAHREN UND
PRÜFUNG IN VERSCHIEDENEN INSTITUTEN**



AKUSTISCHER „DOM“



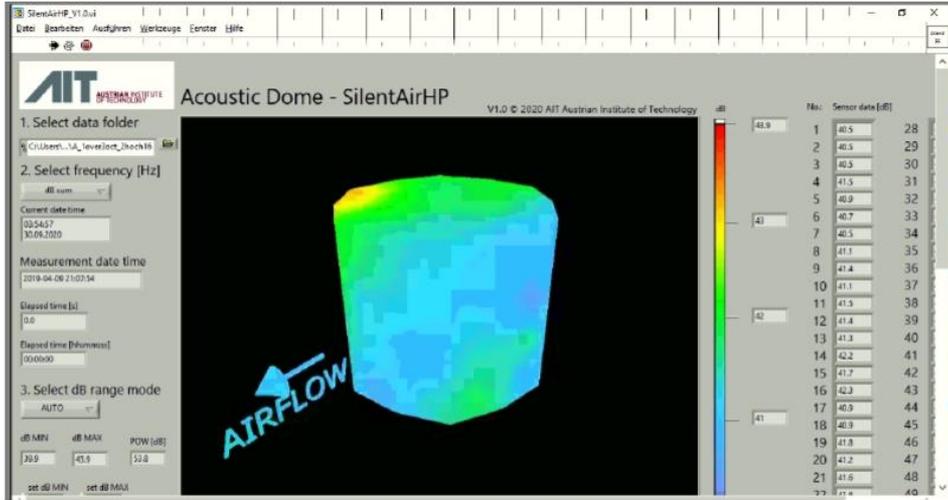
AKUSTISCHER „DOM“



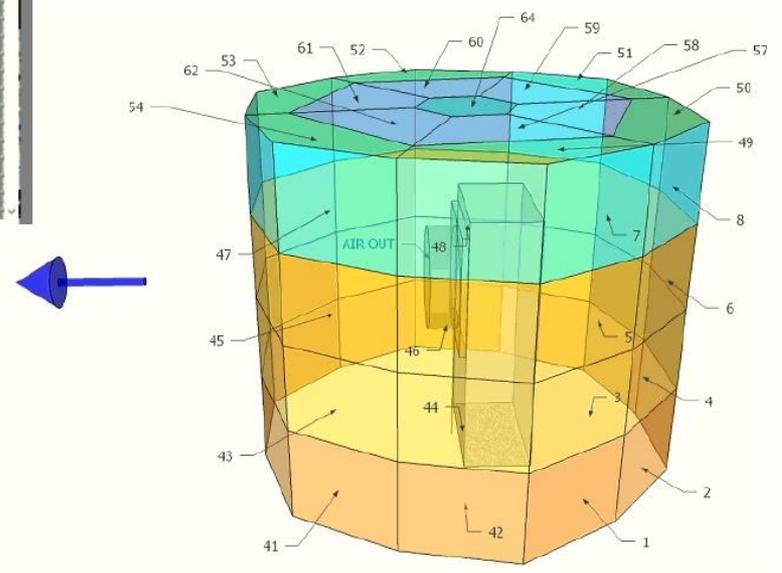
Nicht benutzt:
G7, G8, H7

Mikrophonspitzen: h = 204cm

AKUSTISCHER „DOM“



ERGÄNZUNG

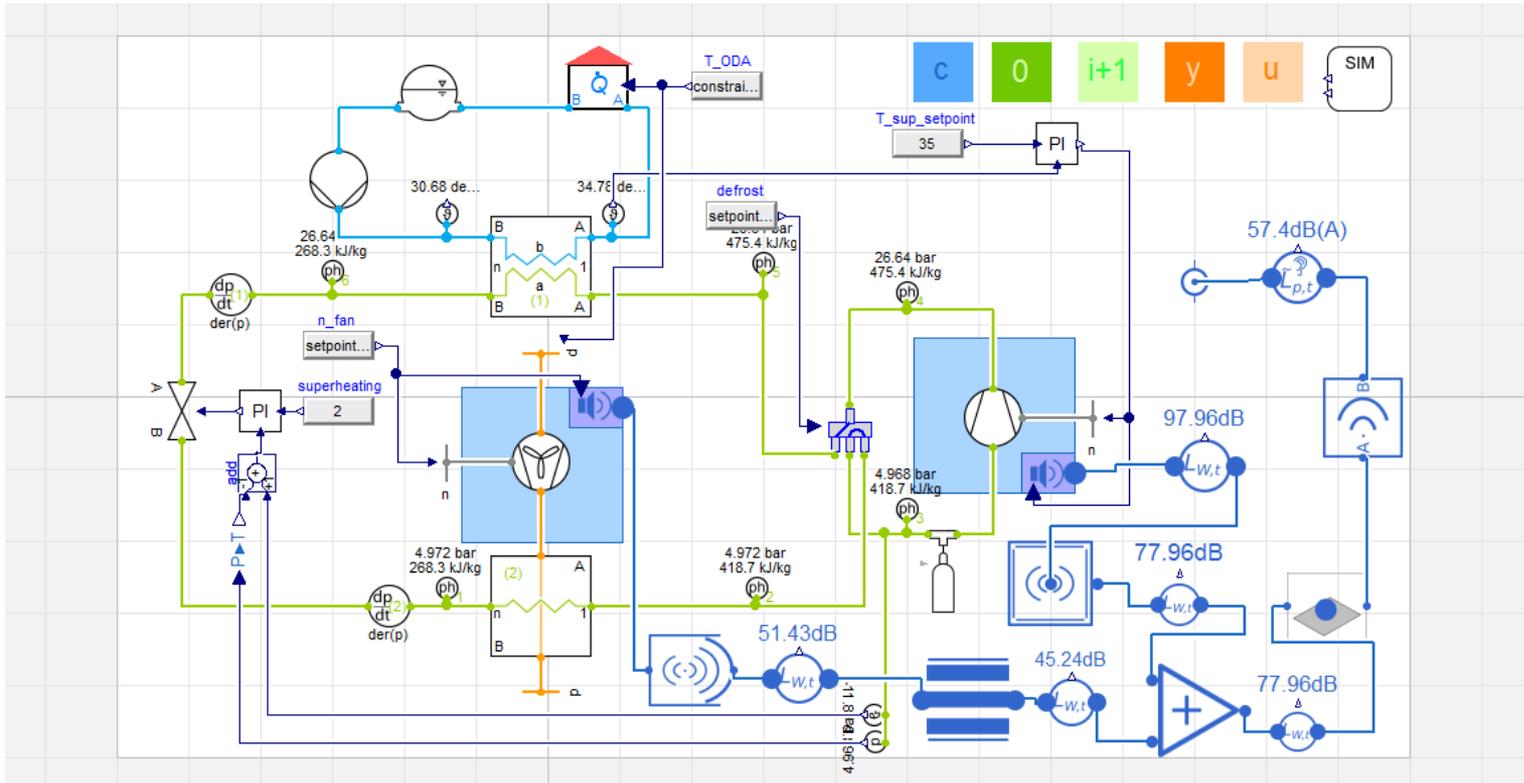


5 SIMULATIONEN

SIMULATIONEN VON WÄRMEPUMPEN-KOMPONENTEN UND SCHALLAUSBREITUNG

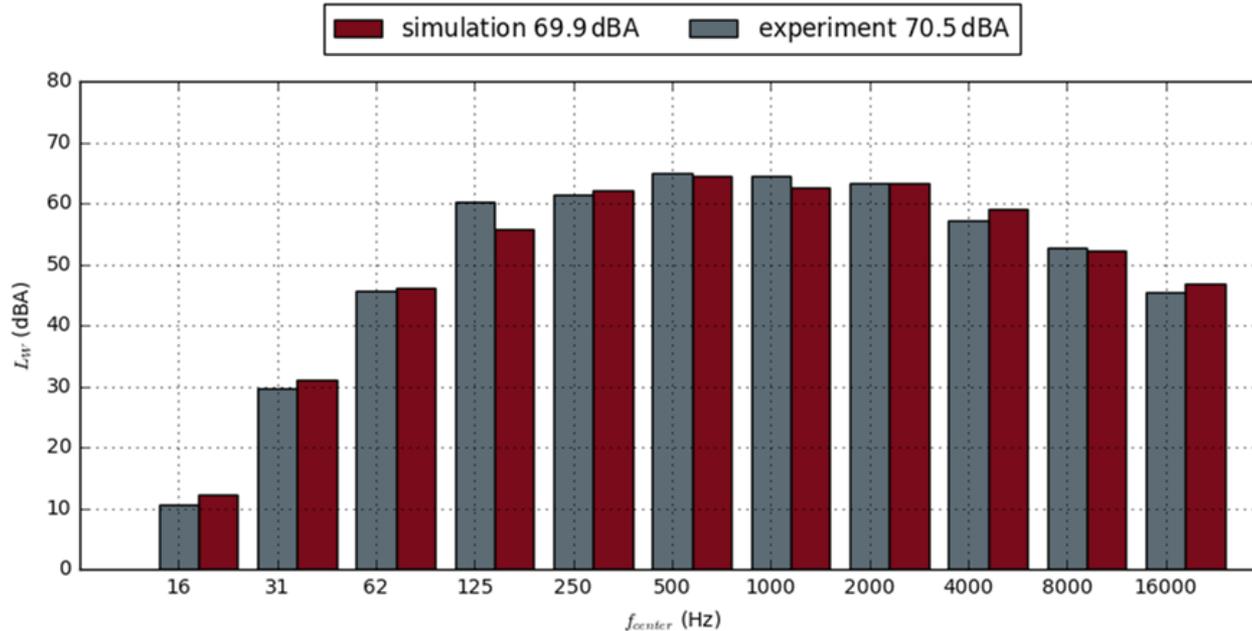


EINDIMENSIONALE SYSTEMSIMULATION AUF DER BASIS VON MODELICA



