Deutsche Kälte- und Klimatagung 2022

Praxiserfahrungen mit Schallmessungen an technischen Anlagen mit konstanten Schallemissionen

Dr.-Ing. Yves Wild
Gerd Schröder, M.Sc.

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Dr.-Ing. Yves Wild

von der Handelskammer Hamburg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Kältetechnik, Klima- und Lüftungstechnik sowie Heizungstechnik

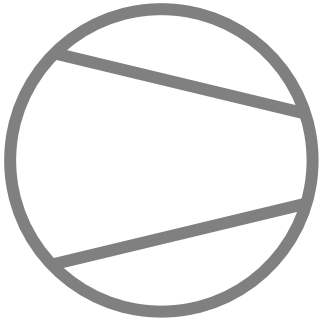
Expertise

- Kältetechnik
- Lüftungstechnik
- Heizungstechnik
- … und Spezialitäten
  - Kühltransport (inkl. Schäden)
    - LKW, Kühlcontainer, Kühlschiffe / Kühlcontainerschiffe, Luftfracht
  - Regelungstechnik
  - Korrosion
  - Schall

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Betrachtete Schallquellen

- Kälteanlagen
  - Verdichter
  - Lüfter für Rückkühler, Verdampfer, Verflüssiger …
- Lüftungsanlagen



Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Messung starten

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Emissionen vs. Immissionen

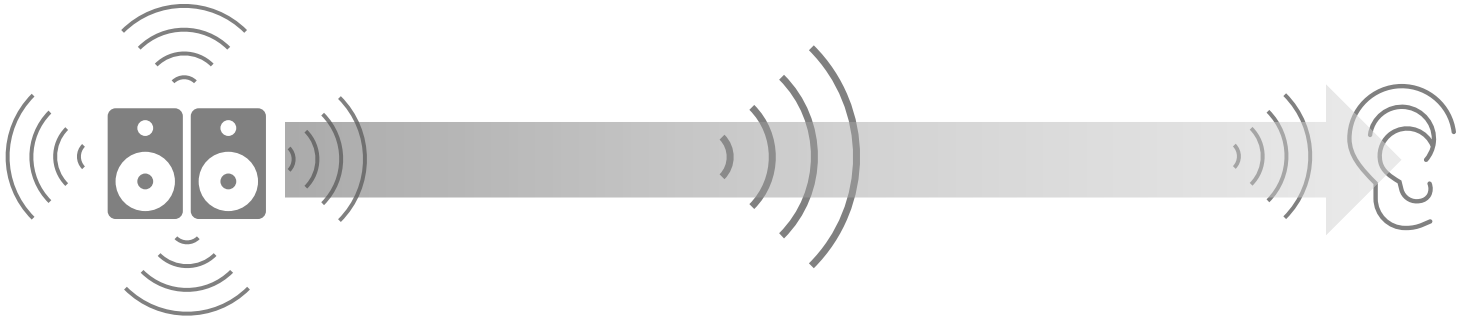
Emissionsort:

- Schallleistung
- Schalldruckpegel

Ausbreitungsweg / Transmission

Immissionsort:

- Schalldruckpegel



Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Addition / Subtraktion von Schallquellen

Addition zweier Schallquellen

$$p_{1+2} = 10 \cdot \log_{10} \cdot (10^{\frac{p_1}{10}} + 10^{\frac{p_2}{10}}) \quad \text{[dB(A)]}$$

Schallquelle 1	30,0 dB(A)
Schallquelle 2	30,0 dB(A)
Summe	**33,0 dB(A)**

Subtraktion zweier Schallquellen

$$p_{1-2} = 10 \cdot \log_{10} \cdot (10^{\frac{p_1}{10}} - 10^{\frac{p_2}{10}}) \quad \text{[dB(A)]}$$

Summe	53,0 dB(A)
Schallquelle 2	50,0 dB(A)
Schallquelle 1	**50,0 dB(A)**

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Einfluss Abstand

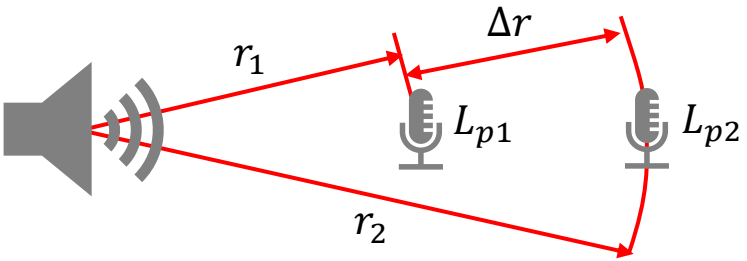
Entfernungsbedingte Pegelabname:

Zunehmende Entfernung ➢ schwächeres Geräusch

$$L_{p2} = L_{p1} - 20 \cdot \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

$$\Delta L_p = 20 \cdot \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

ΔL_p = Schallpegelabnahme zwischen Standort 1 und 2
L_{p1} = Schallpegel am Standort 1 [dB]
L_{p2} = Schallpegel am Standort 2 [dB]
r_1 = Entfernung zur Schallquelle am Standort 1 [m]
r_2 = Entfernung zur Schallquelle am Standort 2 [m]



$$r_2 = 2 \cdot r_1 \;➢\; \Delta L_p \approx -6\ dB$$

Doppelte Entfernung: -6 dB

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Einschlägige Technische Regeln (Auswahl)

Außenbereich:

- TA Lärm

Innenbereich:

- DIN EN 16798-1 Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden
- EN 16798-1 Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden
- DIN 4109-1 Schallschutz im Hochbau (nicht durch Nutzer beeinflussbar)
- DIN EN ISO 10052:2010-10 Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden
- Schallnormen EN ISO 16032:2004
- Diverse Förderrichtlinien

