

Schlussbericht, 9. Januar 2020

Kurzdokumentation zweier Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Umfeld

Aussenaufgestellte Anlage für ein Mehrfamilienhaus in Basel-Stadt



Autoren

Adrian Hausmann, Weisskopf Partner GmbH, Zürich

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Einleitung	5
3	Ausgangslage.....	5
4	Anlagekonzept.....	6
5	Akustik	7
6	Anlageneffizienz.....	10
7	Fotos.....	12
8	Anhang.....	15

1 Zusammenfassung

Die hier vorliegende Kurzdokumentation beschreibt ausgewählte Aspekte von zwei aussenaufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen, welche 2017 als Ersatz für die veraltete Gasheizung in einem Mehrfamilienhaus in Basel-Stadt installiert wurden.

Ziel dieser Kurzdokumentation ist es aufzuzeigen, dass durch sorgfältige Planung und Umsetzung bestehende fossile Wärmeerzeuger bei Mehrfamilienhäusern durch erneuerbare effizientere Systeme wie die aussenaufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe ersetzt werden können.

Ein Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen im urbanen Umfeld ist bis heute aufgrund von Schallemissionen eher selten anzutreffen. Das Beispiel in Basel-Stadt zeigt, dass auch bei knappen Platzverhältnissen und geringen Abständen zu umliegenden Gebäuden aussenaufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen gut einsetzbar sind.

2 Einleitung

Im Mehrfamilienhaus am Wiesenschanzweg 36 in Basel wurde 2017 die Gasheizung durch zwei aussenaufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen ersetzt.

EnergieSchweiz veröffentlicht informative Publikationen zu ausgewählten Wärmeerzeugersanierungen. Weisskopf Partner GmbH (WKP) wurde angefragt, für diesen Zweck eine Kurzdokumentation zu verfassen. Die vorliegende Kurzdokumentation widmet sich den Themen Anlagekonzept, Akustik im urbanen Umfeld und Anlageneffizienz.

Als Grundlage für die Kurzdokumentation dienten die technischen Datenblätter der Wärmepumpe, das Prinzipschema des ausführenden Installateurs Omlin Energiesysteme AG, die Lärmmessung und -berechnung von Martin Lienhard sowie die Energiebuchhaltung und Anlageneffizienzberechnung des Liegenschaftseigentümers Urs M. Fischer.

Die Besichtigung der Anlage erfolgte durch Herr Adrian Hausmann von WKP am 23. Mai 2019 im Beisein der Herren Urs M. Fischer und Martin Omlin.

Den beiden Herren sei an dieser Stelle gedankt für ihre aufgewendete Zeit und die Offenheit zur Beantwortung von Fragen.

3 Ausgangslage

Die 1934 in Massivbauweise erstellte Liegenschaft am Wiesenschanzweg 36 ist ein Mehrfamilienhaus mit 11 Mietwohnungen. Vom Basler Denkmalschutz ist das Haus als Inventarobjekt klassifiziert. Mit Ausnahme der kürzlich sanierten Fenster, eines ausgeflockten Estrichbodens und der nachträglich gedämmten Kellerdecke entspricht die Gebäudehülle dem Originalzustand. Die Energiebezugsfläche (EBF) beträgt derzeit 798 m² und wird sich künftig infolge einer geplanten Dachgeschossaufstockung auf 1'026 m² vergrössern.

Vor dem Einbau der Wärmepumpen wurde eine Gasheizung aus dem Jahre 1978 betrieben. Aufgrund des zunehmenden Alters der Anlage war die Ersatzteilbeschaffung nicht mehr gewährleistet, wodurch sich ein Heizungsersatz aufdrängte.

Obwohl zum Zeitpunkt der Realisierung das Energiegesetz Basel-Stadt einen 1:1-Ersatz von fossilen Wärmeerzeugern noch erlaubte, war für den Eigentümer klar, künftig auf ein erneuerbares Heizsystem zu setzen. Folge dessen befasste sich der Eigentümer und Architekt, Herr Fischer, mit den gängigsten Technologien. Er verzichtete auf einen detaillierten Heizsystem- und Wirtschaftlichkeitsvergleich, machte sich aber folgende Überlegungen:

- Eine Erdsonden-Wärmepumpe wäre zwar bewilligungsfähig gewesen, die Grundstückfläche ist jedoch beschränkt, was sich nachteilig auf die Abstände der abzuteufenden Erdsonden ausgewirkt hätte. Zudem hätte eine Einbringung des Bohrgeräts nur mit einem kostspieligen Kranzug über das Gebäude erfolgen können.
- Der Eigentümer sprach sich wegen den Feinstaubemissionen gegen eine Pelletfeuerung aus.

- Für eine innenaufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe reichte der Platz nicht aus. Weiter wären grössere Aussparungen in den Kelleraussenwänden für die Luftfassung der Wärmepumpe notwendig gewesen, was eine Neu Beurteilung der Erdbbensicherheit des Gebäudes mit sich gezogen hätte.
- Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe in Split-Ausführung wurde aufgrund der tendenziell höheren Schallemissionen gegenüber aussenaufgestellten Wärmepumpen verworfen.

Letztendlich fiel der Entscheid trotz Investitionskosten von CHF 159'000.-¹ zugunsten der beiden aussenaufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpen aus. Der Einbau eines neuen Gaskessels wäre gemäss Herr Fischer auf CHF 32'000 zu stehen gekommen - dies als Vergleich.

Die umgesetzte Lösung wird in den nachfolgenden Kapiteln vorgestellt.

4 Anlagekonzept

Die Wärmeaufbereitung erfolgt ganzjährig über die beiden aussenaufgestellten Wärmepumpen. Mittels erdverlegter, isolierter Leitungen wird die produzierte Wärme in die Technikzentrale im Keller des Mehrfamilienhauses geführt. Wie das Prinzipschema im Anhang zeigt, sind in der Zentrale Energiespeicher (2 x 800 L), Trinkwarmwasserspeicher (2 x 850 L), Expansion, Pumpen, Ventile und Wärmezählung untergebracht.

Die Einbindung einer späteren thermische Solarnutzung ist bereits vorgesehen.

Während des Heizbetriebs speisen die Wärmepumpen die Heizgruppen. Die Heizgruppe Radiatoren wird im Auslegefall bei -7°C Aussentemperatur mit einer Vorlauf- bzw. Rücklauf-temperatur von 55/45°C betrieben. Eine separate Heizgruppe Radiatoren DG wird dereinst die neu erstellte Dachaufstockung mit einer Betriebstemperatur 45/35°C versorgen. Beide Heizgruppen verfügen über eine witterungsgeführte Vorlauf-temperaturregelung. Die Energiespeicher werden mit gleitender Vorlauf-temperatur gefahren.

Für die Trinkwarmwasserladung wird das Umschaltventil (Entweder-oder-Schaltung) betätigt, bis die Trinkwarmwasserspeicher durchgeladen sind. Zur thermischen Desinfektion (Legionellen) erreichen die Wärmepumpen eine Spitzenvorlauf-temperatur von 65°C. Um auch bei einem Wärmepumpenausfall eine minimale Versorgung gewährleisten zu können, verfügen Energie- und Trinkwarmwasserspeicher über Elektroheizeinsätze. Die Elektroheizeinsätze sind mit externen Schalter und Elektrozähler ausgerüstet, sodass ein unbeabsichtigter Betrieb verhindert wird.

Die beiden Wärmepumpen werden mit dem synthetischen Kältemittel R410A betrieben. Sie verfügen je über einen Inverter-Verdichter. Dies ermöglicht eine Modulation von Wärmepumpenleistung und Betriebstemperaturen, damit jederzeit die produzierte Wärme dem Wärmebedarf des

¹ Die Investitionskosten beinhalten nebst den beiden Wärmepumpen, Energiespeicher, Trinkwarmwasserspeicher, Expansion, neue Heizgruppen, Energiemessung, elektrische sowie bauliche Massnahmen.

Gebäudes entspricht. Dadurch werden die Wärmepumpen stets im Optimum betrieben, wodurch sich höhere Arbeitszahlen gegenüber konventionellen Wärmepumpenverdichtern erreichen lassen.

Beim eingesetzten Wärmepumpenfabrikat handelt sich um ein Produkt der Firma Viessmann. Tabelle 1 fasst die wichtigsten Eckdaten der Wärmepumpe zusammen.

Eckdaten Wärmepumpe

Hersteller	Viessmann
Typ	Vitocal 300-A, AWO-AC 301.B14
Kältemittel	R410A
Füllmenge Kältemittel	4.75 kg
Max. Vorlauftemperatur bei -5°C Aussentemperatur	65°C
Leistungsdaten (A2/W35)	
Heizleistung	8.50 kW
Elektrische Leistungsaufnahme	2.18 kW
Leistungszahl (COP)	3.90
Leistungsdaten (A-5/W65)	
Heizleistung	13.68 kW
Elektrische Leistungsaufnahme	6.94 kW
Leistungszahl (COP)	1.97
Leistungsdaten (A-7/W55)	
Heizleistung	12.88 kW
Elektrische Leistungsaufnahme	5.80 kW
Leistungszahl (COP)	2.22
Leistungsdaten (A-7/W45)	
Heizleistung	12.45 kW
Elektrische Leistungsaufnahme	4.83 kW
Leistungszahl (COP)	2.58

Tabelle 1: Eckdaten Wärmepumpe

Am bestehenden Wärmeabgabesystem (Radiatoren) sind beim Wärmeerzeugerwechsel keine Änderungen vorgenommen worden. Durch den Einbau neuer Fenster konnte die Wärmeerzeugerleistung reduziert, die Vorlauftemperatur zu den Heizkörpern um 20°C gesenkt und die Behaglichkeit gesteigert werden.