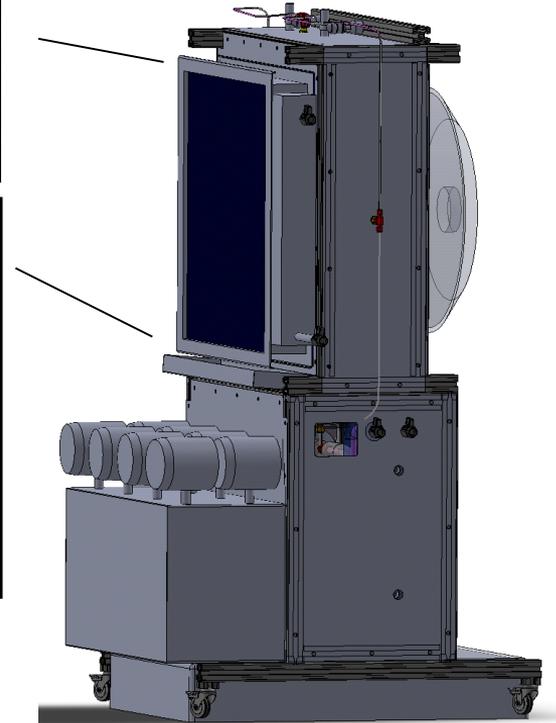
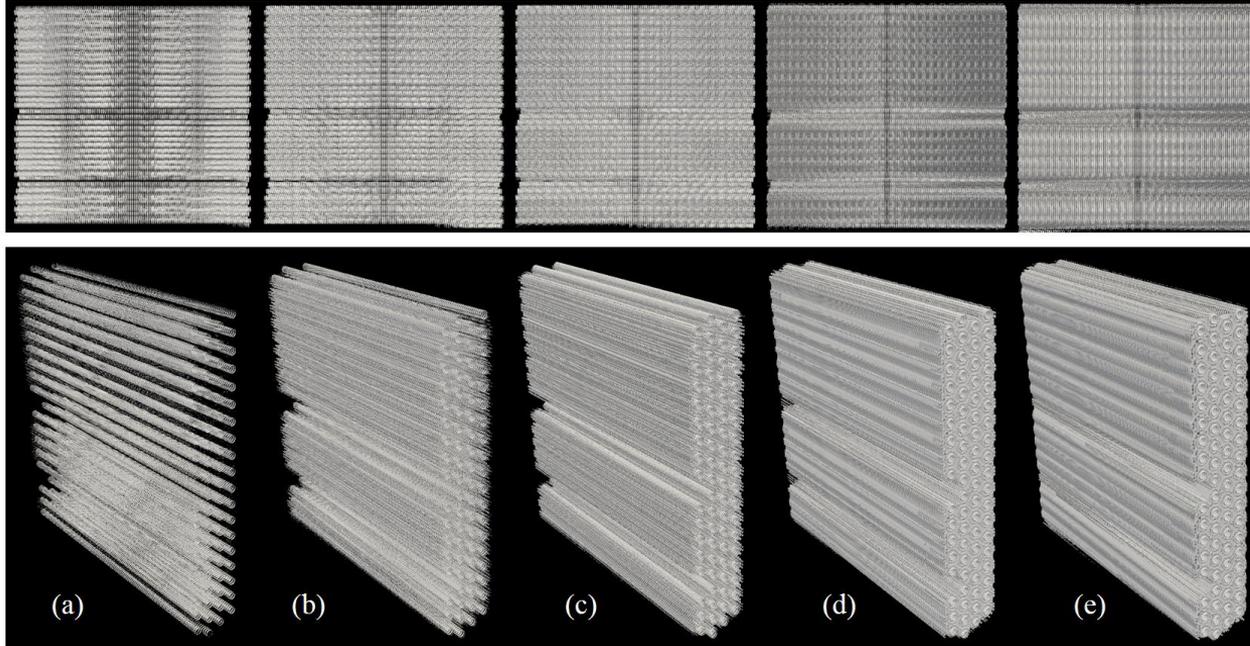
Simulation der SilentAirHP beim Auslegungspunkt A2W35 (Quelle: AIT, Österreich)

EINDIMENSIONALE SYSTEMSIMULATION AUF DER BASIS VON MODELICA



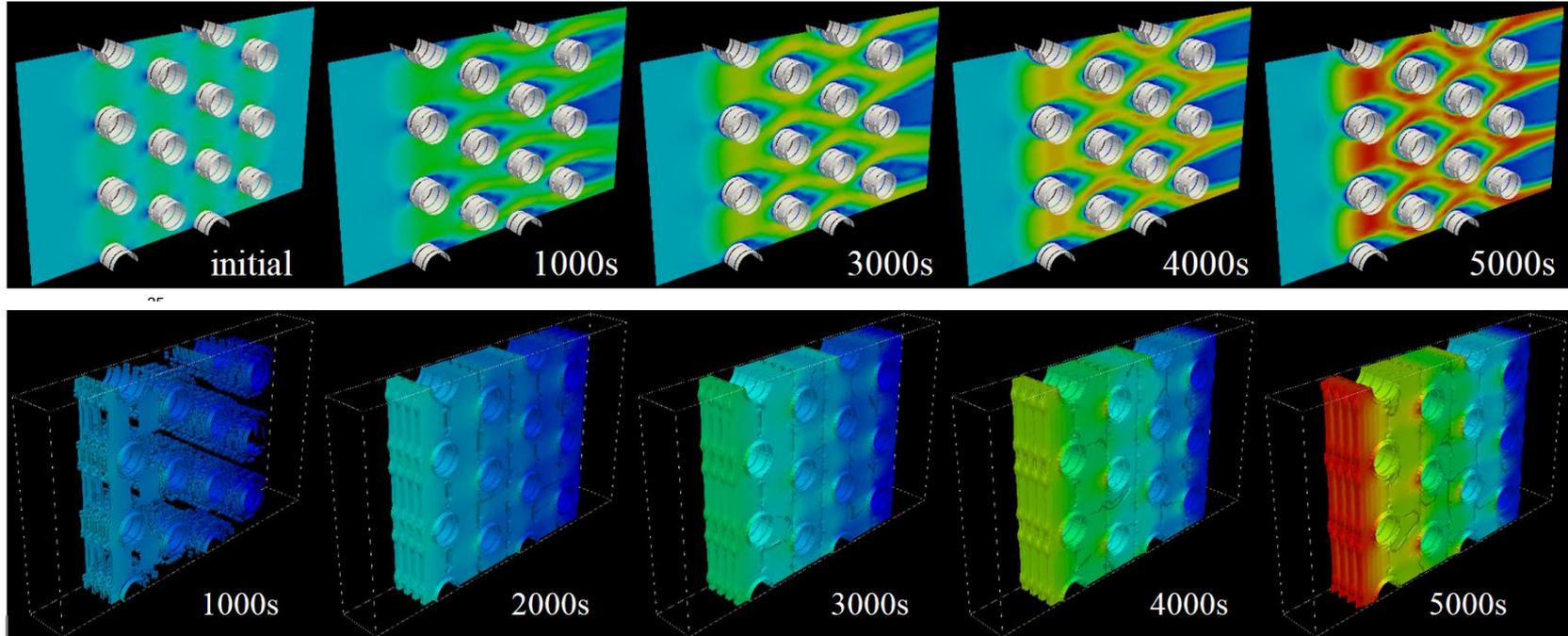
Vergleich von experimentellen Daten der SilentAirtHP mit Simulationsergebnissen im Rahmen der ersten Testmessungen vom April 2017. Die einzelnen Komponenten wurden vermessen und der Gesamtschall-Leistungspegel verglichen. (Quelle: AIT, Österreich)