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

DIN EN ISO 16032 - Definitionen

$L_{S\ max}$	max. Schalldruckpegel in Oktavbändern mit Zeitbewertung „S“
$L_{S\ max,nT}$	max. Schalldruckpegel in Oktavbändern mit Zeitbewertung „S“ & Nachhallzeit von 0,5 s standardisiert
$L_{S\ max,n}$	max. Schalldruckpegel in Oktavbändern mit Zeitbewertung „S“ & äquivalente Schallabsorptionsfläche von 10 m² normiert
L_{eq}	äquivalenter Dauerschalldruckpegel in Oktavbändern
$L_{eq\ max,nT}$	äquivalenter Dauerschalldruckpegel in Oktavbändern Zeitbewertung „S“ & Nachhallzeit von 0,5 s standardisiert
$L_{eq\ max,n}$	äquivalenter Dauerschalldruckpegel in Oktavbändern mit Zeitbewertung „S“ & äquivalente Schallabsorptionsfläche von 10 m² normiert
T	Nachhallzeit: Zeit, in der sich der Schalldruckpegel nach Abschalten der Schalquelle um 60 dB verringert [s]

$$\boldsymbol{L_{nT} = L - 10 \cdot \log \frac{T}{T_0}} \text{ [dB]}$$

Dabei ist:
L kann $L_{S\ max}, L_{F\ max}, L_{eq}$ sein
T die gemessene Nachhallzeit in Sek.
T_0 = 0,5 s

$$\boldsymbol{L_n = L - 10 \cdot \log \frac{A_0\, T}{0{,}16\, V}}$$

Dabei ist:
L kann $L_{S\ max}, L_{F\ max}, L_{eq}$ sein
T die gemessene Nachhallzeit [s]
V das Raumvolumen [m³]
A_0 die äquivalente Bezugs-Schallabsorptionsfläche 10 m²
0,16 besitzt die Einheit [s/m]

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

6.3.3 Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen

- ist im Raum zu messen
- zwei feste Positionen
- Position 1 akustisch härteste Oberflächen mit einem Abstand von 0,5 m zu Wänden
- Position 2 im Hallfeld des Raumes
- Abstand zu allen Schallquellen mind. 1,5 m

- 3 Messungen: 1x Position 1 & 2x Position 2
- mind. ein vollständiger üblicher Betriebszyklus der Anlage

$$L_{XY} = 10 \cdot \log_{10} \cdot \left(\frac{10^{\frac{L_{XY,1}}{10}} + 10^{\frac{L_{XY,2}}{10}} + 10^{\frac{L_{XY,3}}{10}}}{3} \right) \quad [\mathrm{dB}]$$

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

3.15 Standard-Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen

$$L_{XY,nT} = \mathrm{L}_{XY} - k \text{ [dB]}$$

mit Nachhallmaß k

$$k = 10 \cdot \log \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{T_{500} + T_{1000} + T_{2000}}{T_0} \right)$$

T_{500} = Nachhallzeit bei 500 Hz
T_{1000} = Nachhallzeit bei 1000 Hz
T_{2000} = Nachhallzeit bei 2000 Hz
T_0 = Bezugsnachhallzeit

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

DIN EN ISO 10052 – Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden

3.16 Norm-Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen

$$L_{XY,n} = \mathrm{L}_{XY} - k - 10 \cdot log_{10}\left(\frac{A_0 \cdot T_0}{0{,}16 \cdot V}\right) \text{[dB]}$$

Dabei ist

L_{XY}	der Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen;
V	das Volumen des Empfangsraumes, in Kubikmeter;
k	das Nachhallmaß.
	in dem Fall wird k aus dem arithmetischen Mittelwert der Nachhallzeit berechnet, gemessen in Oktavbändern 500 Hz, 1 kHz und 2 kHz.
	$K = 10 \lg {}^1/_3 [(T_{500} + T_{1\,000} + T_{2\,000})/T_0]$
T_0	die Bezugsnachhallzeit (T_0 = 0,5 s);
A_0	die Bezugsabsorptionsfläche (A_0 = 10 m^2); und
0,16	hat die Einheit s/m.

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Lüfter anschalten

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

TA Lärm

6.1 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden

Die Immissionswerte für den Beurteilungspegel betragen für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden

a)	Industriegebiet	70 dB(A)
b)	Gewerbegebiet	65 dB(A) tags 50 dB(A) nachts
c)	Kern-, Dorf- und Mischgebieten	60 dB(A) tags 45 dB(A) nachts
d)	Allgemeines Wohn- und Kleinsiedlungs-gebiet	55 dB(A) tags 40 dB(A) nachts
e)	Reines Wohngebiet	50 dB(A) tags 35 dB(A) nachts
f)	Kurgebiet, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A) tags 35 dB(A) nachts
Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.		

A.1.3 Maßgeblicher Immissionsort

a) Bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109 (1989). Bei Schallmessungen nach TA Lärm wird in der Regel die Frequenzbewertung A und die Zeitbewertung F (L_{AF}) benutzt.