5 Akustik

Die Wärmepumpen befinden sich in der innenhofartig angelegten Gartenanlage zwischen den Häuserzeilen Wiesenschanz- und Schliengerweg (Abbildung 1). Typisch für die städtische Umgebung weist der Wärmepumpenaufstellungsort knappe Platzverhältnisse und geringe Abstände zu den umliegenden Gebäuden auf. Ein besonderes Augenmerk galt daher den Schallemissionen, welche bei Luft/Wasser-Wärmepumpen hauptsächlich durch die Ventilatoren verursacht werden. Aus diesem Grund war es dem Eigentümer besonders wichtig, ein möglichst leises Wärmepumpenfabrikat einzusetzen. Die Wärmepumpe von Viessmann ist so konstruiert, dass sich die Betriebsgeräusche durch den drehzahlgeregelten Gleichstromventilator auf ein Minimum begrenzen lassen. Somit

fördert der Ventilator stets die Luftmenge, welche erforderlich ist, um den aktuellen Wärmeleistungsbedarf des Gebäudes abzudecken. Gemäss Herstellerangaben erreicht die Vitocal 300-A einen maximalen Schalleistungspegel von 54 dB(A). Wird die Wärmepumpe im Nachtmodus betrieben, sinkt die Schallintensität auf 52 dB(A).

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme beauftragte der Eigentümer einen unabhängigen Akustiker der unter Praxisbedingungen eine Schallmessung durchführte. Die Ergebnisse wurden in einem Schallgutachten festgehalten.



Abbildung 1: Aufstellungsort der beiden Wärmepumpen im Innenhof zwischen Wiesenschanz- und Schliengerweg (Quelle: Google-Maps)

Der Akustiker Martin Lienhard wurde beauftragt, die Lärmmessungen und -berechnungen für die Wärmepumpen im Hinterhof am Wiesenschanzweg 36 durchzuführen. Dabei sollten die Immissionen durch den Betrieb der Wärmepumpen ermittelt und nach Lärmschutzverordnung des Bundes (LSV) beurteilt werden.

Als kritischer Immissionsort resultierte die offene Balkontüre zum Zimmer der Erdgeschoss-Wohnung Wiesenschanzweg 36 (MP-3, Abbildung 2 / Abbildung 3). Der besagte Immissionsort liegt in der Mischzone mit einer Lärmempfindlichkeitsstufe ES III, wodurch sich die Planungswerte (PW) $L_r = 60 / 50$ dB(A) tags / nachts ergeben. Die eingesetzten Wärmepumpen müssen die genannten Planungswerte einhalten, wobei die Lärmempfindlichkeitsstufe am Ort der Immission, also an der offenen Balkontür, massgeblich ist. Zur Bestimmung des herrschenden Pegels am massgebenden Immissionsort (MP-3) wurden am 14. Februar 2017 zwischen 21.30 - 22.00 Uhr Schallmessungen an den Messorten MP-1 und MP-2 durchgeführt. Zum Einsatz kam das Schallpegelmessgerät Typ 140 des Herstellers Norsonic. Während der Messung lag der Strombezug der Wärmepumpen bei je 4.8 kW. Die reduzierte elektrische Leistungsaufnahme deutet daraufhin, dass die

Wärmepumpenanlagen nicht unter Volllast liefern. Dadurch verringern sich die Ventilator Drehzahlen, was die Messergebnisse der Schallmessung positiv beeinflusst.

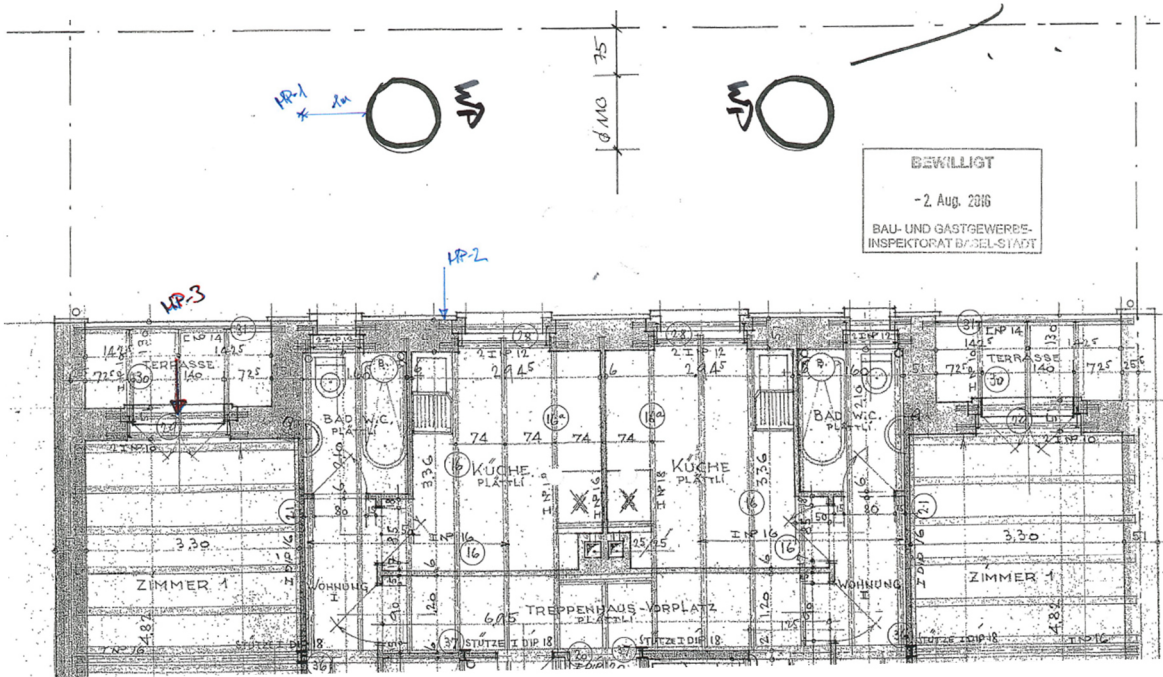


Abbildung 2: Grundriss, kritischer Immissionsort (MP-3), Messpunkt (MP-1 und MP-2)

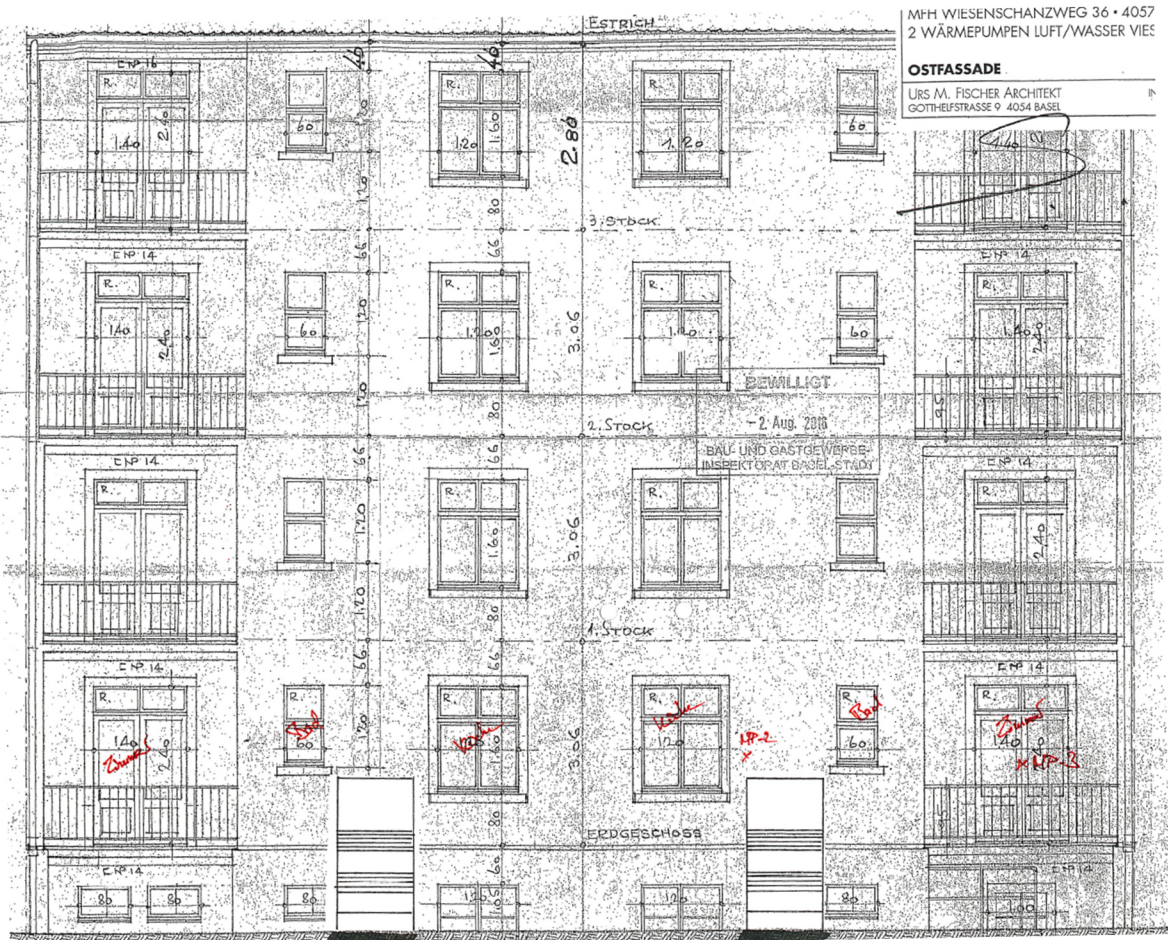


Abbildung 3: Ansicht, kritischer Immissionsort (MP-3), Messpunkt (MP-1 und MP-2)

Angaben zu Messort und Messergebnisse zu den beiden Punkte MP-1 und MP-2 finden sich in Tabelle 2.