NUMERISCHE SIMULATION VEREISUNGS- PROZESS EINES WÄRMETAUSCHERS



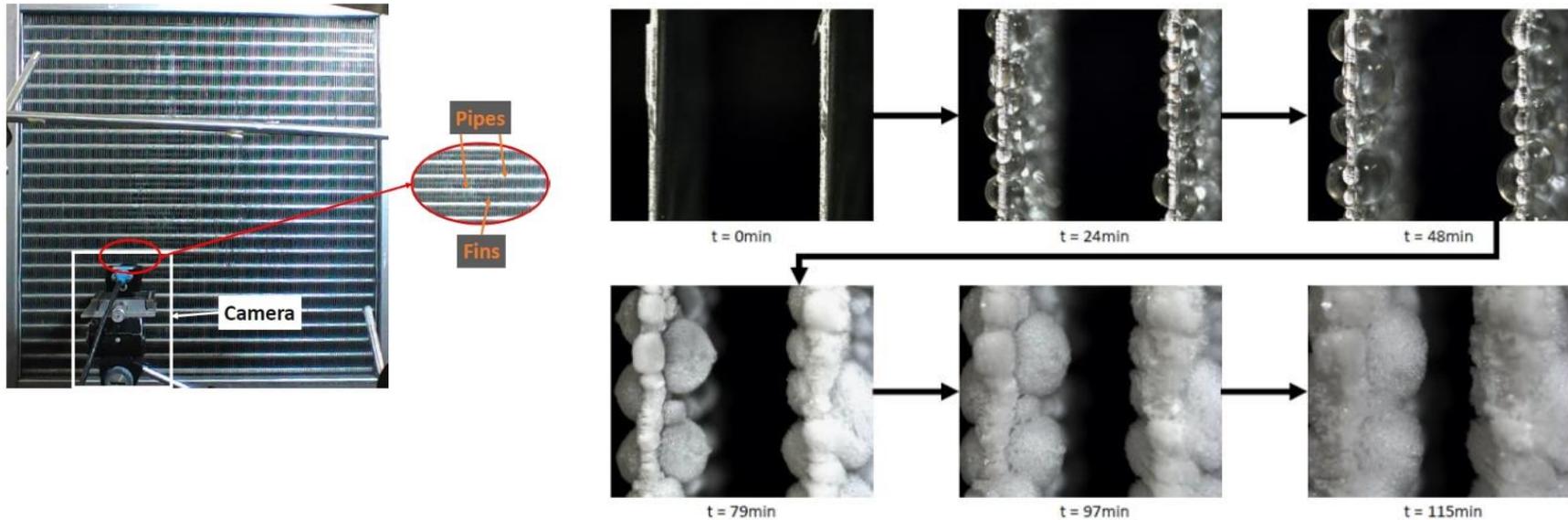
*Zeitliches Verhalten des Eisansatzes am SilentAirHP Wärmeübertrager.
(Quelle: AIT, Österreich)*

NUMERISCHE SIMULATION VEREISUNGS- PROZESS EINES WÄRMETAUSCHERS



Zeitliches Verhalten des Eisansatzes an einem kleinen symmetrischen Teilbereich des Wärmeübertragers. Oben ist die Strömungsgeschwindigkeit, unten der Druckverlust bei schrittweiser Vereisung dargestellt. (Quelle: AIT, Österreich)

NUMERISCHE SIMULATION VEREISUNGS- PROZESS EINES WÄRMETAUSCHERS



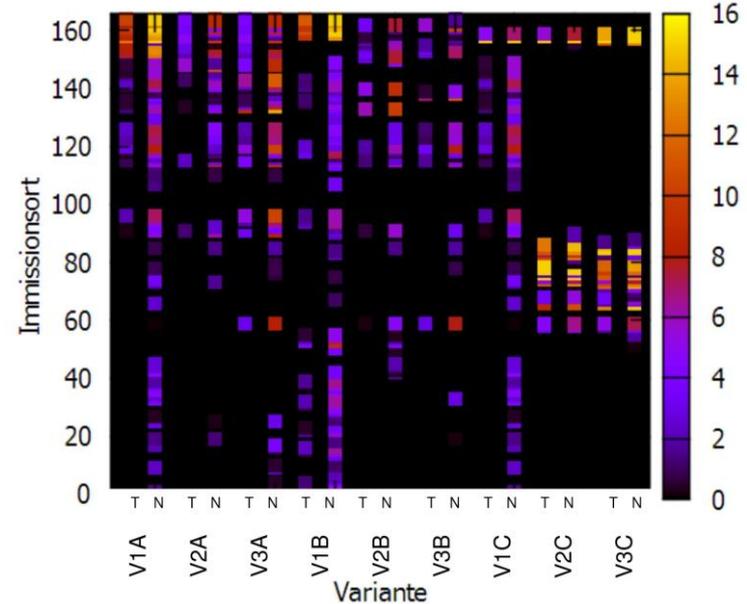
Oberfläche des SilentAirHP-Wärmetauschers und der Makrokamera zur Visualisierung der Frostansammlung an den Wärmetauscherlamellen (links); Frostansammlung an zwei Lamellen des SilentAirHP Wärmeübertragers (rechts). (Quelle: AIT, Österreich)

SCHALLFELDSIMULATIONEN



Immissionspunkte vor Fensterflächen (Quelle: AIT, Österreich)

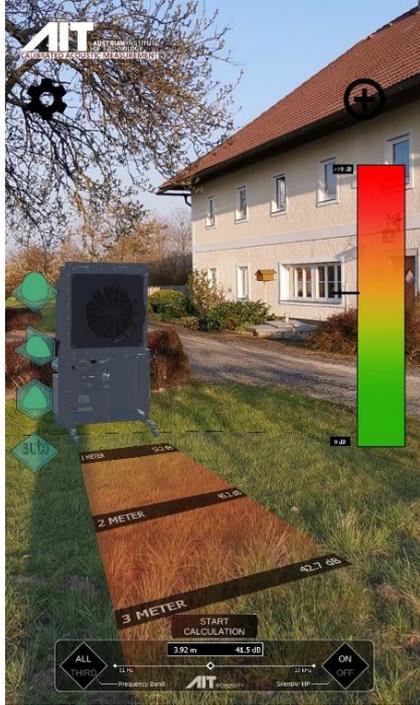
SCHALLFELDSIMULATIONEN



Wärmepumpenaufstellungsorte (links), Strafpunkte wegen Grenzwert-Überschreitung (rechts)
(Quelle: AIT, Österreich)

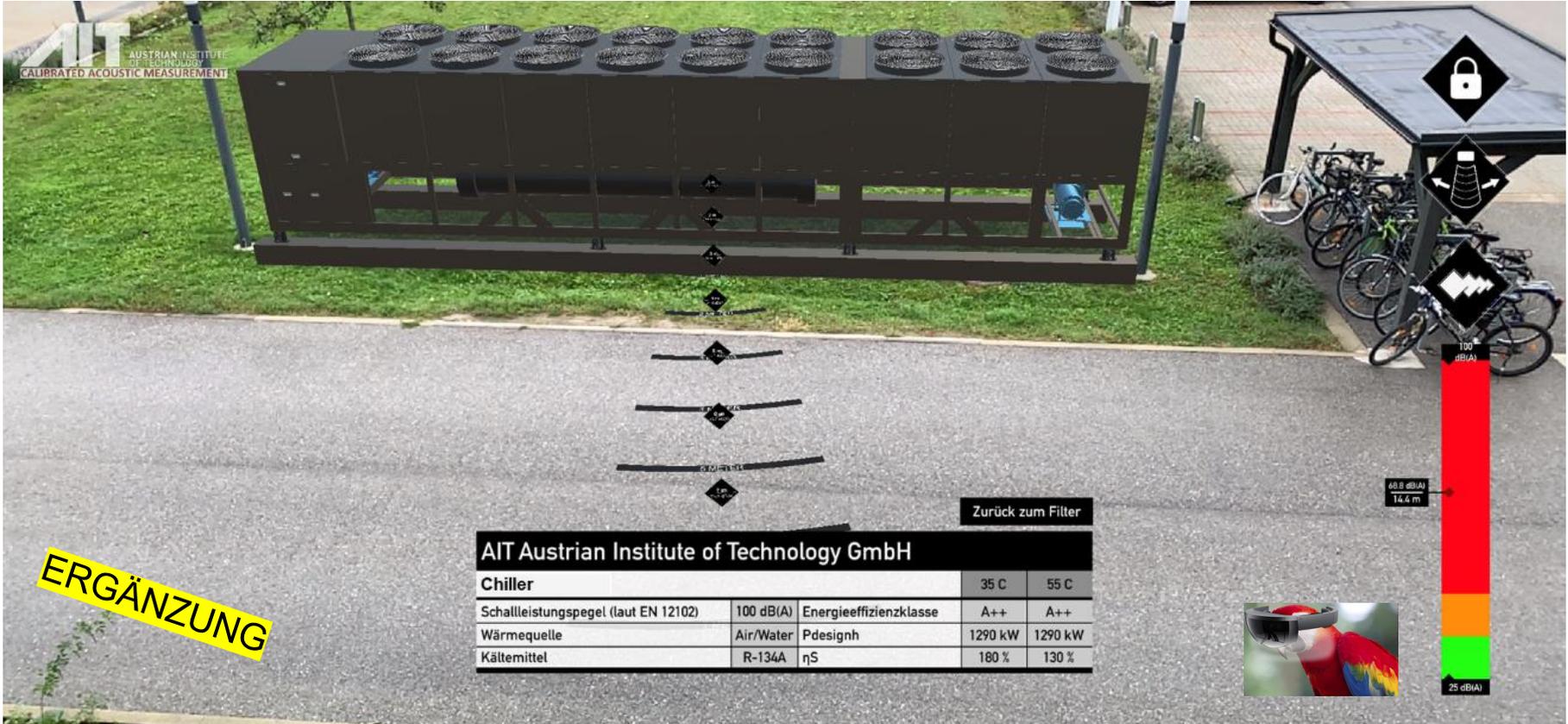
AUGMENTED REALITY / 5 KANAL MESSUNG

ERGÄNZUNG



Der Laborwärmepumpenprototyp SilentAirHP wird virtuell in eine reale Welt eingeblendet und die Schallemissionen werden sichtbar gemacht (links); 5-Kanal Messsystem zur Generierung der Datenbasis für die Aurealisierung der Wärmepumpen in der Augmentend Reality App.