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

DIN EN 16798-1 (2022-03) Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden

- Geräusche von TGA-Systemen könnten Nutzer stören & bestimmungsgemäße Nutzung des Raums/Gebäudes verhindern oder verschlechtern.
- A-bewerteter äquivalenter Schalldruckpegels $L_{Aeq,nT}$ zu beurteilen zur Berücksichtigung der Schallabsorption des Raums

Gebäude	Art des Raums	Äquivalenter Dauerschallpegel $L_{Aeq,nT}$ [dB(A)]		
		I	II	III
Wohngebäude	Wohnzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Schlafzimmer	≤ 27	≤ 30	≤ 30
Versammlungsorte	Hör- und Zuschauersäle	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Bibliotheken	≤ 30	≤ 30	≤ 35
	Kinos	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Museen	≤ 30	≤ 30	≤ 35
Geschäftsgebiete	Ladengeschäfte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
	Kaufhäuser, Supermärkte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
Krankenhäuser	Schlafzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Stationen	≤ 25	≤ 35	≤ 35
	Operationssäle	≤ 48	≤ 48	≤ 48
Hotels	Hotelzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Empfang, Eingangsbereiche	≤ 35	≤ 45	≤ 45
Büros	Kleine Büros	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Bürolandschaften	≤ 35	≤ 35	≤ 45
	Konferenzräume	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Restaurants	Cafeterien	≤ 35	≤ 45	≤ 50
	Bars, Speiseräume	≤ 35	≤ 45	≤ 50
	Küchen	≤ 50	≤ 55	≤ 60
Schulen	Klassenräume	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Turnhallen	≤ 45	≤ 45	≤ 50
Sport	Überdachte Sportstätten	≤ 45	≤ 45	≤ 50
Allgemein	Wirtschaftsräume, Flure	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Toiletten	≤ 40	≤ 45	≤ 50
Die angegebenen Werte beziehen sich auf die von TGA-Systemen verursachten Geräusche innerhalb des betrachteten Raums.				

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

EN 16798-1 (2019-05) Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden

Gebäude	Art des Raums	Äquivalenter Dauerschallpegel $L_{Aeq,nT}$ [dB(A)]		
		I	II	III
Wohngebäude	Wohnzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 40
	Schlafzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
Versammlungsorte	Hör- und Zuschauersäle	≤ 24	≤ 28	≤ 32
	Bibliotheken	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Kinos	≤ 24	≤ 28	≤ 32
	Museen	≤ 28	≤ 32	≤ 36
Geschäftsgebiete	Ladengeschäfte	≤ 35	≤ 45	≤ 50
	Kaufhäuser, Supermärkte	≤ 40	≤ 40	≤ 45
Krankenhäuser	Schlafzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Stationen	≤ 32	≤ 36	≤ 40
	Operationssäle	≤ 35	≤ 40	≤ 45
Hotels	Hotelzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Empfang, Eingangsbereiche	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Büros	Kleine Büros	≤ 30	≤ 35	≤ 40
	Bürolandschaften	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Konferenzräume	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Restaurants	Cafeterien	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Bars, Speiseräume	≤ 32	≤ 36	≤ 40
	Küchen	≤ 45	≤ 50	≤ 55
Schulen	Klassenräume	≤ 30	≤ 34	≤ 38
	Turnhallen	≤ 35	≤ 40	≤ 45
Sport	Überdachte Sportstätten	≤ 35	≤ 40	≤ 45
Allgemein	Wirtschaftsräume, Flure	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Toiletten	≤ 35	≤ 45	≤ 55
Die angegebenen Werte beziehen sich auf die von TGA-Systemen verursachten Geräusche innerhalb des betrachteten Raums.				

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Gebäude	Art des Raums	Äquivalenter Dauerschallpegel $L_{Aeq,nT}$ [dB(A)]		
DIN EN 16798-1		I	II	III
Wohngebäude	Wohnzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Schlafzimmer	≤ 27	≤ 30	≤ 30
Versammlungsorte	Hör- und Zuschauersäle	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Bibliotheken	≤ 30	≤ 30	≤ 35
	Kinos	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Museen	≤ 30	≤ 30	≤ 35
Geschäftsgebiete	Ladengeschäfte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
	Kaufhäuser, Supermärkte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
Krankenhäuser	Schlafzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Stationen	≤ 25	≤ 35	≤ 35
	Operationssäle	≤ 48	≤ 48	≤ 48
Hotels	Hotelzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Empfang, Eingangsbereiche	≤ 35	≤ 45	≤ 45
Büros	Kleine Büros	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Bürolandschaften	≤ 35	≤ 35	≤ 45
	Konferenzräume	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Restaurants	Cafeterien	≤ 35	≤ 45	≤ 50
	Bars, Speiseräume	≤ 35	≤ 45	≤ 50
	Küchen	≤ 50	≤ 55	≤ 60
Schulen	Klassenräume	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Turnhallen	≤ 45	≤ 45	≤ 50
Sport	Überdachte Sportstätten	≤ 45	≤ 45	≤ 50
Allgemein	Wirtschaftsräume, Flure	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Toiletten	≤ 40	≤ 45	≤ 50

Die angegebenen Werte beziehen sich auf die von TGA-Systemen verursachten Geräusche innerhalb des betrachteten Raums.

Gebäude	Art des Raums	Äquivalenter Dauerschallpegel $L_{Aeq,nT}$ [dB(A)]		
EN 16798-1		I	II	III
Wohngebäude	Wohnzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 40
	Schlafzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
Versammlungsorte	Hör- und Zuschauersäle	≤ 24	≤ 28	≤ 32
	Bibliotheken	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Kinos	≤ 24	≤ 28	≤ 32
	Museen	≤ 28	≤ 32	≤ 36
Geschäftsgebiete	Ladengeschäfte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
	Kaufhäuser, Supermärkte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
Krankenhäuser	Schlafzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Stationen	≤ 32	≤ 36	≤ 40
	Operationssäle	≤ 35	≤ 40	≤ 45
Hotels	Hotelzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Empfang, Eingangsbereiche	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Büros	Kleine Büros	≤ 30	≤ 35	≤ 40
	Bürolandschaften	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Konferenzräume	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Restaurants	Cafeterien	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Bars, Speiseräume	≤ 32	≤ 36	≤ 40
	Küchen	≤ 45	≤ 50	≤ 55
Schulen	Klassenräume	≤ 30	≤ 34	≤ 38
	Turnhallen	≤ 35	≤ 40	≤ 45
Sport	Überdachte Sportstätten	≤ 35	≤ 40	≤ 45
Allgemein	Wirtschaftsräume, Flure	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	Toiletten	≤ 35	≤ 45	≤ 55

Die angegebenen Werte beziehen sich auf die von TGA-Systemen verursachten Geräusche innerhalb des betrachteten Raums.