	MP-1	MP-2
Messort	1 m neben der Anlage im Hinterhof	Neben Küchenfenster, 5 mm vor der Fassade
Messergebnisse		
Gesamt Emissionspegel L_{eq}	43.2 dB(A)	44.4 dB(A)
Umgebungsgeräusche (WP aus)	39.3 dB(A)	38.8 dB(A)

Tabelle 2: Messort und Messergebnisse von MP-1 und MP-2

Anhand der durchgeführten Messungen beträgt der massgebende Immissionspegel für den Punkt MP-3 tagsüber $L_r = 38 - 41$ dB(A) und nachts 43 dB(A). Damit unterschreiten die Pegel die Planungswert gemäss ES III deutlich. Anhand der Ergebnisse, kann ebenfalls ausgeschlossen werden, dass die beiden Wärmepumpen im Vollastfall die Planungswerte überschreiten.

Das vollständige Schallgutachten ist dem Anhang dieser Kurzdokumentation beigelegt.

6 Anlageneffizienz

Zwischen dem 1. Oktober 2007 und dem 30. September 2016 betrug der durchschnittliche heizgradtagbereinigte Gasverbrauch gemäss Energiebuchhaltung des Liegenschaftseigentümers 111'908 kWh/a für die Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser des Mehrfamilienhauses. Die gemittelte Energiekennzahl vor der Sanierung beläuft sich demnach auf $140 \text{ kWh/m}^2_{EBF} \cdot \text{a}$. Der heizgradtagbereinigte Stromverbrauch der beiden neuen Wärmepumpen betrug vom 1. Oktober 2017 bis am 30. September 2018 21'344 kWh_{el}. Daraus errechnet sich die ungewichtete Energiekennzahl von $27 \text{ kWh/m}^2_{EBF} \cdot \text{a}$. Wird die höhere Wertigkeit der elektrischen Energieform gegenüber dem Gas mit dem Endenergiefaktor 2 berücksichtigt, verdoppelt sich letztere Energiekennzahl auf $54 \text{ kWh/m}^2_{EBF} \cdot \text{a}$. Ein Vergleich der beiden gewichteten Energiekennzahlen zeigt, dass durch den Wärmepumpeneinbau und die Fenstersanierungen der Endenergieaufwand für Raumwärme und Trinkwarmwasser um einen Faktor 2.6 gesenkt werden konnte.

Dem Eigentümer ist es wichtig stets zu wissen, was seine Wärmepumpen leisten, um diese bestmöglich optimieren zu können. Hierzu werden an diversen festinstallierten Elektro- und Wärmezählern die elektrischen und thermischen Energieflüsse gemessen. Für den Zeitraum vom 30. Juni 2018 bis zum 5. Oktober 2019 wurden sämtliche Zähler ausgewertet (siehe Tabelle 3).

Zählerauswertung

Elektrozähler

Kompressor, Ventilator, Kondensatorpumpe und Steuerung der Wärmepumpe 1	$E_{WP,1}$	10'987 kWh _{el}
Kompressor, Ventilator, Kondensatorpumpe und Steuerung der Wärmepumpe 2	$E_{WP,2}$	11'191 kWh _{el}
Elektroheizeinsatz Trinkwasserspeicher 1	$E_{ZH,1}$	0 kWh _{el}
Elektroheizeinsatz Trinkwasserspeicher 2	$E_{ZH,2}$	0 kWh _{el}
Rohrbegleitheizung Wärmepumpen	$E_{H,ZH}$	422 kWh _{el}
Pumpen Wärmeverteilung Heizung und Warmwasser, Regler	$E_{H,h+ww}$	1'123 kWh _{el}

Wärmezähler

Wärmepumpe 1	$Q_{WP,1}$	33'646 kWh _{th}
Wärmepumpe 2	$Q_{WP,2}$	37'597 kWh _{th}
Trinkwarmwasser inkl. Zirkulation	$Q_{N,ww}$	22'029 kWh _{th}
Nutzraumwärme ab Heizgruppen	$Q_{N,h}$	41'270 kWh _{th}

Tabelle 3: Zählerauswertung 30. Juni 2018 - 5. Oktober 2019

Anhand der Zählerauswertung lassen sich die nachstehenden Kennzahlen Arbeitszahl (β), mittlerer Wärmeerzeugernutzungsgrad ($\emptyset WNG$) und mittlerer Systemnutzungsgrad Plus ($\emptyset SNG+$) für die Anlage im obengenannten Zeitintervall ableiten.

Die Arbeitszahl β ist das Verhältnis der Heizenergie zur aufgebrauchten elektrischen Energie über einen definierten Zeitraum. Da die Auswertungsperiode mehr als ein Jahr betrug, wurde anstelle Jahresarbeitszahl (JAZ) die Arbeitszahl β errechnet:

$$\beta = \frac{Q_{WP,1} + Q_{WP,2}}{E_{WP,1} + E_{WP,2} + E_{H,ZH}} = 3.15$$

Der Wärmeerzeugungsnutzungsgrad WNG dient dem Beurteilen der Effizienz der Wärmeerzeugung über eine Jahresperiode. Er bildet die korrespondierende Vergleichsgrösse zum Jahresnutzungsgrad von fossilen Heizkesseln. Da der betrachtete Zeitraum ungleich einem Jahr ist, stellt der nachstehende Wärmenutzungsgrad einen Mittelwert (\emptyset) dar:

$$\emptyset WNG = \frac{Q_{WP,1} + Q_{WP,2}}{E_{WP,1} + E_{WP,2} + E_{ZH,1} + E_{ZH,2} + E_{H,ZH}} = 3.15$$

Da im Messintervall die Elektroheizeinsätze nicht beansprucht wurden, entspricht der Wärmenutzungsgrad der Arbeitszahl.

Der Systemnutzungsgrad Plus ermöglicht die energetische Beurteilung des Gesamtsystems. Er enthält alle für Heizung und Warmwasseraufbereitung erforderlichen Energien. Analog zum $\emptyset WNG$, wird hier ebenfalls ein Mittelwert (\emptyset) ausgewiesen:

$$\emptyset SNG+ = \frac{Q_{N,h} + Q_{N,ww}}{E_{WP,1} + E_{WP,2} + E_{ZH,1} + E_{ZH,2} + E_{H,ZH} + E_{H,h+ww}} = 2.67$$

Die berechneten Kennzahlen und somit die Performance der Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage stimmen mit den Erfahrungswerten überein.

7 Fotos

Die Abbildungen 4 - 9 sind durch WKP während der Begehung vom 23. Mai 2019 aufgenommen worden.



Abbildung 4: Luft/Wasser-Wärmepumpe mit geringem Abstand zu Mehrfamilienhaus Wiesenschanzweg 36



Abbildung 5: Luft/Wasser-Wärmepumpe mit geringem Abstand zu Nachbargebäude



Abbildung 6: Kellereinführung der erdverlegten isolierten Leitungen

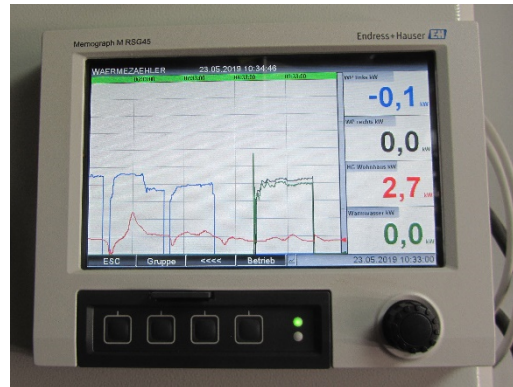


Abbildung 7: Erfassung der elektrischen und thermischen Leistungen mittels Logger

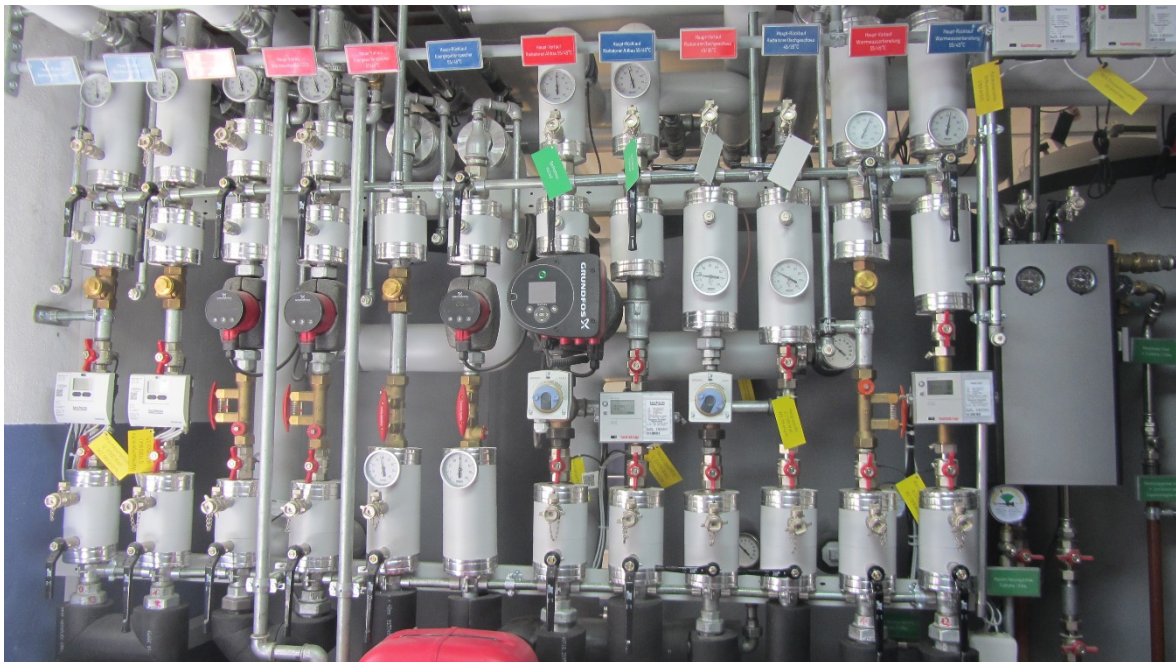


Abbildung 8: Heizgruppen (Vordergrund) und Energiespeicher (Hintergrund)