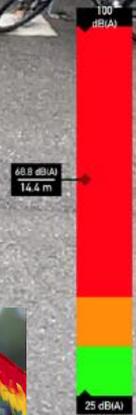
AUGMENTED REALITY / 5 KANAL MESSUNG



ERGÄNZUNG

[Zurück zum Filter](#)

AIT Austrian Institute of Technology GmbH					
Chiller			35 C	55 C	
Schalleistungspegel (laut EN 12102)	100 dB(A)	Energieeffizienzklasse	A++	A++	
Wärmequelle	Air/Water	Pdesignh	1290 kW	1290 kW	
Kältemittel	R-134A	ηS	180 %	130 %	



6 MASSNAHMEN ZUR SENKUNG DER AKUSTISCHEN EMISSIONEN

MASSNAHME – WIRKUNG – EINFLUSS AUF SPL

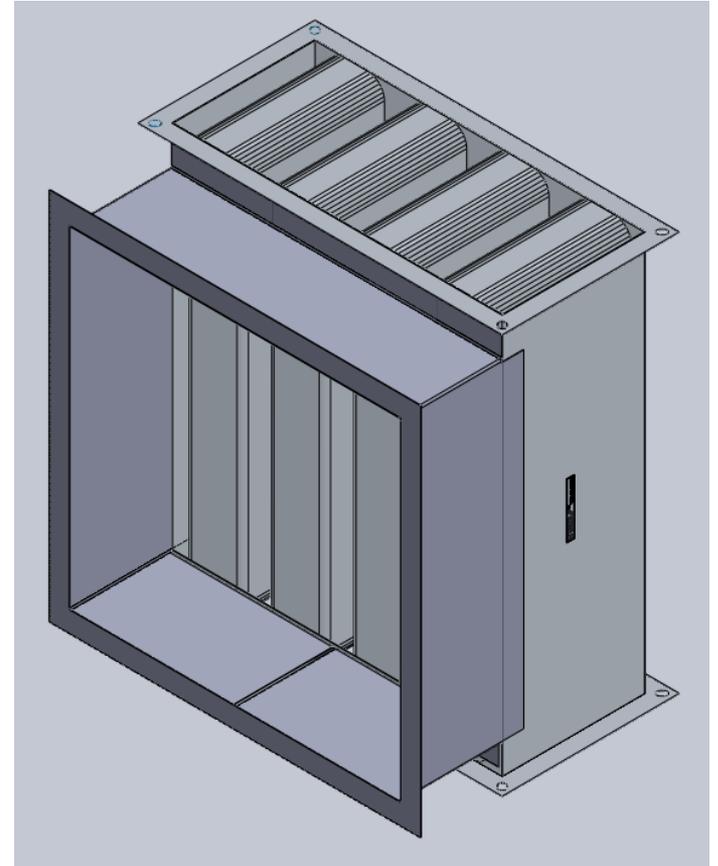


LÄRMSCHUTZMASSNAHMEN

Folgende Module wurden bei der SilentAirHP ausgelegt:

- Luftschallisolation des Verdichters
- Körperschallisolation des Verdichters
- Kapselung des Verdichters
- Schallabsorption im geraden Luftkanal
- Schallabsorption im Umlenkluftkanal
- Kulissenschalldämpfer im geraden Luftkanal
- Kulissenschalldämpfer im Umlenkluftkanal
- Diffusor für Ventilator
- Flügelblattoptimierung des Ventilators

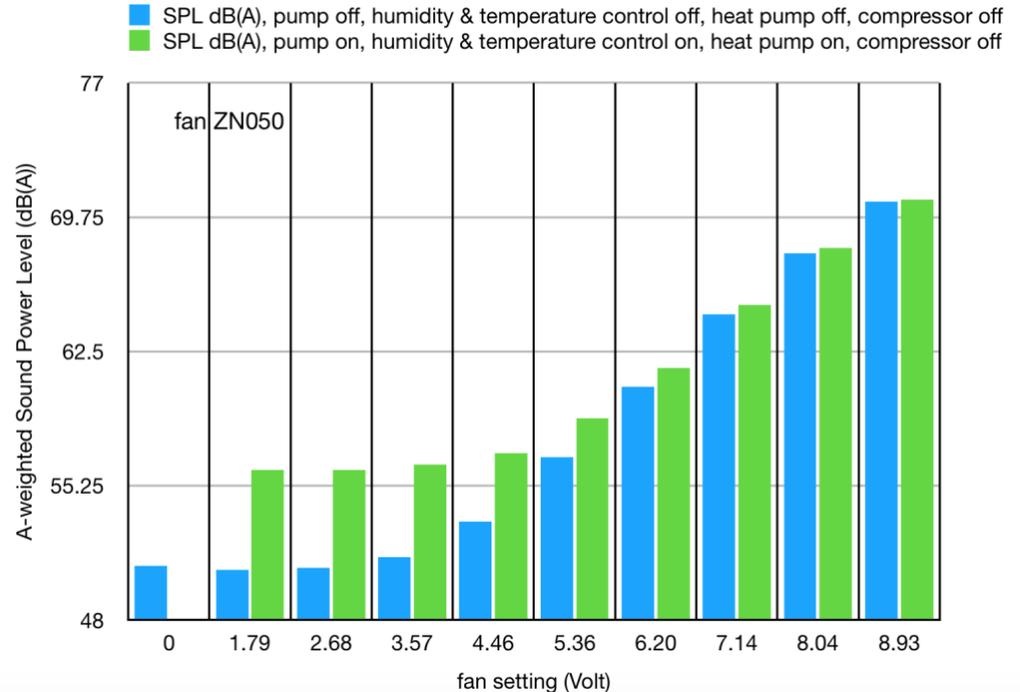
Kombinationsschalldämpfer zur Nachrüstung für eine Luftwärmepumpe. Der Einfluss des zusätzlichen Druckverlustes wird sowohl experimentell als auch mit den Simulationen untersucht werden.



VENTILATOR DREHZAHL

Einfluss der Klimakammertechnik auf den Schalleistungspegel bei unterschiedlicher Ventilator drehzahl

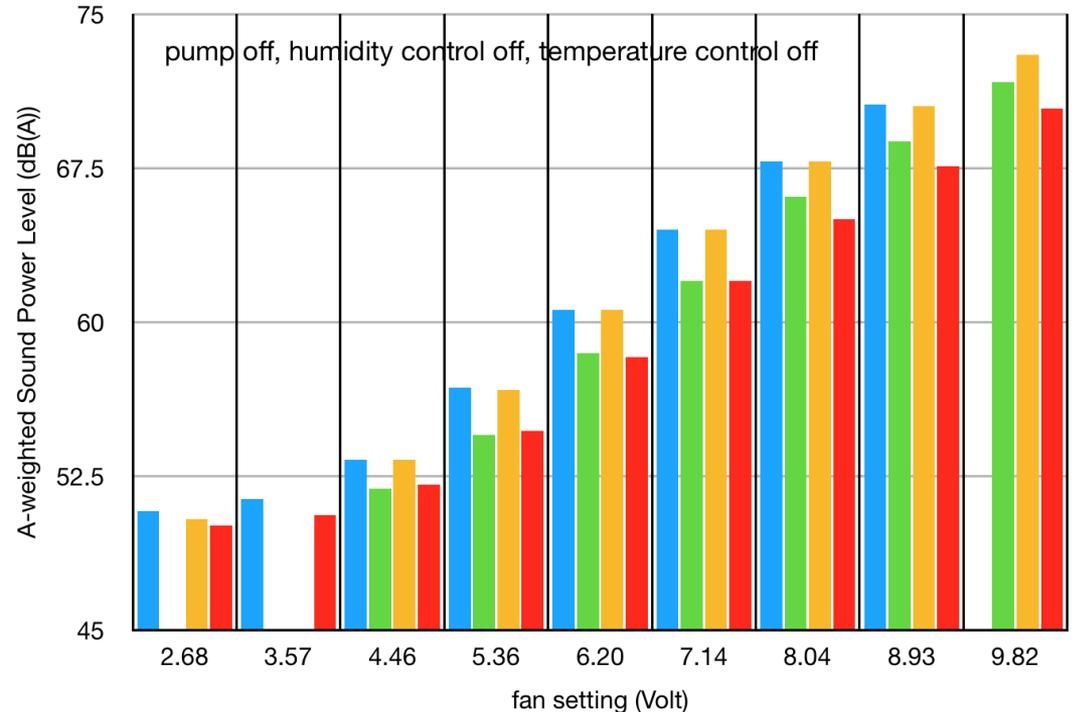
A-bewerteter Schalleistungspegel als Funktion der Steuerspannung des Ventilators bei der Untersuchung des Einflusses der Klimakammertechnik. Die beiden Ventilatoren ZN050 und FC050 haben unterschiedliche Drehzahl als Funktion der Steuerspannung. 10V Steuerspannung entsprechen 1120 rpm beim ZN050 und 890 rpm beim Ventilator FC050.



