



Reduzierung der Immissionsschallpegel bei Open-Air Veranstaltungen

17.03.2011

Peter Rahe

Akustikbüro Rahe-Kraft GmbH

Monumentenstr. 33/34

10829 Berlin

www.rahe-kraft.de

Korrigierte Fassung vom 18.3.2011

1. Gesetzliche Grundlagen
2. Beurteilungspegel und Messwerte
3. Was wird **W**ann, **W**o und **W**arum gemessen
4. Konzepte zur Lärmvermeidung
5. Limitierung oder Überwachungsmessung
6. Schallpegelbegrenzer
7. Hörproben

- **BImSchG**
Bundes-Immissionsschutzgesetz 26.11.2010
- **Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm**
Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz 26.8.1998
- **Sportanlagenlärmschutzverordnung – 18.BImSchV**
Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes 9.2.2006
- **LImSchG Bln**
Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin 05.12.2005
- **AV LImSchG Bln**
Ausführungsvorschriften zum Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin 30.11.2007
- **AV LImSchG Bln – Veranstaltungen**
Ausführungsvorschriften zum Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin – Veranstaltungen
30.12.2010

Die AV LImSchG-Veranstaltungen gelten seit dem 14.1.2011 für Veranstaltungen im Freien gem. LImSchG § 7 Absatz 1

„§ 7 Öffentliche Veranstaltungen im Freien

(1) Öffentliche Veranstaltungen im Freien bedürfen einer Genehmigung nach § 11, wenn von ihnen störende Geräusche für Dritte zu erwarten sind.“

Wenn Störung Dritter zu erwarten sind, kann eine Genehmigung nach § 11 LImSchG erteilt werden

„§ 11 Genehmigung von öffentlichen Veranstaltungen im Freien

Die zuständige Behörde kann bei Vorliegen eines öffentlichen Bedürfnisses für öffentliche Veranstaltungen im Freien (...) auf Antrag widerruflich eine Genehmigung erteilen, wenn dies im Einzelfall unter Berücksichtigung des Schutzbedürfnisses der Nachbarschaft zumutbar ist.

Ein öffentliches Bedürfnis liegt in der Regel vor, wenn das Vorhaben auf historischen, kulturellen oder sportlichen Umständen beruht oder sonst von besonderer Bedeutung ist. **Genehmigungen sollen** zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen **mit Nebenbestimmungen erteilt werden. (...)**“

Für nicht öffentliche oder Veranstaltungen in Innenräumen, kann eine Ausnahme gem. § 10 LImSchG zugelassen werden

„§ 10 Zulassung von Ausnahmen

- (1) Die zuständige Behörde kann für den Betrieb von Anlagen auf Antrag Ausnahmen von den Verboten der §§ 3 bis 5 widerruflich zulassen, wenn die Störung unbedeutend ist oder das Vorhaben Vorrang vor den Ruheschutzinteressen Dritter hat.**
- (2) ...Schankvorgärten....**
- (3) Ausnahmen nach Absatz 1 und 2 sollen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen mit Nebenbestimmungen erteilt werden.“**

Ausführungsvorschriften zum Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin – Veranstaltungen

VA Typ	<u>nicht</u> störende VA	<u>wenig</u> störende VA	störende VA		
Zulässiger IRW Tag/Nacht Mischgebiet Allg. Wohngebiet	60 dB / 45 dB 55 dB / 40 dB	65 dB / 50 dB 60 dB / 45 dB	70 dB / 55 dB 70 dB / 55 dB	mit <u>besonderer</u> Bedeutung 75 dB / 55 dB 75 dB / 55 dB	mit <u>herausragender</u> Bedeutung Nach Ermessen der Behörde
Geräuschspitzen über IRW Tag/Nacht	30dB / 20dB	25dB / 15dB	20dB / 10dB	15dB	entfällt
Max. Tage im Jahr am Immissionsort	Keine Beschr.	60 Tage	18 Tage		

Ausführungsvorschriften zum Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin – Veranstaltungen