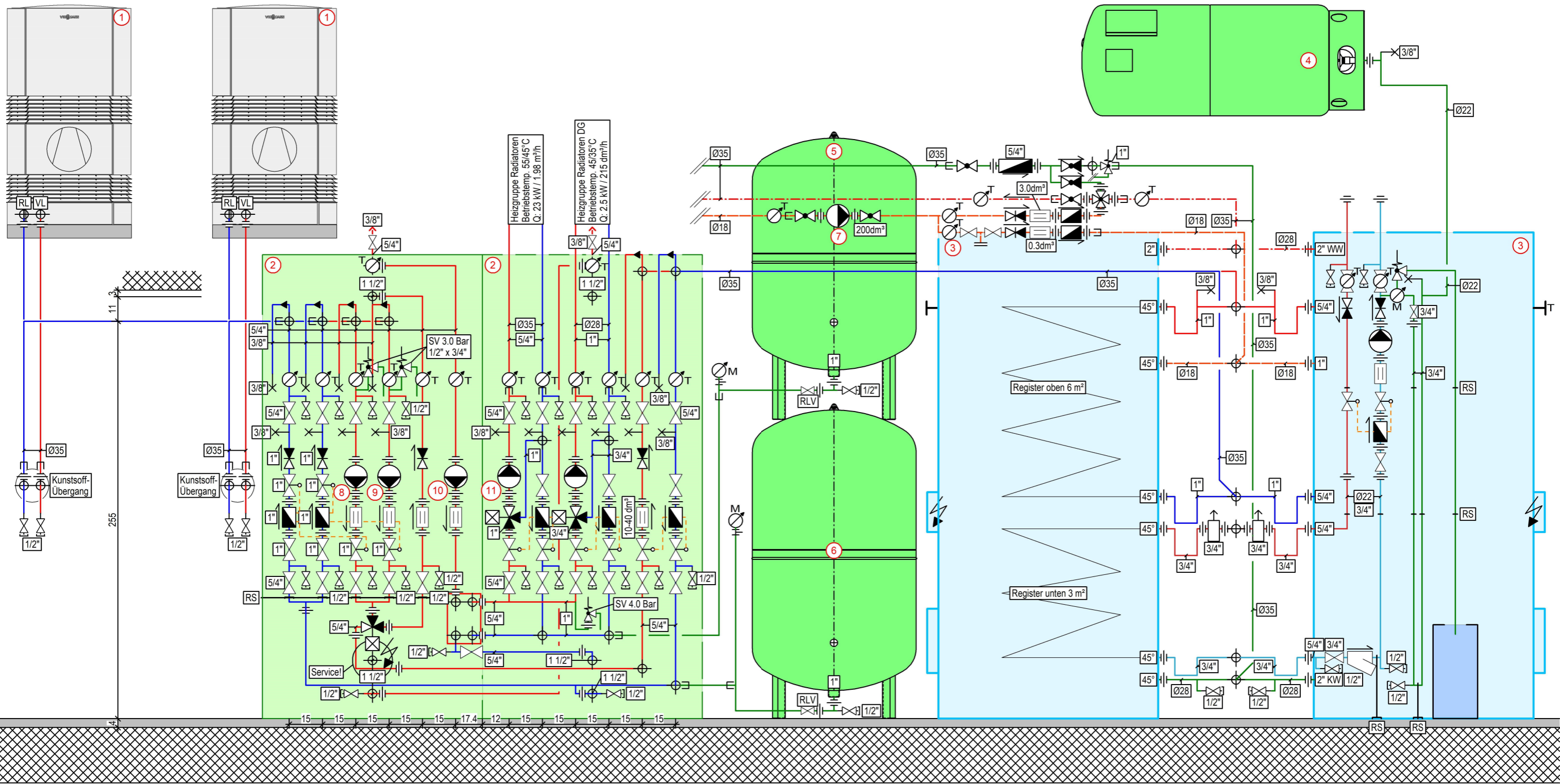


Abbildung 9: Elektrohauptverteilung, Logger und Wärmepumpensteuerungen (v.l.n.r.)

8 **Anhang**

Prinzipschema Heizung / Sanitär, Omlin Energiesysteme AG

Lärmmessungen und -Berechnungen, Martin Lienhard



1. Luft-Wasserwärmepumpe Fabrikat: Viessmann Typ: Vitocal 300-A AWO-AC 301.B14 P(A-7/W35): 12 kW Höhe: 1'980 mm Ø: 1'100 mm Schall-P.: 54 db(A)	2. Energiepufferspeicher Fabrikat: Viessmann Inhalt: 2 x 887 Liter Ømit: 990 mm Höhe mit: 2'090 mm	3. Warmwasserbereiter Fabrikat: Viessmann Typ: B 1000 WPS/E Inhalt: 2 x 847 Liter Ømit: 990 mm Höhe mit: 2'190 mm	4. Expansion Fabrikat: Pneumatex Typ: SU 200.6 Inhalt: 200 Liter Ø: 500 mm Höhe: 1'338 mm Vordruck: 2.4 bar / 24 mWs	5. Expansion Fabrikat: Reflex Typ: G 400 Inhalt: 400 Liter Ø: 740 mm Höhe: 1'373 mm Vordruck: 2.4 bar / 24 mWs	6. Expansion Fabrikat: Reflex Typ: G 500 Inhalt: 500 Liter Ø: 740 mm Höhe: 1'494 mm Vordruck: 1.5 bar / 15 mWs	7. Umwälzpumpe Fabrikat: Grundfos Typ: Alpha2 25-40	8. Umwälzpumpe Fabrikat: Grundfos Typ: Alpha2 25-60	9. Umwälzpumpe Fabrikat: Grundfos Typ: Alpha2 25-60	10. Umwälzpumpe Fabrikat: Grundfos Typ: Alpha2 25-60	11. Umwälzpumpe Fabrikat: Grundfos Typ: Magna3 32-60
---	---	---	---	---	---	--	--	--	---	---

OMLIN ENERGIE SYSTEME
 Omlin Energiesysteme AG
 Salinenstrasse 3
 4127 Birsfelden
 Tel.: 061 378 85 00

100% Dekarbonisierung
 Wiesenschanzweg 36, Basel

Prinzipschema
 Heizung / Sanitär

Mst.:	%	
Grösse:	A3	
Datum	Gezeichnet	Geprüft
Plan 02.12.2016	mo	mo
Rev.A 03.07.2019	ls	mo

Martin Lienhard

dipl. Phys. ETH/ SIA

Bau- und Raumakustik, Lärmschutz
Beratung, Messungen, Gutachten

Hausmattstrasse 11
CH-4438 Langenbruck
Tel.: 062-390 22 22
Fax: 062-390 16 55
akustik@bluewin.ch
www.kitsuka.ch

Wiesenschanzweg 36, Basel

Wärmepumpen Hinterhof

Lärmmessungen und -Berechnungen

Auftrag Nr. 17-1880

Auftraggeber: Urs M. Fischer Architekt
Gotthelfstrasse 9
4054 Basel

Inhalt:

1. Auftrag
2. Situation, Grundlagen
3. Vorgehen
4. Messungen und Messergebnisse
5. Immissionspegel und Beurteilung
6. Zusammenfassung

Beilagen 1 - 7 dem Bericht angefügt (Situationspläne, Auswertungsprotokolle, Herstellerangaben).

Langenbruck, 19.4.2017

Verantwortlich:

M. Lienhard
Büro für Bau- und Raumakustik, Lärmschutz



1. Auftrag

Es sollen die Immissionen durch den Betrieb der Wärmepumpe im Hinterhof Wiesenschanzweg 36 in Basel ermittelt und nach Lärmschutzverordnung des Bundes (LSV) beurteilt werden.

Immissionsort: Wiesenschanzweg 36, EG.

2. Situation, Grundlagen

- 2.1 Die Immissionen werden nach der Lärmschutzverordnung des Bundes (LSV) Anhang 6 (Industrie- und Gewerbelärm) ermittelt und beurteilt.
- 2.2 Im Hinterhof zu Wiesenschanzweg 36 stehen zwei Wärmepumpen Vitocal 300-A, Typ AWO-AC 301.B14, welche eine gemeinsame Anlage bilden.
- 2.3 Die Wärmepumpe ist eine neue Anlage im Sinne der LSV. Massgeblich ist somit der Planungswert nach LSV Anhang 6.
- 2.4 Das meistexponierte Fenster zu Wohn- und Schlafräumen der umliegenden Wohnhäuser ist:
- o Balkontüre zum Zimmer der Wohnung EG Wiesenschanzweg 36.
- Bemerkung: die Fenster zu Küche und Bad liegen näher bei den Anlagen, sind aber keine Fenster zu lärmempfindlichen Räumen nach LSV.*
- Für die Mess- und Berechnungsorte siehe Beilagen 1 und 2.
- 2.5 Die Immissionsorte liegen in einer Zone mit Lärmempfindlichkeitsstufe ES III.
- 2.6 Die massgeblichen Grenzwerte nach LSV für die Immissionen an den benachbarten Wohnhäusern sind damit:
- Lärmempfindlichkeitsstufe ES III:
- Planungswert (PW): $L_r = 60 / 50 \text{ dB}$ tags / nachts;
- Bemerkungen:
Für neue Anlage müssen die obigen Planungswerte eingehalten werden.
Massgeblich ist die Lärmempfindlichkeitsstufe am Ort der Immissionen.