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

DIN 4109-1 – in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben

Spalte	1	2	3	4
Zeile	**Geräuschquelle**		**Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel** *dB*	
			Wohn- und Schlafräume	**Unterrichts- und Arbeitsräume**
1	Sanitärtechnik / Wasserinstallationen		$L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 30[a,b,c]	$L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 35[a,b,c]
2	Hausinterne, fest installierte TGA sowie Garagen		$L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 30[c]	$L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 35[c]
3	Gaststätten inkl. Küchen, Verkaufsstätten, Betriebe usw	Tags 6 Uhr bis 22 Uhr	L_{r} ≤ 35 $L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 45	L_{r} ≤ 35 $L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 45
4		Nachts Nach TALärm	L_{r} ≤ 25 $L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 35	L_{r} ≤ 35 $L_{\mathrm{AF}\,max,n}$ ≤ 45

[a] Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte entstehen, sind derzeit nicht zu berücksichtigen.
[b] Voraussetzung zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:
- Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen des Schallschutzes berücksichtigen, d.h. zu den Baustellen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen
- Außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen der Installation hinzugezogen werden

[c] Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

DIN 4109-1 – Schutzbedürftiger Raum in eigener Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich

Spalte	1	2	3
Zeile	**Geräuschquelle**	**Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel** *dB*	
		Wohn- und Schlafräume	**Küchen**
1	Fest installierte TGA im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich	$L_{\mathrm{AF}\,max,n} \leq 30^{a,b,c,d}$	$L_{\mathrm{AF}\,max,n} \leq 33^{a,b,c,d}$

[a] Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim die beim Ein- und Ausschalten der Anlagen auftreten, dürfen maximal 5 dB überschreiten.
[b] Voraussetzung zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:
- Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen des Schallschutzes berücksichtigen, d.h. zu den Baustellen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen
- Außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen der Installation hinzugezogen werden

[c] Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet
[d] Es sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

DIN EN 15251 – Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

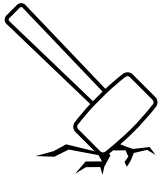
Tabelle E.1 — Beispiele für den A-bewerteten Auslegungs-Schalldruckpegel

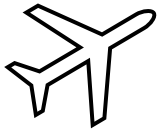
Gebäude	Art des Raums	Schalldruckpegel dB(A)	
		Typischer Bereich	Standard-Auslegungswert
Wohngebäude	Wohnzimmer	25 bis 40	32
	Schlafzimmer	20 bis 35	26
Hotels	Eingangsbereich	35 bis 45	40
	Empfangsräume	35 bis 45	40
	Hotelzimmer (nachts)	25 bis 35	30
	Hotelzimmer (am Tag)	30 bis 40	35
Büros	Kleine Büros	30 bis 40	35
	Konferenzräume	30 bis 40	35
	Großraumbüros	35 bis 45	40
	Bürozellen	35 bis 45	40

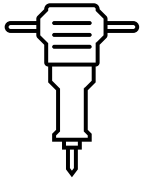
Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Schallmessungen in der Praxis

- Lüftungs- und Kälteanlagen erzeugen kontinuierliches Grundrauschen
- Gesuchtes Geräusch in der Regel recht leise
- Störgeräusche (Autos, Vögel, Menschen etc.)







Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Messort in der Praxis

Messung in der Mitte des Raums oder an exponierten Stellen (z. B. Kopfende Bett in Schlafzimmern)

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Messgeräte (Genauigkeit)

testo 816-1 - Schallpegelmessgerät

Bestell-Nr. 0563 8170

Technische Daten	
Messbereich	30 – 130 dB
Frequenzbereich	20 Hz – 8 kHz
Genauigkeit	±1,4 dB
Auflösung	0,1 dB
Messtakt	0,5 s
Zeitbewertung	FAST 125 ms SLOW 1 s

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Messgeräte (Genauigkeit)

Technische Daten	
Messbereich	20 – 140 dB
Eigenrauschen	<18 dB Klasse 1 <21 dB Klasse 2
Frequenzbereich	6,3 Hz – 20 kHz
Messtakt	10 ms – 2 s
Zeitbewertung	FAST SLOW IMPULSE

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Lüfter ausschalten

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Wichtig: Zeitbewertung

$L_{\mathrm{APeak,T}}$	Spitzenmesswert, Impulsmessung („peak“) (Bewertungszeit 35 ms)
$L_{\mathrm{AFMax,T}}$	Spitzenmesswert, Zeitbewertung „schnell“ („fast“) (Bewertungszeit 125 ms)
$L_{\mathrm{ASMax,T}}$	Spitzenmesswert, Zeitbewertung „langsam“ („slow“) (Bewertungszeit 1.000 ms)
$L_{\mathrm{A}eq,\mathrm{T}}$	Mittelungspegel oder Äquivalenter Dauerschallpegel über den Aufzeichnungszeitraum (hier also z. B. 30 s)
$L_{\mathrm{ASMin,T}}$	Minimalmesswert, Zeitbewertung „langsam“ („slow“) (Bewertungszeit 1.000 ms)
$L_{\mathrm{AFMin,T}}$	Minimalmesswert, Zeitbewertung „schnell“ („fast“) (Bewertungszeit 125 ms)

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Wichtig: Zeitbewertung

$L_{\mathrm{APeak,T}}$ Spitzenmesswert, Impulsmessung („peak“) (Bewertungszeit 35 ms)