VENTILATOR DREHZAHL

Schalleistungspegel bei unterschiedlichen baulichen Schalldämm-Maßnahmen und 2 unterschiedlichen Ventilatoren

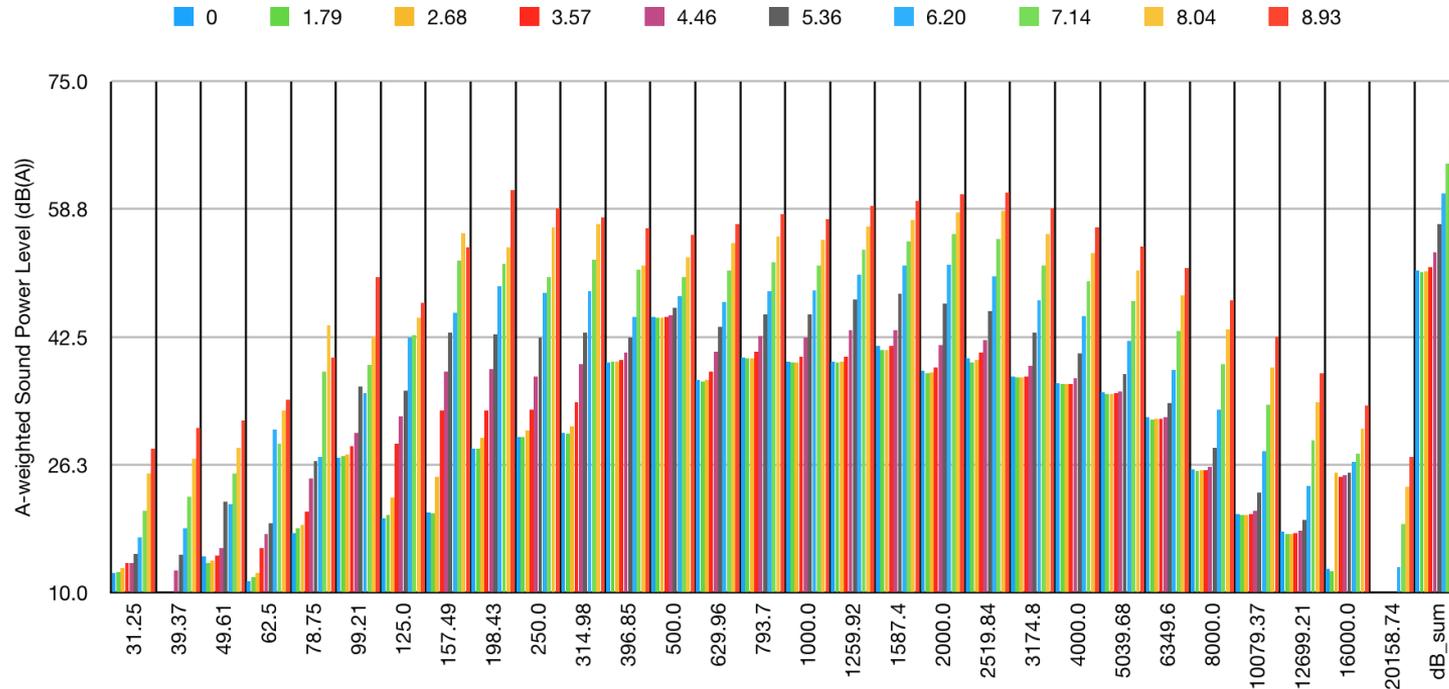
- SPL dB(A), ZN050
- SPL dB(A), FC050, Kulissenschalldämpfer
- SPL dB(A), FC050
- SPL dB(A), FC050, Umlenkung



A-bewerteter Schalleistungspegel als Funktion der Steuerspannung des Ventilators für verschiedene bauliche Schalldämm-Maßnahmen und 2 unterschiedliche Ventilatoren

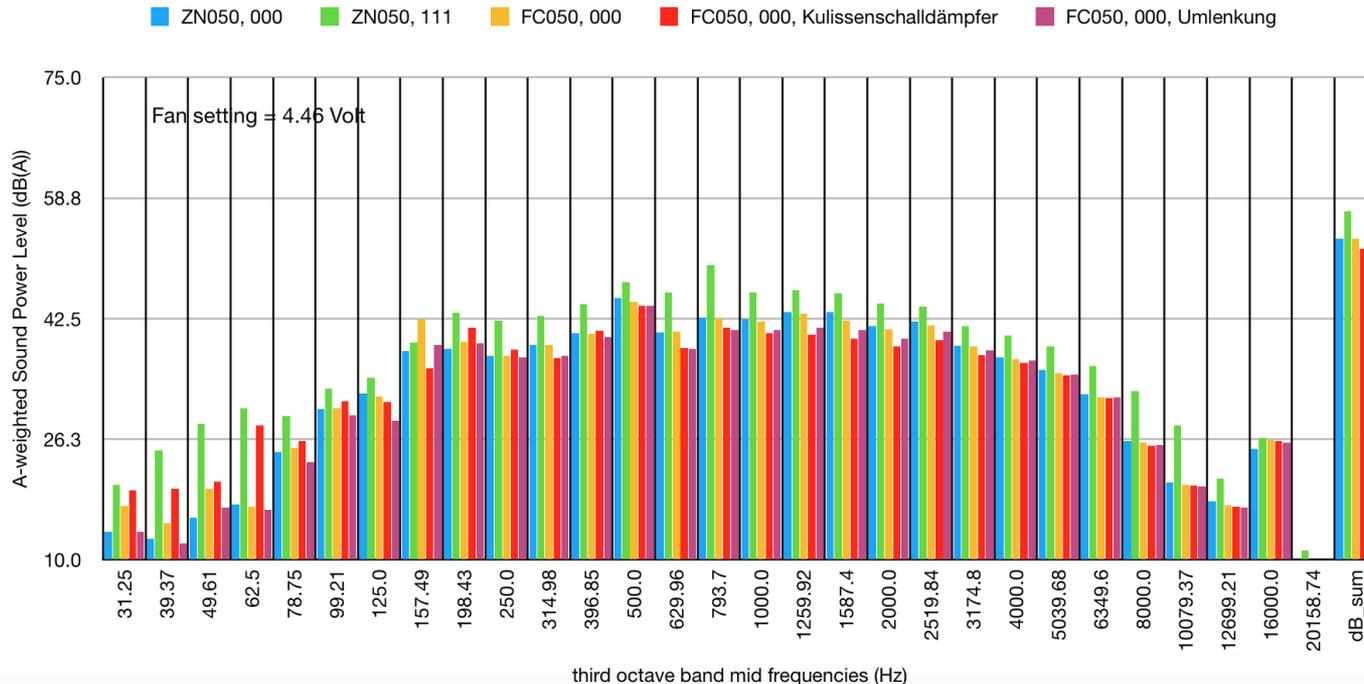
VENTILATORORDREHZAHL

Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalleistungspegels als Funktion der Steuerspannung des Ventilators ZN050