3. Vorgehen

Es wurden die Emissionen 1m neben der Anlage (MP-1) gemessen sowie neben dem nächstgelegenen Fenster (MP-2, 5mm vor der Fassade).

Aus den Ergebnissen von MP-2 wurden die messgebenden Pegel am massgebenden Immissionsort MP-3 berechnet.

Für die Mess- und Berechnungsorte siehe auch Beilagen 1 und 2.

Messort MP-1: 1m neben der Anlage im Hinterhof.

Messort MP-2: Neben Küchenfenster, 5mm vor der Fassade.

Berechnungsort MP-3: offene Balkontüre zu Zimmer Wohnung EG.

4. Messungen und Messergebnisse

4.1 Messgeräte

- Schallpegelmesser Fabrikat Norsonic, Typ 140 mit Frequenzanalyse- und Pegelschreiber-Funktion sowie Audio-Aufnahme messgeräteintern.
- Eichung vor und nach den Messungen mit Kalibrator Fabrikat Norsonic, Typ 1251.

4.2 Messorte und -Zeiten

Wiesenschanzweg 36, Basel;
am 14.2.2017, 21.30 - 22.00 Uhr.

Beilagen 1 - 4: Situationspläne, Messorte und Lärmempfindlichkeitsstufe;

Beilagen 5 - 6: Frequenzanalysen der Immissionspegel.

Beilage 7: Herstellerangaben zur Wärmepumpe.

4.3 Messergebnisse (Emissionspegel)

4.3.1 Es wurden die folgenden Pegel gemessen (Pegel inkl. Umgebungsgeräuschen):

WP mit 4,8kW Strombezug:

- MP-1 (1m von Anlage): $Leq = 43,2 \text{ dB(A)}$;
- do., Umgebungsgeräuschpegel (WP abgestellt): $Leq = 39,3 \text{ dB(A)}$.
- MP-2 (5mm vor Fassade, neben Küchenfenster): $Leq = 44,4 \text{ dB(A)}$;
- do., Umgebungsgeräuschpegel (WP abgestellt): $Leq = 38,8 \text{ dB(A)}$.

Für die Emissions-Spektren siehe auch Beilagen 5 - 6.

4.3.2 Penalisierung Tonhaltigkeit (mit Beurteilungshilfe BS): $K2 = 0$ (keine Tonhaltigkeit).

4.3.3 Zum Vergleich: Herstellerangaben zur Schalleistung:

- Minimaldrehzahl: $L_{w,A} = 50 \text{ dB(A)}$
- Maximaldrehzahl: $L_{w,A} = 55 \text{ dB(A)}$
- Nacht: $L_{w,A} = 52 \text{ dB(A)}$

5. Immissionspegel und Beurteilung

5.1 Emissionspegel: Lärmphasen

Zur Beurteilung der Immissionen müssen die Betriebszeiten beurteilt werden. Die Wärmepumpe läuft nicht dauernd sondern intermittierend nach Wärmebedarf, jedoch liegen dazu keine Angaben vor.

Der Betriebszustand mit rund 4,8 kW Strombezug scheint ein mittlerer Nacht-Betriebszustand zu sein, jedoch liegen auch dazu keine Angaben vor.

Für die nachfolgende Beurteilung wird von obigem Betriebszustand als Dauerpegel während der ganzen Nacht ausgegangen: das ergibt rechnerisch höhere Pegel als effektiv wegen zu langer Betriebsdauer, jedoch scheint dies gerechtfertigt wegen allfällig höherer Pegel bei höherem Strombezug.

Bemerkung für die Variation der Emissionspegel für verschiedene Betriebszustände gemäss Herstellerangaben siehe Beilage 7. Diese Spanne liegt bei rund 4dB zwischen Minimaldrehzahl und Maximaldrehzahl, mit einem Nachtpegel in der Mitte dieser beiden Extremwerte.

5.2 Immissionspegel

5.2.1 Die gemessenen Pegel in Abschnitt 4.3 entsprechen den Emissionspegeln inklusive Umgebungsgeräuschen. Unter Berücksichtigung der gemessenen Umgebungsgeräusche errechnen sich als effektive Immissionspegel:

(WP mit 4,8kW Strombezug):

MP-1 (1m von Anlage)

- o Messwert: $Leq = 43,2 \text{ dB(A)}$;
- o do., Umgebungsgeräuschpegel (WP abgestellt): $Leq = 39,3 \text{ dB(A)}$.
- o Daraus berechnet: Pegel IP-1 ohne Gp.: $Leq = 41,7 \text{ dB(A)}$.

MP-2 (5mm vor Fassade, neben Küchenfenster)

- o Messwert: $Leq = 44,4 \text{ dB(A)}$;
- o do., Umgebungsgeräuschpegel (WP abgestellt): $Leq = 38,8 \text{ dB(A)}$.
- o Daraus berechnet: Pegel IP-2 ohne Gp.: $Leq = 43,1 \text{ dB(A)}$.
- o Daraus berechnet:
Pegel in einem offenen Fenster am gleichen Ort: $Leq = 38,1 \text{ dB(A)}$.

Obiger Pegel MP-1 entspricht einem Abstand von 1,55m vom Mittelpunkt der runden Maschine.

Obiger Pegel MP-2 entspricht einem Abstand von 2,6m von der Maschine resp. von 3,15m vom Mittelpunkt der runden Maschine.

5.2.2 Für den Immissionsort MP-3 errechnen sich:

- o aus dem Emissionspegel MP-1: $Leq = 30,3 \text{ dB(A)}$;
- o aus dem Immissionspegel MP-2: $Leq = 32,9 \text{ dB(A)}$;
- o aus der Schalleistungsangabe des Herstellers Nachts: $Leq = 28,8 \text{ dB(A)}$.

Bemerkungen: Der Hinterhof bildet eine Hofartige Situation, was die höheren gemessenen Pegel (im Vergleich mit den Herstellerangaben) erklärt.

Die zusätzlich erhöhten Pegel aus MP-2 gegenüber jenen aus MP-1 können z.B. aus unterschiedlicher Abstrahlcharakteristik der Anlage stammen.

- 5.2.3 Den weiteren Berechnungen liegen die Pegel aus MP-2 zugrunde, d.h. ein Immissionspegel von rund $L_{eq} = 33 \text{ dB(A)}$ in der offenen Balkontüre MP-3.
- 5.2.4 Die zweite WP hat einen Abstand von 10m zu MP-3 und ist durch die Balkon-Seitenwand abgeschirmt (Hindernisdämpfung $\geq 5 \text{ dB}$).
Wenn gleichzeitig auch die zweite WP mit gleicher Leistung in Betrieb ist (was während der Messungen nie der Fall war), so erhöht sich der Gesamtpegel für beide WP am Ort MP-3 auf $L_{eq} = 33,3 \text{ dB(A)}$.
- 5.2.5 Aufgrund der Herstellerangaben zu den Schalleistungspegeln (siehe Abschnitt 4.3.3) muss tagsüber mit um bis zu 3 dB(A) höheren Pegeln gerechnet werden (für Dauerbetrieb mit Maximaldrehzahl).

5.3 Beurteilungspegel

- 5.3.1 Die Teil-Beurteilungspegel ($L_{r,i}$) der Lärmphasen berechnen sich wie folgt:

$$L_{r,i} = L_{eq} + 10 \cdot \log(T_i/T_o) + K_1 + K_2 + K_3$$

mit

- $L_{r,i}$ = Beurteilungspegel der Lärmphase
- L_{eq} = Immissionspegel in dB(A)
- T_i = mittlere Betriebsdauer (tags resp. nachts, Jahresmittel)
- T_o = Bezugsdauer = je 12 Stunden tags (7 - 19 Uhr) und nachts (19 - 7 Uhr)
- K_1 = generelle Penalisierung für Industrie- und Gewerbelärm resp. für Lüftungs- und Klimaanlage:
 - tagsüber: $K_1 = 5 \text{ dB}$
 - nachts: $K_1 = 10 \text{ dB}$.
- K_2 = Penalisierung für Tonhaltigkeit: $K_2 = 0$.
- K_3 = Penalisierung für Impulshaltigkeit: $K_3 = 0$.

- 5.3.2 Damit berechnen sich die Beurteilungspegel tags / nachts für den untersuchten Immissionsort MP-1 zu:

- WP wie gemessen (4,8kW Strombezug): $L_r = 38-41 / 43 \text{ dB tags / nachts}$;
- Beide WP gleichzeitig (je 4,8kW): $L_r = 38-41 / 43 \text{ dB tags / nachts}$.

6. Zusammenfassung

Die Immissionspegel (Beurteilungspegel) für den meistexponierten Immissionsort (IP-3) betragen rund $L_r = 38 - 41 \text{ dB}$ tagsüber und $L_r = 43 \text{ dB}$ nachts.

Der geforderte Planungswert ES III von tags / nachts maximal $L_r = 60 / 50 \text{ dB}$ ist damit sowohl tagsüber als auch nachts eingehalten.