$L_{\mathrm{AFMin,30s}}$ von Bedeutung

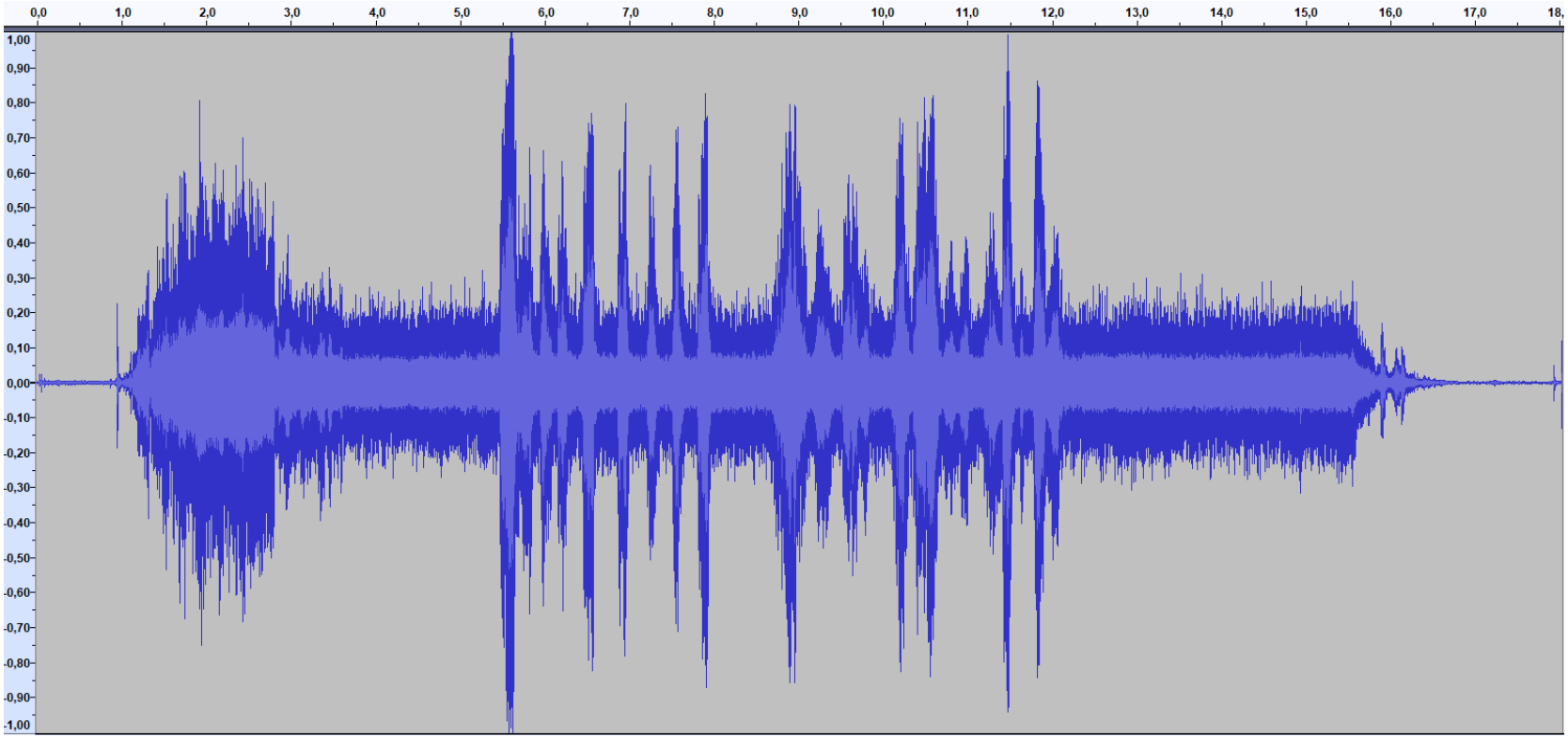
= der niedrigste Schalldruckpegel (über einen Bewertungszeitraum von 125 ms) über 30 s

- Geräusche < 30 s keinen Einfluss
- Langanhaltende Störgeräusche können nicht eliminiert werden
- An/Aus-Messung zur Identifizierung der Geräuschquelle

$L_{\mathrm{AFMin,T}}$ Minimalmesswert, Zeitbewertung „schnell“ („fast“) (Bewertungszeit 125 ms)