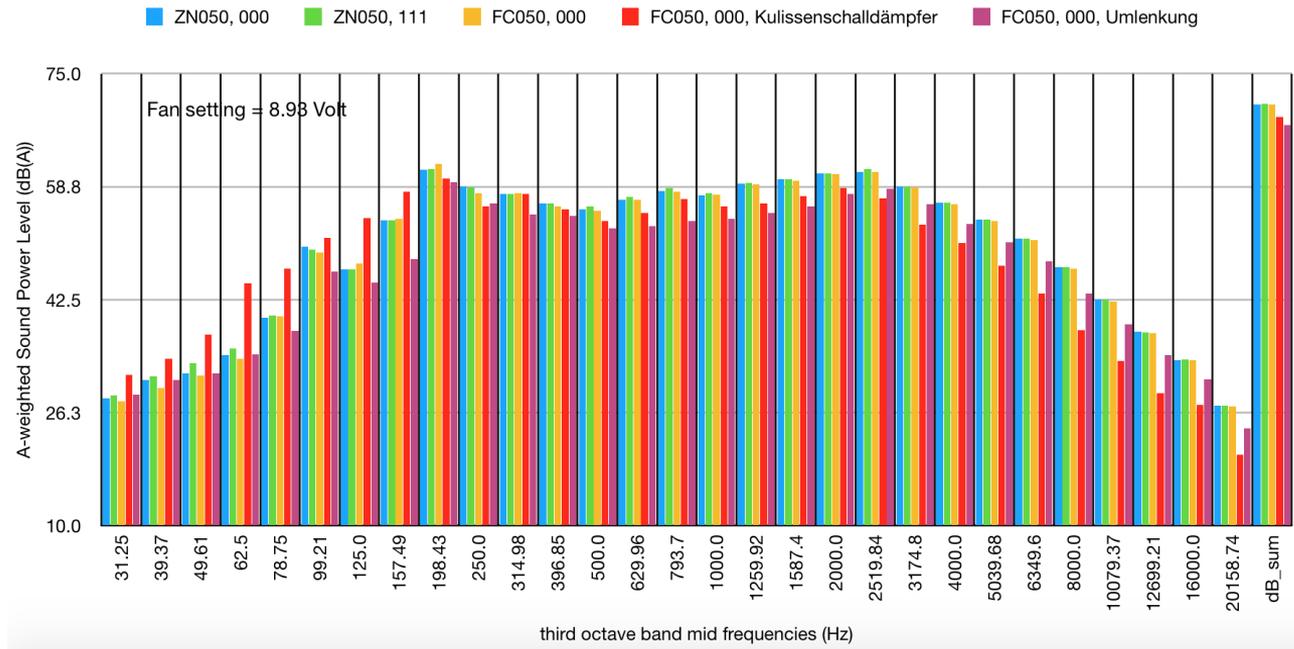
VENTILATORORDREHZAHL

Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalleistungspegels für eine Ventilator-
Steuerspannung von 6.20 Volt für 2 unterschiedliche Ventilatoren und unterschiedliche
Schalldämm-Maßnahmen (fan = 4.46 V)



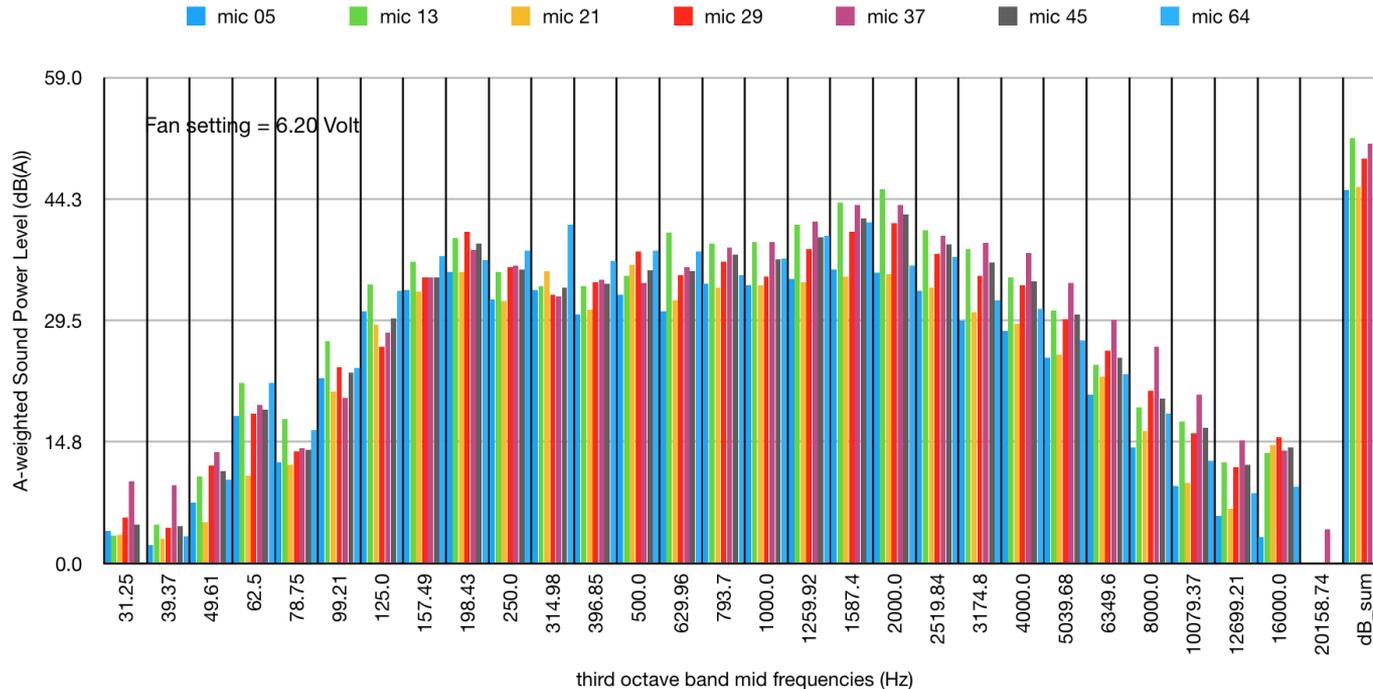
VENTILATORORDREHZAHL

Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalleistungspegels für eine Ventilator-
Steuerspannung von 6.20 Volt für 2 unterschiedliche Ventilatoren und unterschiedliche
Schalldämm-Maßnahmen (fan = 8.98 V)



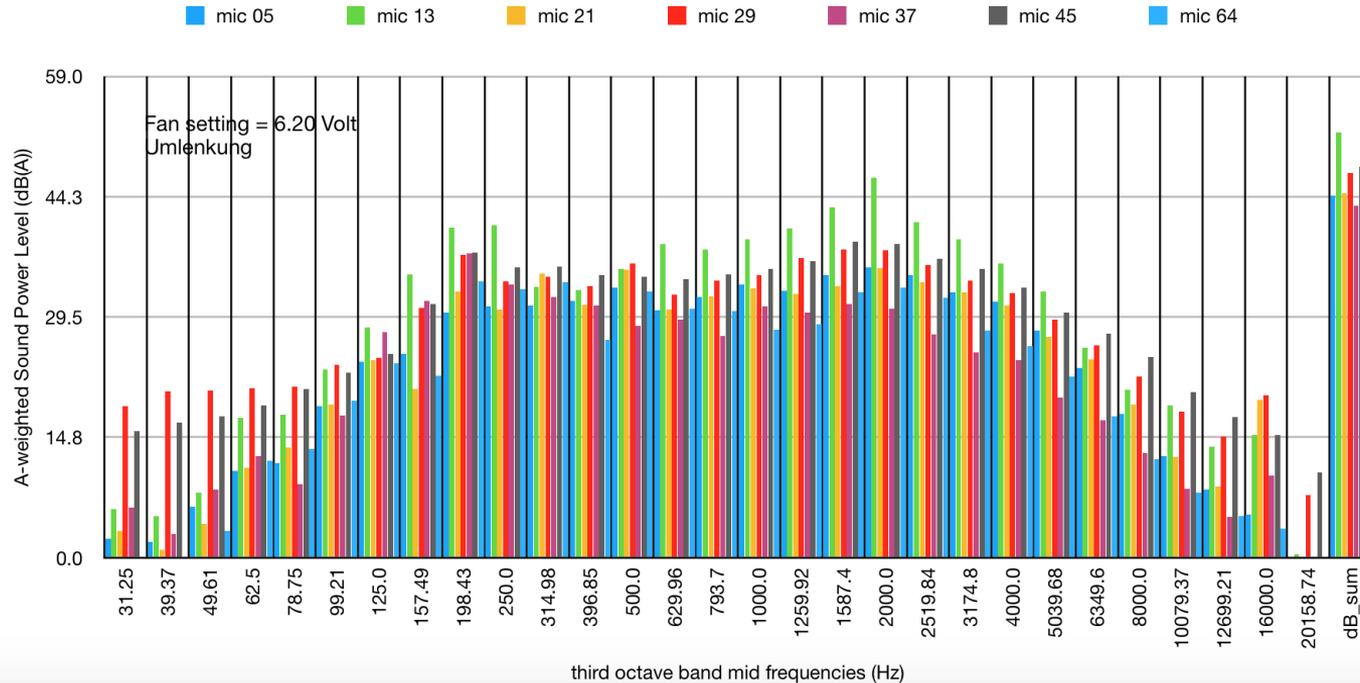
VENTILATORORDREHZAHL

Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalldruckpegels für eine Ventilator-Steuerspannung von 6.20 Volt für der Ventilator ZN050 **ohne bauliche Maßnahme** bei abgeschalteter Klimakammertechnik. Gezeigt sind die Spektren von **unterschiedlichen Mikrofonen**