MFH WIESENSCHANZWEG 36 • 4057 BASEL
WÄRMEPUMPEN LUFT/WASSER VISSMANN 300-A

GRUNDRISS GARTEN

1 : 50

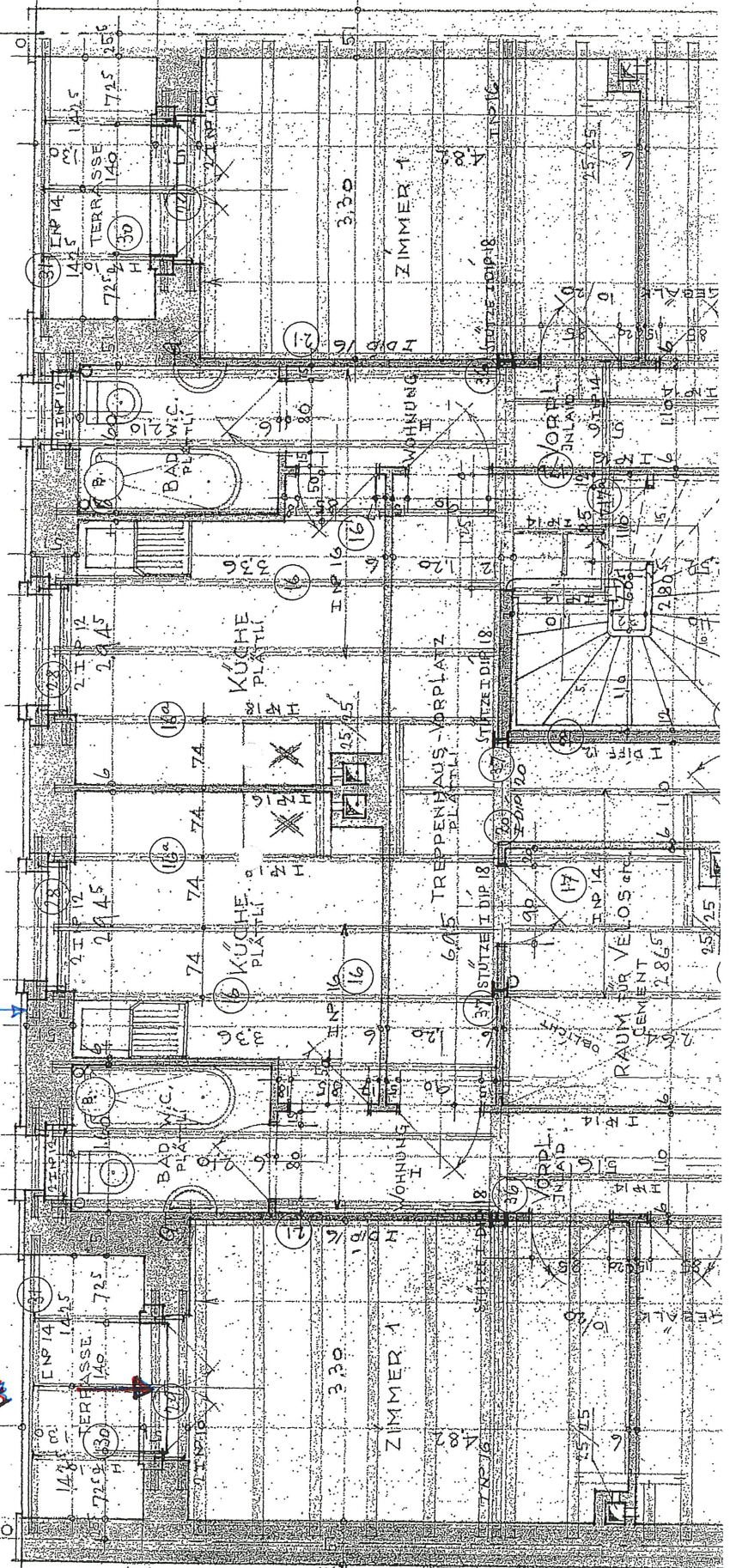
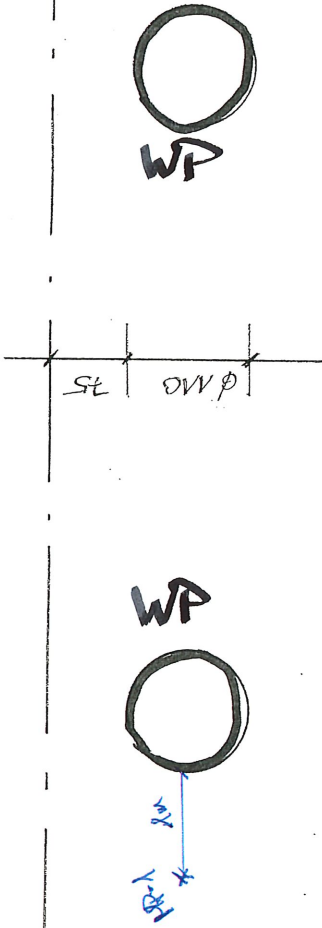
URS M. FISCHER ARCHITEKT
GOTTHELFSTRASSE 6 • 4057 BASEL

INFO@FISCHERARC.CH
061 303 80 80
A3

Mess- und Berechnungstabelle
(verkleinert A3 → A4)