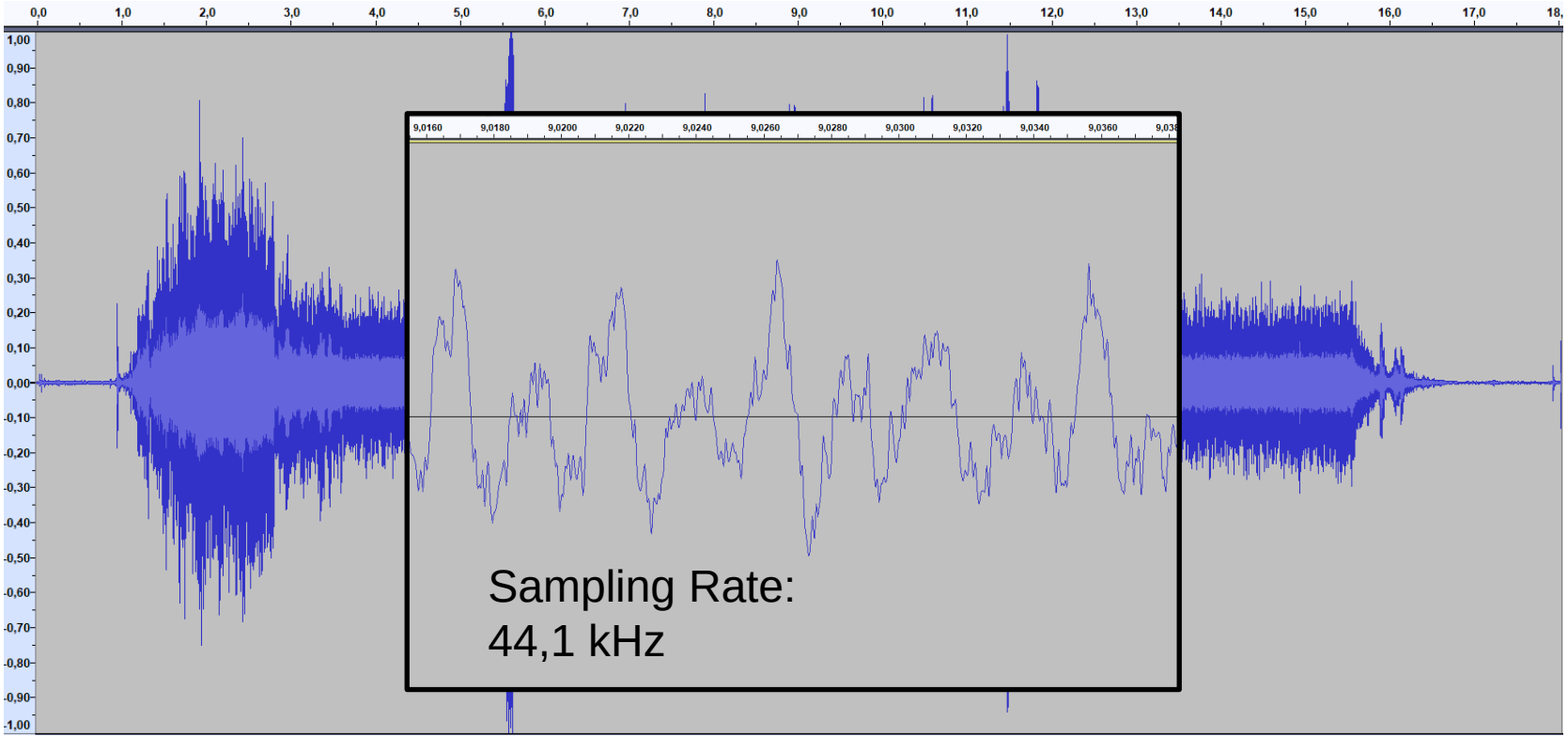
Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