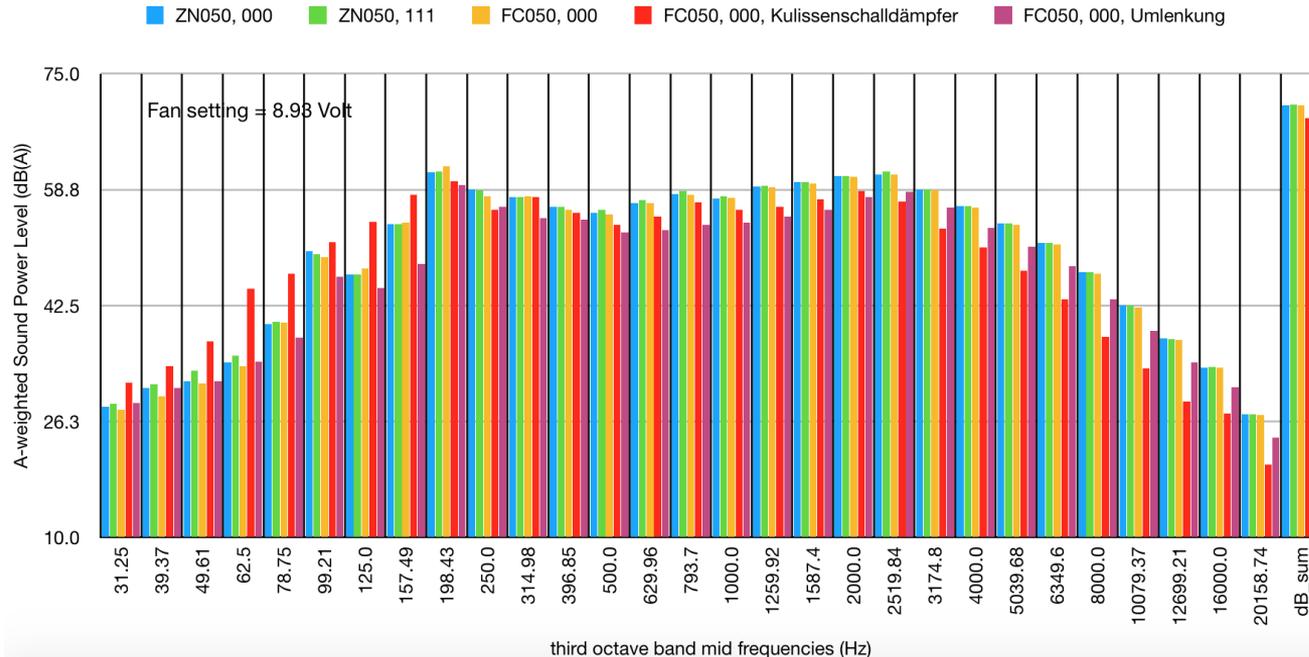
VENTILATORORDREHZAHL

Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalldruckpegels für eine Ventilator-Steuerspannung von 6.20 Volt für der Ventilator ZN050 mit Umlenkung bei abgeschalteter Klimakammertechnik. Gezeigt sind die Spektren von unterschiedlichen Mikrofonen



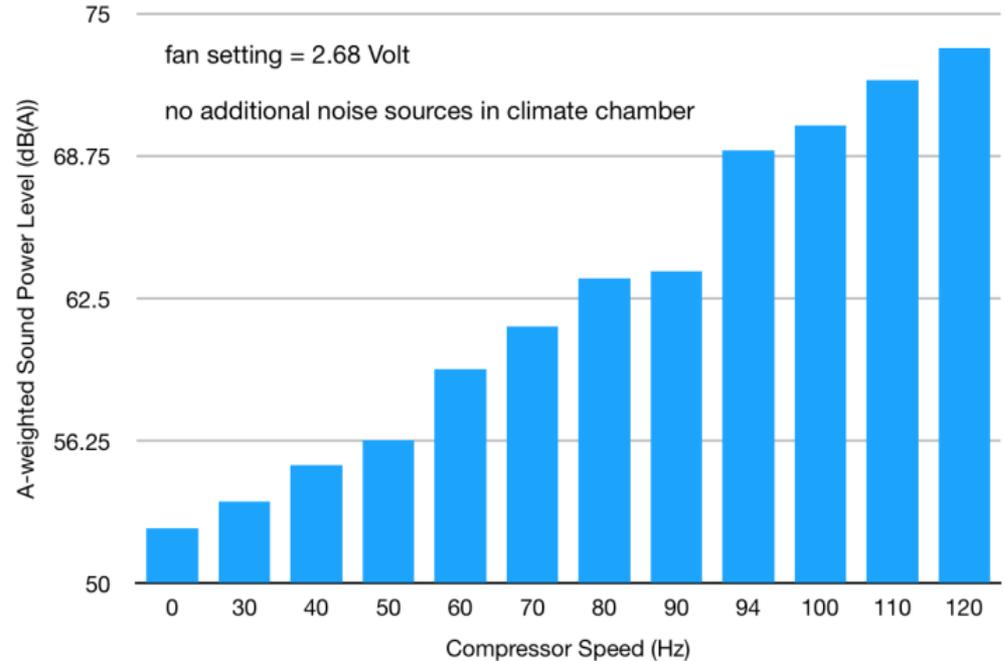
VENTILATORORDREHZAHL

Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalleistungspegels für eine eine Ventilator-
Steuerspannung von 6.20 Volt für **2 unterschiedliche Ventilatoren und unterschiedliche
Schalldämm-Maßnahmen**



KOMPRESSORDREHZAHL

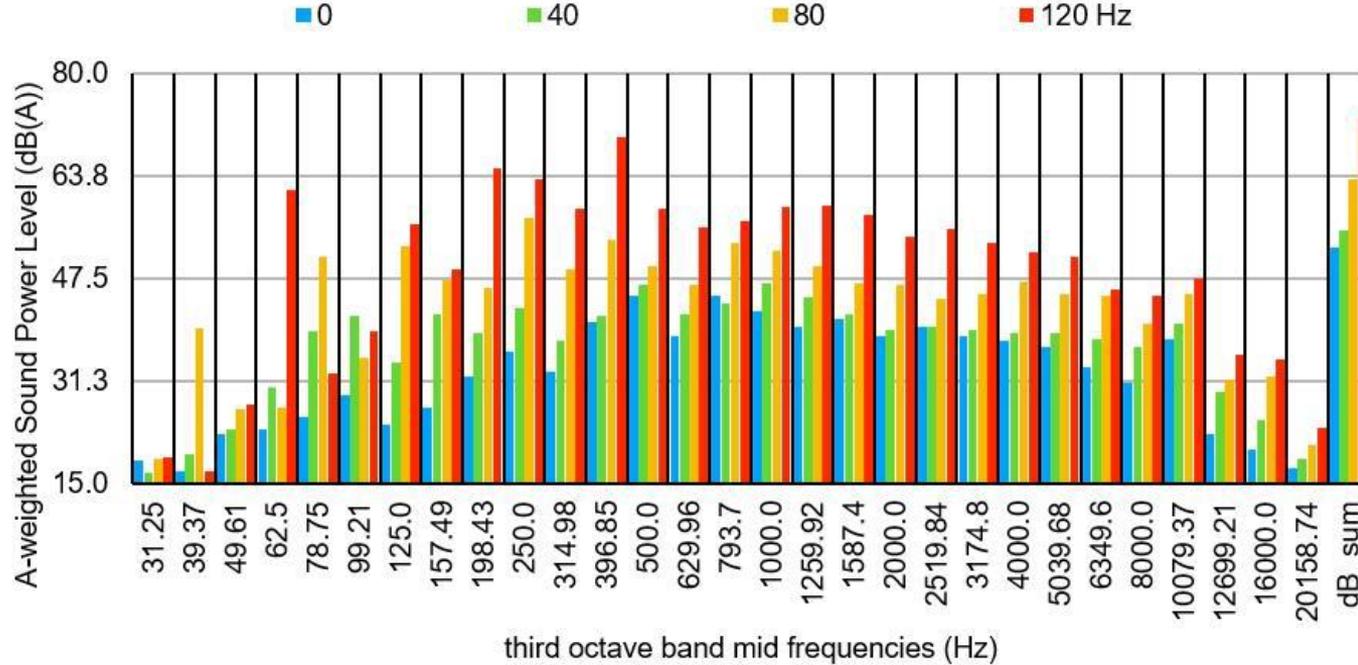
Einfluss der Kompressordrehzahl auf den Schalleistungspegel