Beilage 1

BEVILLIGT
- 2. Aug. 2016
BAU- UND GASTGEWERBE-
INSPEKTORAT BASEL-STADT



12.60

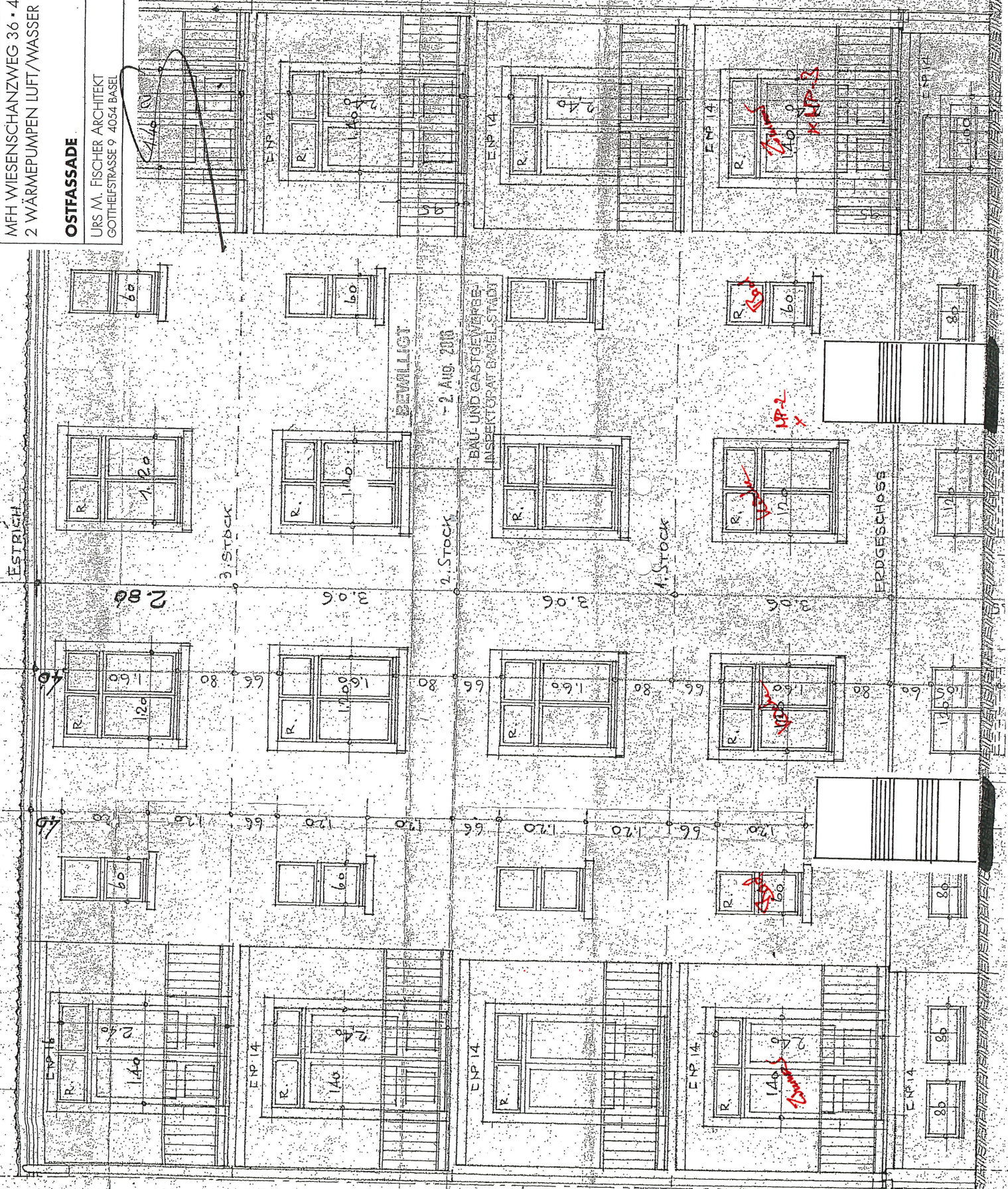
11.30

11.30

12.60

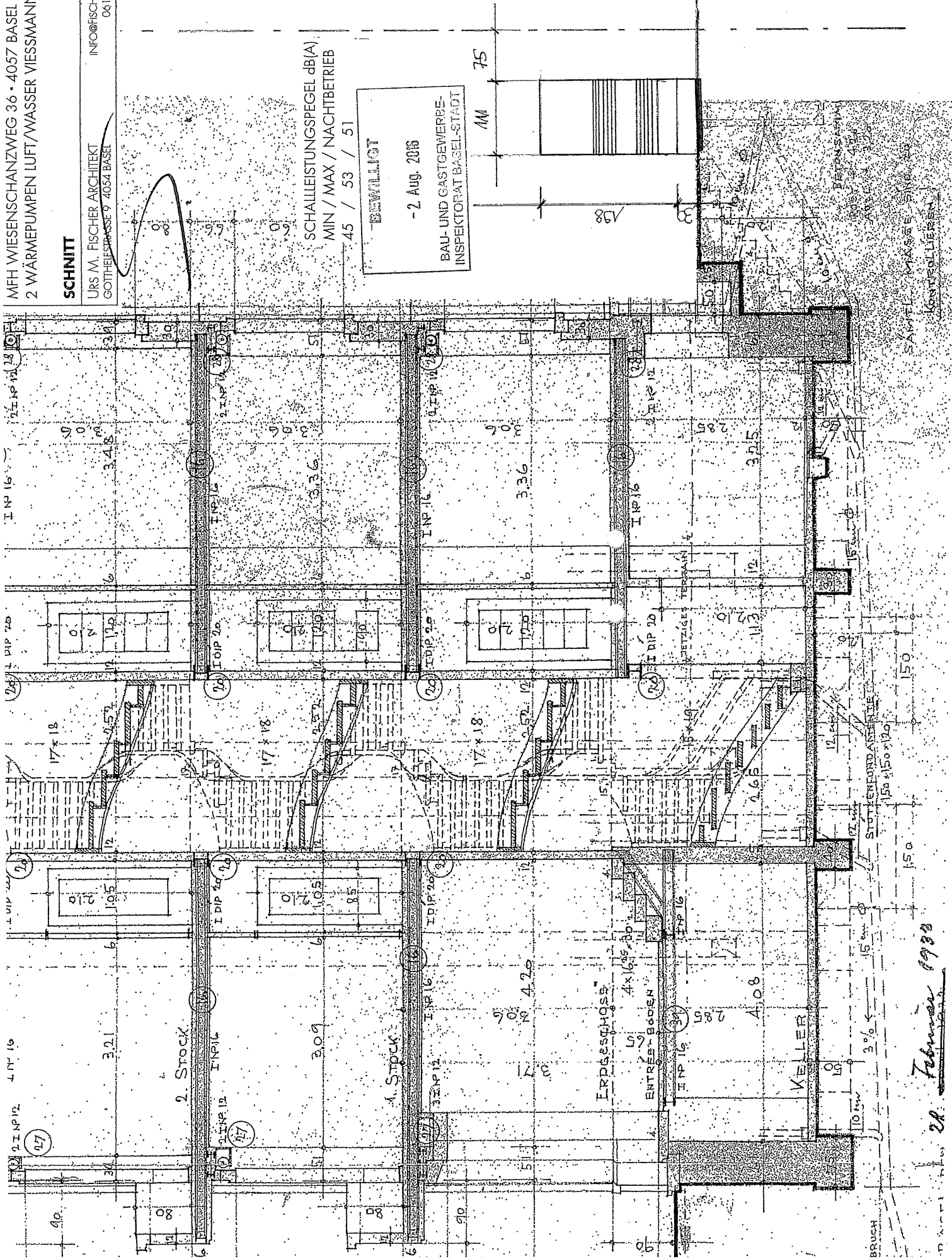
(Verkleinerung A3-A4)

Beilage 2



(verkleinert A3 → A4)

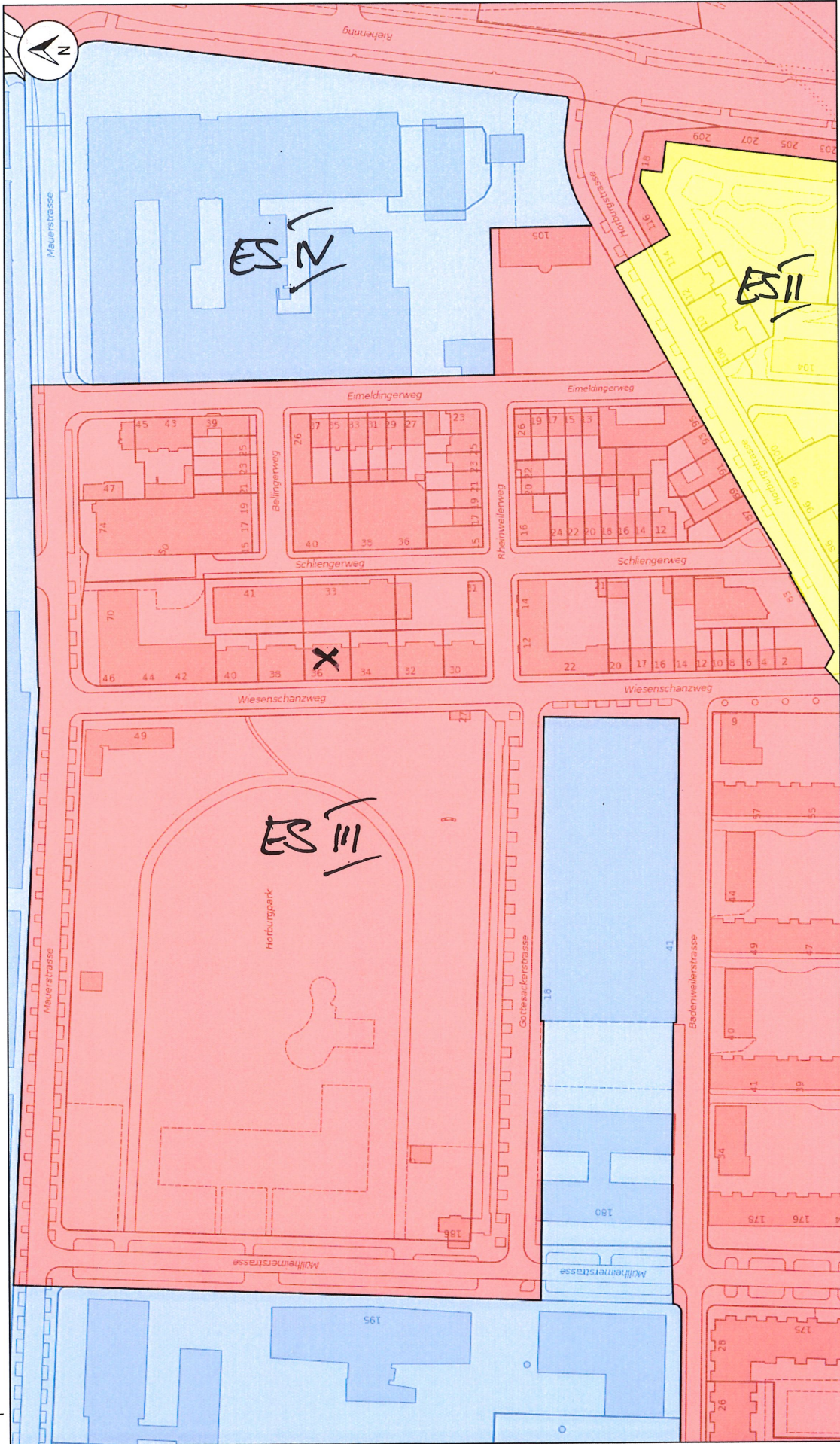
Beilage 3



SCHALLLEISTUNGSPEGEL dB(A)
MIN / MAX / NACHTBETRIEB
45 / 53 / 51

BEWILLIGT
- 2. Aug. 2016
BAU- UND GASTGEMWERBE-
INSPEKTORAT BASEL-STADT

BRUCH
20. Februar 1988



Koordinaten 2611507 | 1268956 | 2612015 | 1269252

Massstab 1:2000

www.stadtplan.bs.ch

Ausdruck vom 19. April 2017

Quelle: Geodaten Kanton Basel-Stadt, www.geo.bs.ch

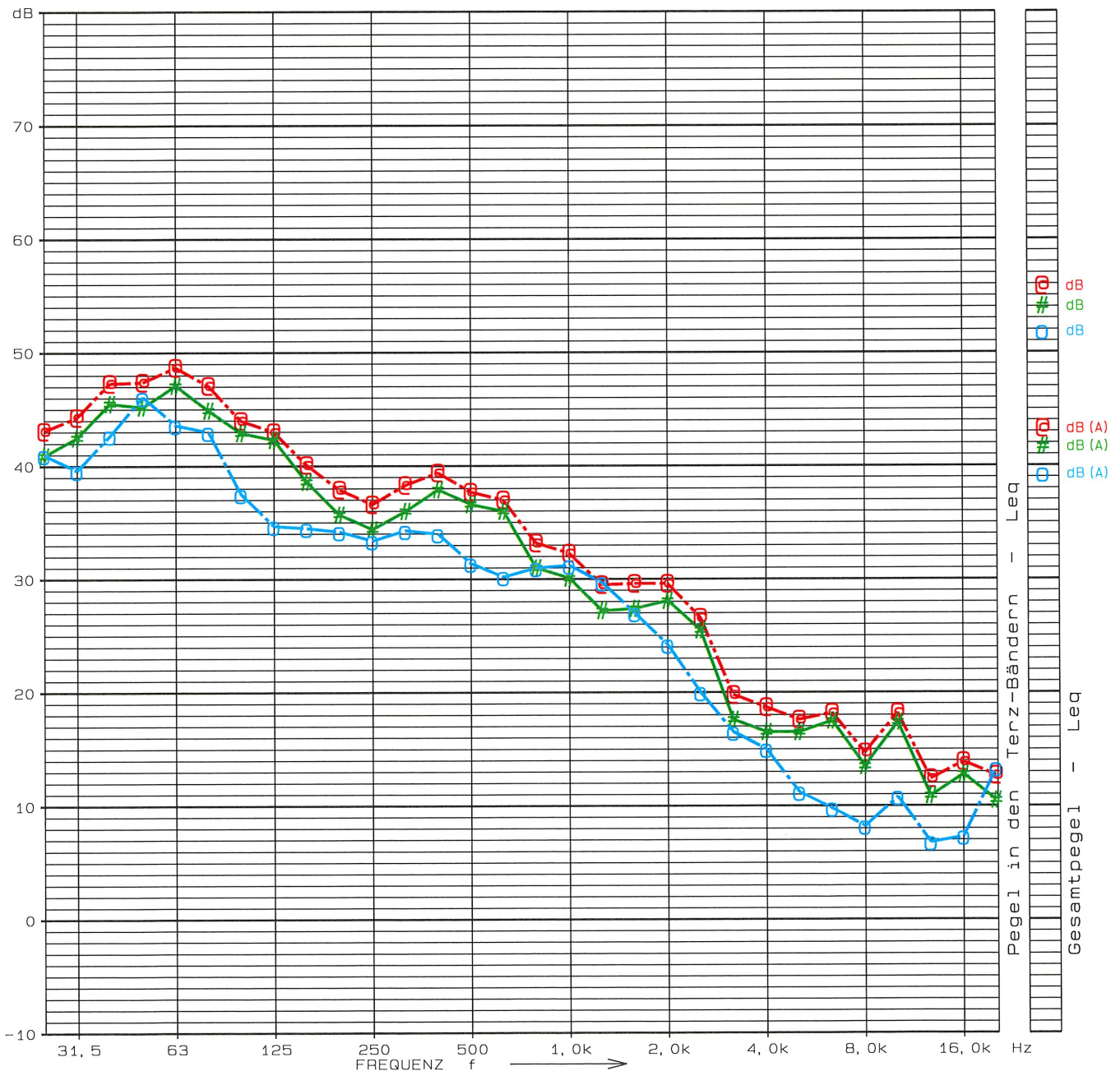
Dieser Planausdruck hat nur informativen Charakter