Beispiel für Audio-Signal



Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Beispiel für Audio-Signal

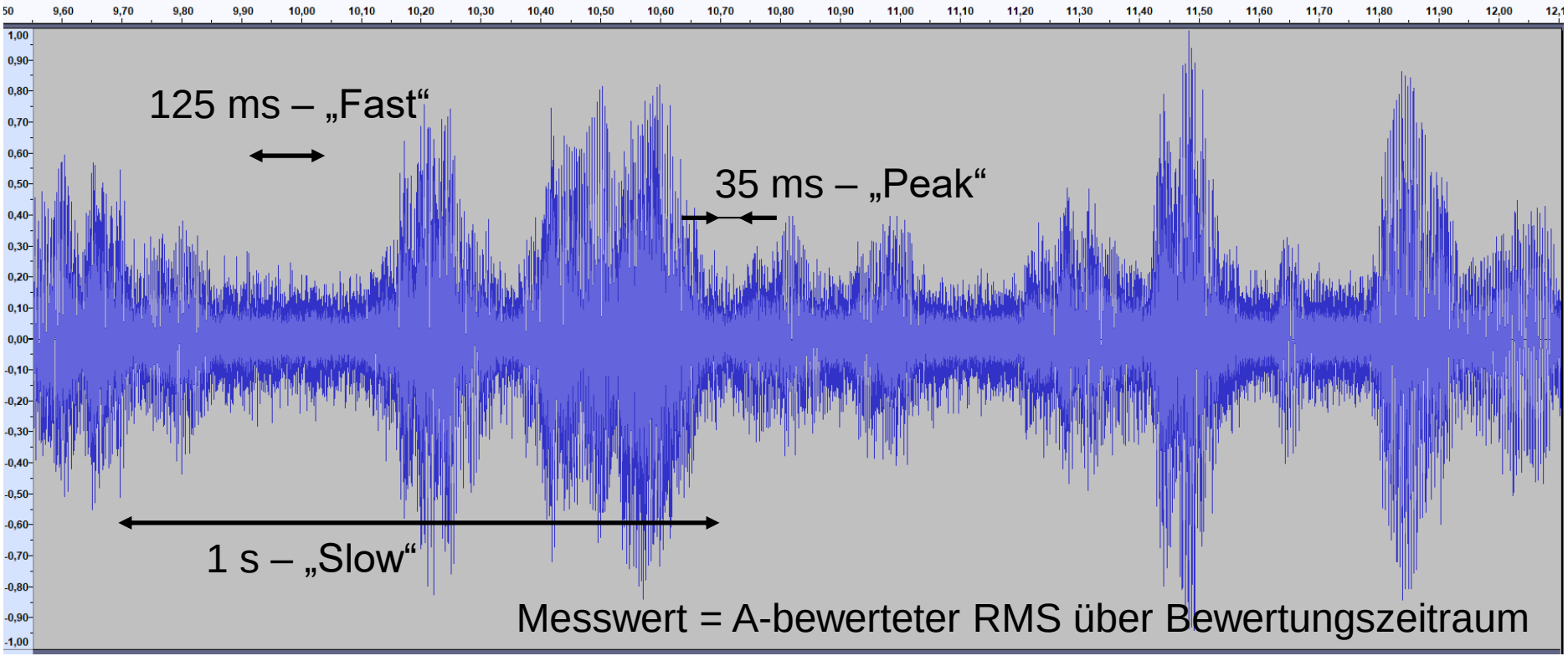


Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Beispiel für Audio-Signal

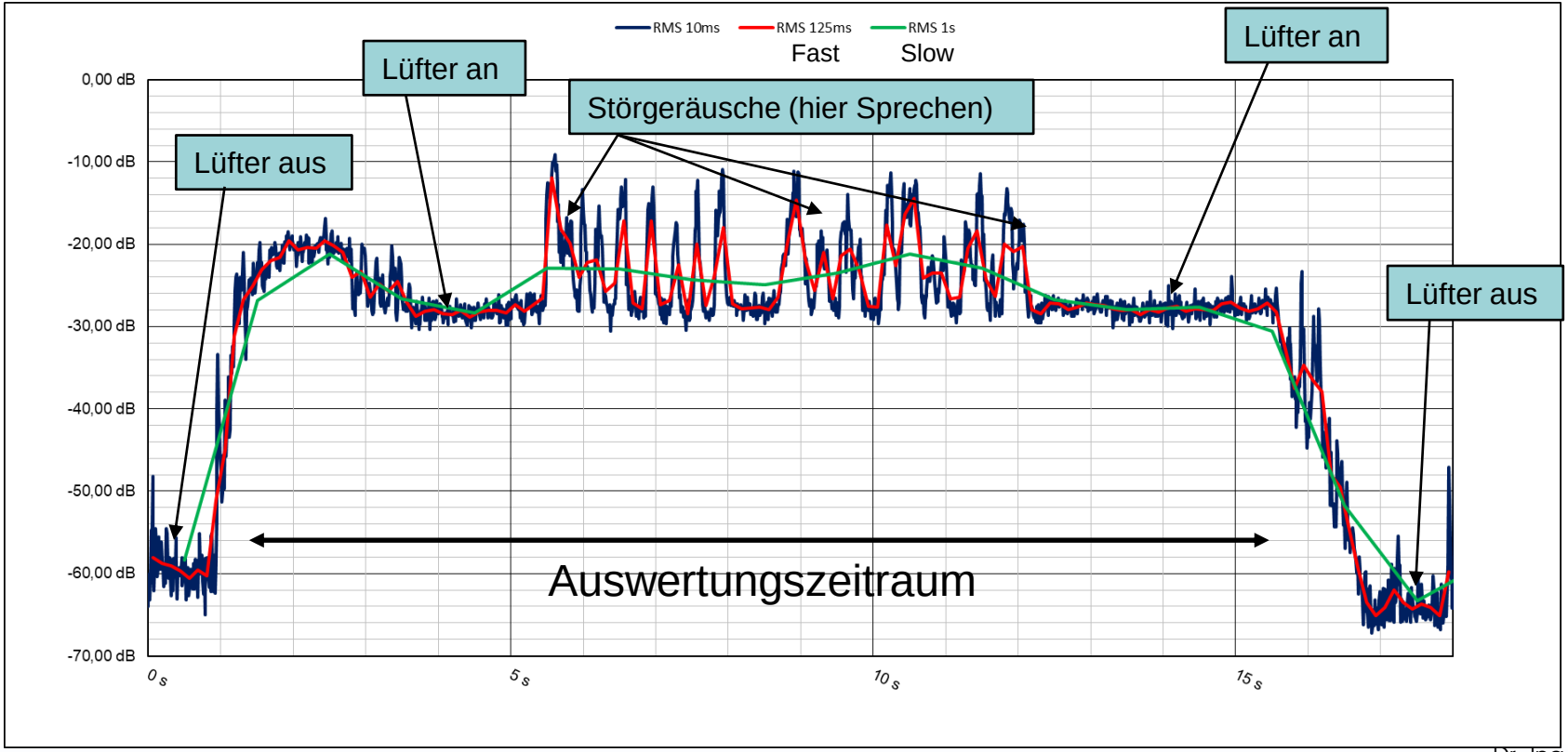
Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Zeitbewertung



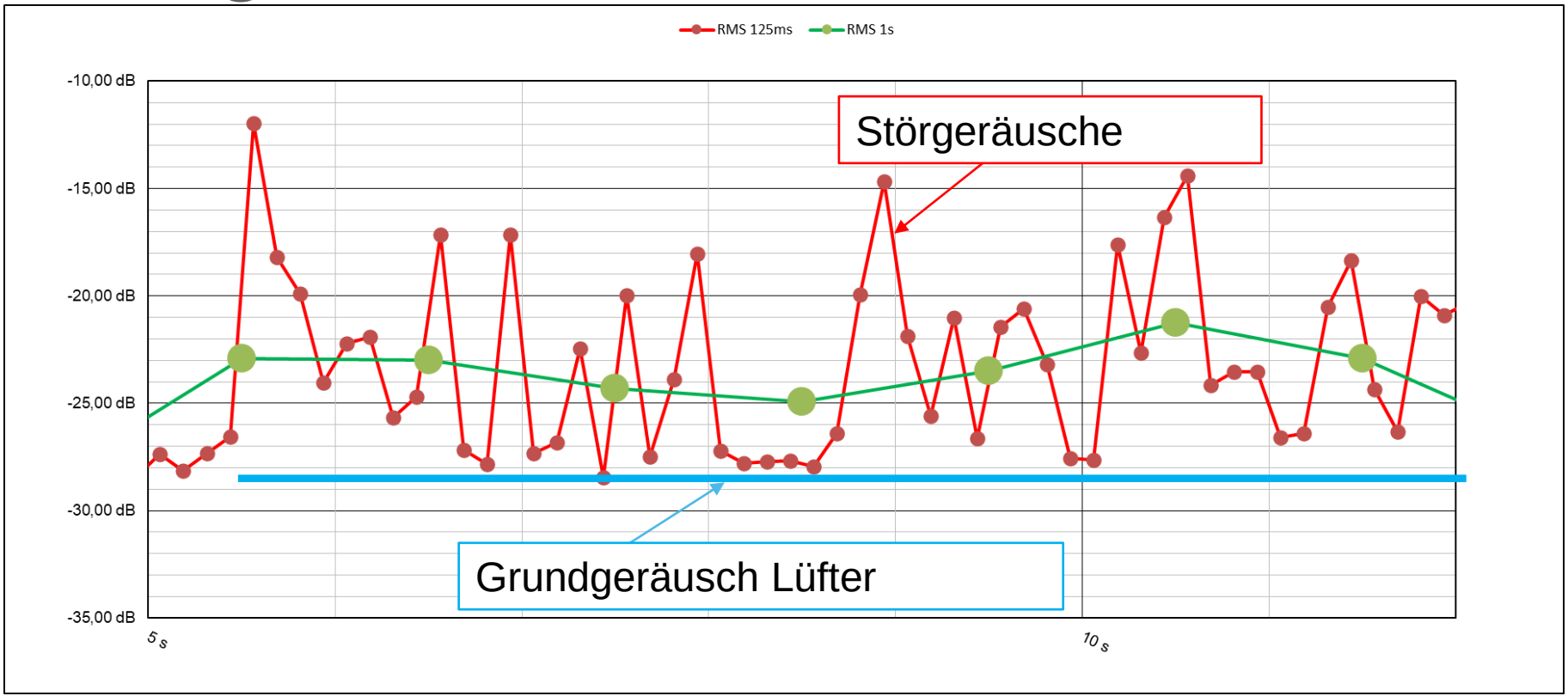
Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Zeitbewertung – RMS (Root Mean Square)



Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Vergleich Fast ./. Slow



Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

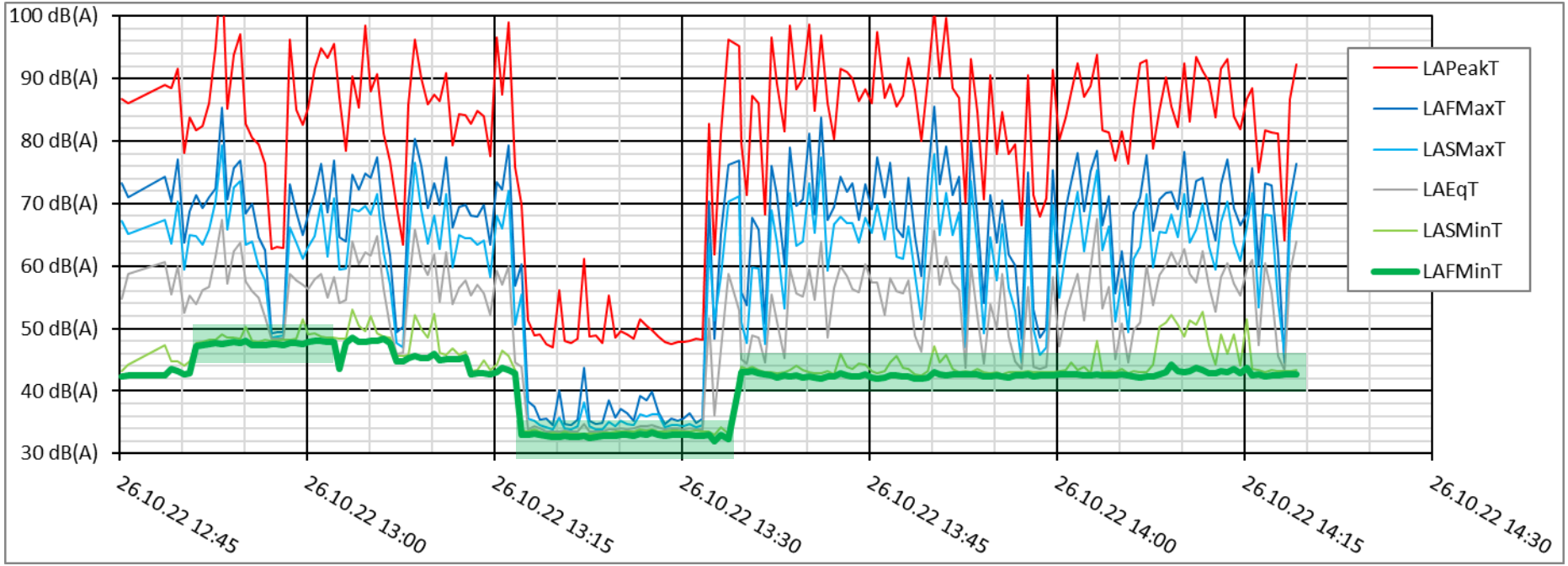
Ablauf Messung

- Auswertungszeitraum 30s
- bei L_{AF}: 240 Messwerte
- hieraus werden Min- und Max-Werte bestimmt
- $L_{AFMin,30s}$ ist das gesuchte Grundgeräusch
- An/Aus-Messung zur Identifizierung der Geräuschquellen
- Kontinuierliche Datenaufzeichnung
- evtl. andere Geräuschquellen subtrahieren, falls ähnlich laut

  (33 dB(A) mit Anlage an, 30 db(A) Anlage aus >>> Anlage hat 30 dB(A))

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Beispielmessung



Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Live-Messung

Dr.-Ing. Yves Wild
Ingenieurbüro GmbH

Zusammenfassung

- Viele sehr detaillierte technische Regeln mit relativ praxisfremden Messanforderungen
- Teilweise widersprüchliche Grenzwerte
- Empfehlung für Praxis:
  - Geeignetes Messgerät verwenden (<= 20 dB(A), Fast-Bewertung)
  - Messung von $L_{AFMin,30s}$ - der niedrigste Schalldruckpegel (über einen Bewertungszeitraum von 125 ms) über 30 s

Dr.-Ing. Yves Wild Ingenieurbüro GmbH

The End

More information on

www.DrWild.de