A-bewerteter Schalleistungspegel als Funktion der Kompressordrehzahl

KOMPRESSORDREHZAHL

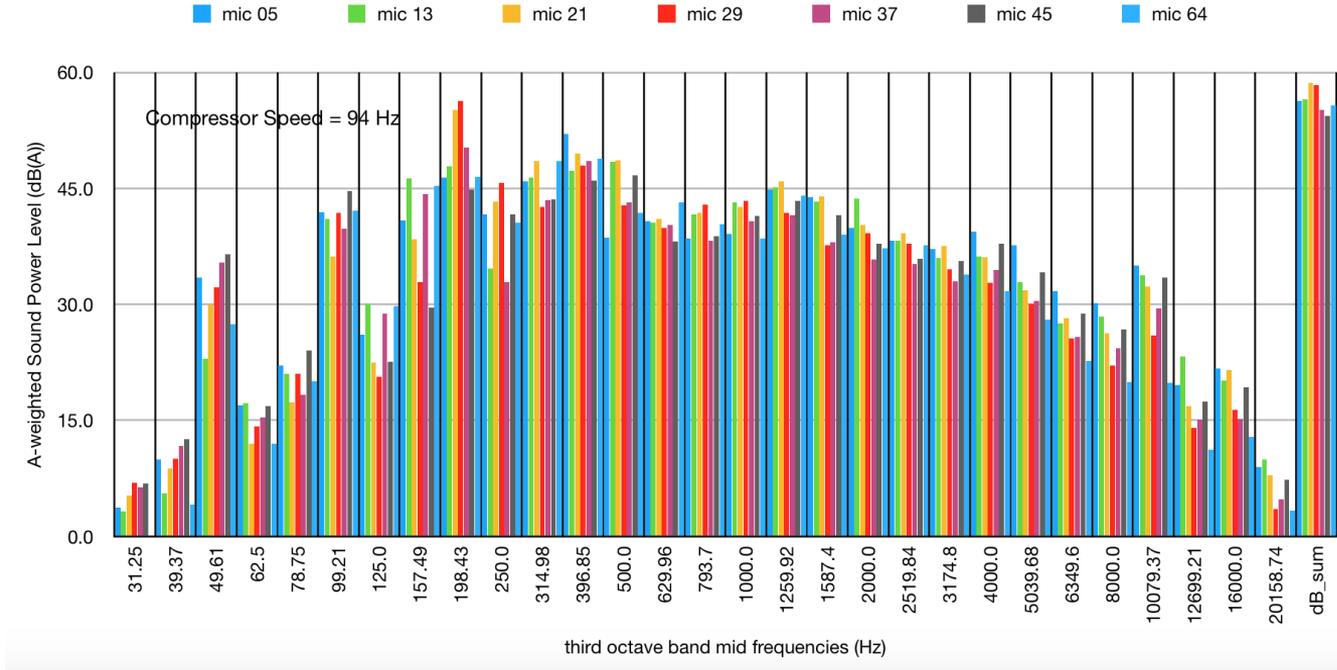
Einfluss der Kompressor Drehzahl auf den Schalleistungspegel



Detail-Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalleistungspegels in
Abhängigkeit der Kompressor Drehzahl

KOMPRESSORDREHZAHL

Einfluss der Kompressor Drehzahl auf den Schalleistungspegel



Spektraldarstellung des A-bewerteter Schalldruckpegels für eine Kompressor-Drehzahl von 94 Hz. Gezeigt sind die Spektren von **unterschiedlichen Mikrofonen**

LÄRMSCHUTZMASSNAHMEN

Maßnahme		Wirkungsmechanismus	Einfluss auf den Schalleis- tungspegel
Konstruktive Maßnahmen an der L/W-WP			
1	Kapselung des Verdichters	bei Außenaufstellung besonders wirksam	Ungekapselter Kompressor nicht verfügbar
2	Körperschallisolation des Verdichters		Wurde nicht untersucht
2a	Luftschallisolation des Ver- dichters	Anbringung einer Akustik-Verdich- terhaube	Reduktion: <1 dB(A)
3	Körperschallisolation des Ventilators	Weniger Körperschallübertragung auf Gehäuse und Kanäle	Wurde nicht untersucht
4	Verbesserung der Strömung in Ventilatornähe	Diffusor	Reduktion: 2 dB(A)
4	Schallabsorbierende Kana- lisation	Dämmmaterial	Reduktion: <4 dB(A) bei maxi- maler Ventilator Drehzahl
6	Eckige Kanalumlenkungen mit zusätzlicher Ausklei- dung	Umlenkung als Reflexions-Schall- dämpfer nutzen. Auf große Kanal- breite achten und Abstrahlung nach oben bevorzugen	Reduktion: 2 dB(A)

LÄRMSCHUTZMASSNAHMEN

7a	Absorptions-Schalldämpfer	Umlenk-Kulissenschalldämpfer	Reduktion: 2.5 dB(A) ¹
7b	Absorptions-Schalldämpfer	Umlenkung	Reduktion: 2.5 dB(A) ²
8	Vermeidung von Kanalresonanzen	Abstimmung von Länge und Querschnitt der Kanäle	Wurde nicht untersucht
9	Leitbleche in Krümmern	Geringere Turbulenzen und geringerer Druckverlust	Wurde nicht untersucht
Komponentenspezifische Maßnahmen			
10	Lärmarmer Verdichter	Lärmreduktion der Quelle	Verdichter wurde nicht getauscht
11	Geräuscharmer Ventilator-typ	Reduktion der Ventilatorgeräusche	Reduktion: 8 dB(A) ³
12	Entdröhnung der Ventilatorflügel	Geringere Körperschallabstrahlung durch die Flügel	Siehe 11
13	Optimierung des Betriebspunktes des Ventilators	Reduktion des Ventilatorgeräusches durch bessere Strömungsbedingungen	Siehe 4
14	Optimierung des Verdampfers	Reduktion des Druckverlustes über den Verdampfer	Abhängig von Ventilator Kennlinie (z.B.: 5 dB(A) bei Halbierung des Druckverlustes)
15	Anti-Eis-Beschichtungen	Verzögerung von Eisansatz, Veränderung Abtauverhalten des Wärmetauschers	Keine Änderung in der Schallleistung ⁴

LÄRMSCHUTZMASSNAHMEN

Regelungstechnische Maßnahme			
16	Optimierung der Ventilator-drehzahl	Durch verschiedene Schaltungen o-der mit Vorwiderständen ist bei Bedarf eine einfache Drehzahlre-dukution möglich	Abhängig von Ventilator-kennlin- nie (z.B.: 5 dB(A) bei Reduktion um 100 <u>rpm</u>)
17	Optimierung der Steuerung	Weniger Ein-/Aus-Schaltvorgänge und kürzere Betriebsdauer in der Nacht, Teillastbetrieb während der Nacht	Bei A2W35 und Nachtabenkung (12h): 10 dB(A), Tag 4.5 dB(A) mehr. ⁵
18	Abtaustrategien	Geändertes Eisansatzverhalten	„Abtaugeräuschpegel“ < „Be- triebs-pegel“
Aktive Maßnahmen			
19	Active Noise Cancelling (ANC)	Aktive Generierung von Gegen- schall	Eindimensionale Schallfelder können mit Gegenschall gut be- kämpft werden (~7dBA Reduk- tion.). Die dreidimensionalen Fel- der im Nachlauf des Ventilators können kaum beeinflusst werden.

Bewertungskatalog aufbauend auf dem „Leitfaden zur Akustik von Luft-Wasser-Wärmepumpen“ des „Verbands Wärmepumpe Austria“. Resultate beziehen sich auf die jeweilige betrachtete Komponente der SilentAirHP.

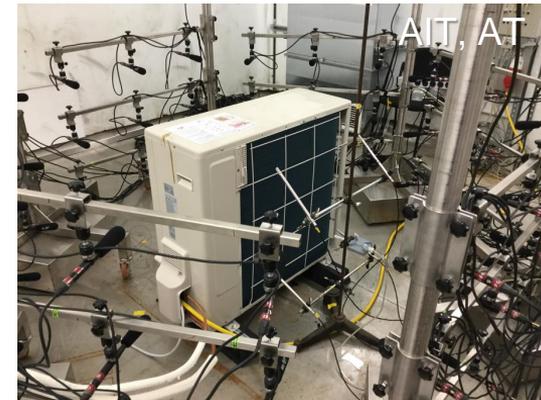
7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

AKTUELLER STATUS DES IEA HPT ANNEX 51
NÄCHSTE SCHRITTE



ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- IEA HPT Annex 51 "Acoustic Signatures of Heat Pumps" mit 12 teilnehmenden Institutionen aus 6 Ländern
- Diskussion der rechtlichen Grundlage und verfügbaren Dokumente
- Simulationen erlauben Funktionsberechnungen und Visualisierung der Schallausbreitung
- Ventilator und Kompressor zeigen charakteristische Schallemissionen in Abhängigkeit von Drehzahl und Richtung
- Demonstration von Massnahmen zur Senkung der akustischen Emissionen am Beispiel der SilentAirHP



DANKSAGUNG



Die Arbeiten zum "IEA HPT Annex 51" werden im Rahmen der "IEA Research Cooperation" finanziell unterstützt, das Projekt "SilentAirHP" im Rahmen des "Klima Energy Fonds" im Auftrag des "Österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie".

 Federal Ministry
Republic of Austria
Transport, Innovation
and Technology



FFG



IEA RESEARCH
COOPERATION





Acoustic Signatures
of Heat Pumps

IEA HPT

Annex 51

DANKE!

Christoph Reichl für das
AIT und Annex 51 team

28.10.2020