Wiesenschanzweg 36, Basel

Wärmepumpe

IP-1

- @---@ 1m Abstand zur Wärmepumpe
4,8kW Strombezug
Hinterhof Wiesenschanzweg 36
- #---# 1m Abstand zur Wärmepumpe
// ohne Gp.
- o---o Hinterhof Wiesenschanzweg 36
Grundgeräuschpegel: Anlage abgestellt



MARTIN LIENHARD
Bau- und Raumakustik
4438 Langenbruck

Auftraggeber
Urs M. Fischer Arch.
Gotthelfstrasse 9
4054 Basel

Auftrag Nr.
Datum
19.4.2017
Gezeichnet *K*

FREQUENZANALYSE

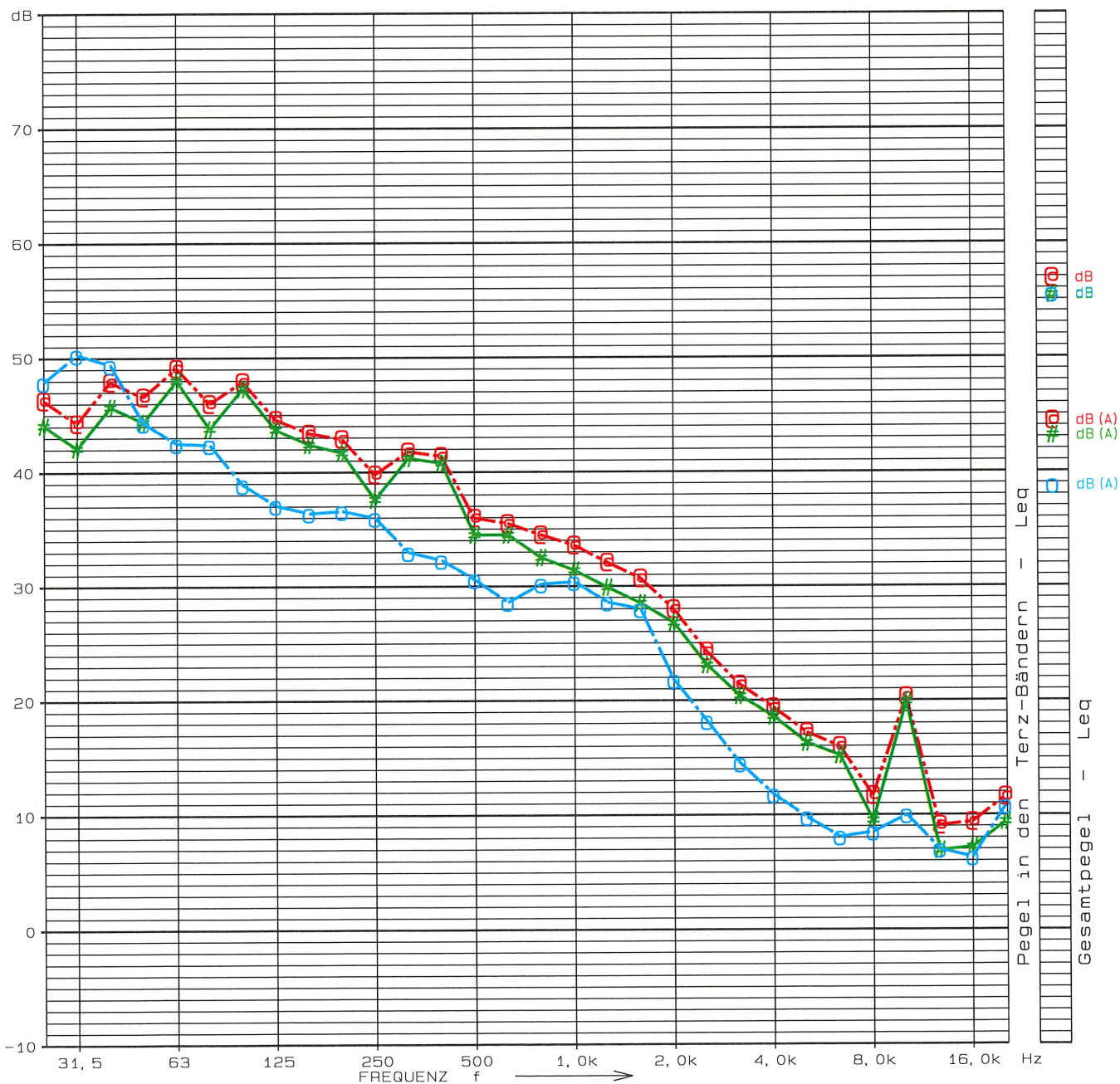
Beilage: **6**

Wiesenschanzweg 36, Basel

Wärmepumpe

IP-2

- @---@ 5mm vor Fassade neben Fenster
4,8kW Strombezug
Hinterhof Wiesenschanzweg 36
- #---# 5mm vor Fassade neben Fenster
// ohne Gp.
- o---o 5mm vor Fassade neben Fenster
Grundgeräuschpegel: Anlage abgestellt
Hinterhof Wiesenschanzweg 36



MARTIN LIENHARD
Bau- und Raumakustik
4438 Langenbruck

Auftraggeber

Urs M. Fischer Arch.
Gotthelfstrasse 9
4054 Basel

Auftrag Nr.
Datum

19.4.2017

Gezeichnet

Planungshinweise für Außenanstellung (Fortsetzung)

Vitocal 300-A, Typ AWO-AC 301.A09 Silent (mit Schalldämmhauben)

Ventilatorstufe	Schall-Leistungspegel L_w in dB(A)	Richtfaktor Q (örtlich gemittelt)	Abstand von der Wärmepumpe in m								
			1	2	4	5	6	8	10	12	15
			Energieäquivalenter Schalldruckpegel L_p in dB(A)								
1	55	2	47	41	35	33	31	29	27	25	23
		4	50	44	38	36	34	32	30	28	27
		8	53	47	41	39	37	35	33	31	30
2 (=Nacht)	56	2	48	42	36	34	32	30	28	26	24
		4	51	45	39	37	35	33	31	29	28
		8	54	48	42	40	38	36	34	32	31
3	57	2	49	43	37	35	33	31	29	27	25
		4	52	46	40	38	36	34	32	30	29
		8	55	49	43	41	39	37	35	33	32

Vitocal 300-A, Typ AWO-AC 301.B11

Drehzahl Ventilator	Schall-Leistungspegel L_w in dB(A)	Richtfaktor Q (örtlich gemittelt)	Abstand von der Wärmepumpe in m								
			1	2	4	5	6	8	10	12	15
			Energieäquivalenter Schalldruckpegel L_p in dB(A)								
Min.	49	2	41	35	29	27	25	23	21	19	17
		4	44	38	32	30	28	26	24	22	21
		8	47	41	35	33	31	29	27	25	24
Max.	53	2	45	39	33	31	29	27	25	23	21
		4	48	42	36	34	32	30	28	26	25
		8	51	45	39	37	35	33	31	29	28
Nacht	51	2	43	37	31	29	27	25	23	21	19
		4	46	40	34	32	30	28	26	24	23
		8	49	43	37	35	33	31	29	27	26

Vitocal 300-A, Typ AWO-AC 301.B14

Drehzahl Ventilator	Schall-Leistungspegel L_w in dB(A)	Richtfaktor Q (örtlich gemittelt)	Abstand von der Wärmepumpe in m								
			1	2	4	5	6	8	10	12	15
			Energieäquivalenter Schalldruckpegel L_p in dB(A)								
Min.	50	2	42	36	30	28	26	24	22	20	18
		4	45	39	33	31	29	27	25	23	22
		8	48	42	36	34	32	30	28	26	25
Max.	54	2	46	40	34	32	30	28	26	24	22
		4	49	43	37	35	33	31	29	27	26
		8	52	46	40	38	36	34	32	30	29
Nacht	52	2	44	38	32	30	28	26	24	22	20
		4	47	41	35	33	31	29	27	25	24
		8	50	44	38	36	34	32	30	28	27

Vitocal 350-A, Typ AWHO 351.A10

Ventilatorstufe	Schall-Leistungspegel L_w in dB(A)	Richtfaktor Q (örtlich gemittelt)	Abstand von der Wärmepumpe in m								
			1	2	4	5	6	8	10	12	15
			Energieäquivalenter Schalldruckpegel L_p in dB(A)								
1	54	2	46	40	34	32	30	28	26	24	22
		4	49	43	37	35	33	31	29	27	26
		8	52	46	40	38	36	34	32	30	29
2 (=Nacht)	54	2	46	40	34	32	30	28	26	24	22
		4	49	43	37	35	33	31	29	27	26
		8	52	46	40	38	36	34	32	30	29
3	56	2	48	42	36	34	32	30	28	26	24
		4	51	45	39	37	35	33	31	29	28
		8	54	48	42	40	38	36	34	32	31