VA Typ	<u>nicht</u> störende VA	<u>wenig</u> störende VA	störende VA		
Zuschlag K_R für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit	6 dB	6 dB	--	mit <u>besonderer</u> Bedeutung --	mit <u>herausragender</u> Bedeutung --
Tieffreq. Bew. gem. DIN 45680 am IO	ja	ja	nein	nein	Nein
$L_{Ceq} - L_{Aeq}$ am Emissionsort	< 10dB	--	--	--	--
Herausschieben Beginn d. Nachtzeit - vor Werktagen - vor Sa./So. u. Feiertagen	Nicht möglich 23:00 Uhr	Nicht möglich 23:00 Uhr	23:00 Uhr 23:00 Uhr		23:00 Uhr In Ausnahmen auch später
Veranstaltungsende - vor Werktagen - vor Sa./So. u. Feiertag	Keine Beschr. Keine Beschr.	23:00 Uhr 24:00 Uhr	23:00 Uhr 24:00 Uhr		

1. Gesetzliche Grundlagen
2. Beurteilungspegel und Messwerte
3. Was wird **W**ann, **W**o und **W**arum gemessen
4. Konzepte zur Lärmvermeidung
5. Limitierung oder Überwachungsmessung
6. Schallpegelbegrenzer
7. Hörproben

Der Beurteilungspegel L_r

- ist kein reiner Messwert!
- wird gebildet in Anlehnung an DIN 45645–1 aus
 - der Einwirkdauer der Geräusche (Veranstaltungszeit)
 - Zuschläge für Ton/Informationshaltigkeit (K_T)
 - Zuschlag für Impulshaltigkeit (K_I)
 - Zuschläge für Tageszeiten mit besonderer Empfindlichkeit (K_R)
 - dem Messwert L_{Aeq}

Beurteilungszeit T_r

- tags 6:00 - 22:00 Uhr
- nachts 22:00 - 6:00 Uhr

Beurteilungszeit tags = 16 Stunden

Zur Beurteilung der Nachtzeit gilt eine volle Stunde mit dem höchsten Beurteilungspegel

Zuschlag für für Ton- und Informationshaltigkeit K_T

Zu erheben wenn:

- ein oder mehrere Töne hörbar hervortreten
- oder das Geräusch informationshaltig ist.

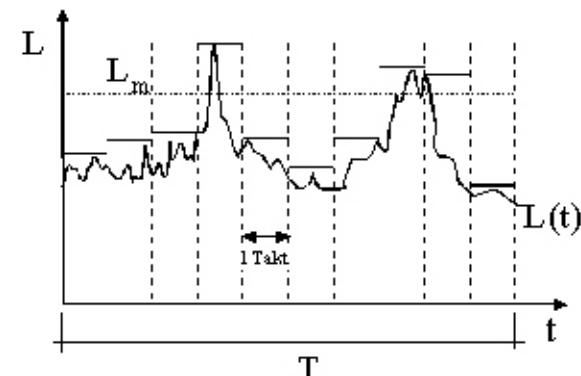
Der Zuschlag beträgt je nach Auffälligkeit 3 oder 6 dB.

Zuschlag für Impulshaltigkeit K_I

Differenz aus dem gemessenen Taktmaximalpegel L_{AFTeq}

und dem äquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq}

Bei Musik, je nach Dynamik in der Größenordnung 3 - 6 dB



Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit K_R

an Werktagen

06:00 – 07:00 Uhr

20:00 – 22:00 Uhr

an Sonn- und Feiertagen

06:00 – 09:00 Uhr

13:00 – 15:00 Uhr

20:00 – 22:00 Uhr

- Der Zuschlag beträgt 6 dB.
- Wird nicht erhoben im Misch-, Gewerbe und Industriegebiet!

$$L_r = 10 \lg \left[\frac{1}{T_r} \sum_{j=1}^N T_j \cdot 10^{0,1(L_{Aeq,j} - C_{met} + K_{T,j} + K_{I,j} + K_{R,j})} \right]$$

$$T_r = \sum_{j=1}^N T_j = 16 \text{ h tags}$$

T_j Teilzeit j

N Zahl der gewählten Teilzeit

L_{Aeq} Mittelungspegel während der Teilzeit T_j

C_{met} meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997

$K_{T,j}$ Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit in der Teilzeit T_j

$K_{I,j}$ Zuschlag für Impulshaltigkeit in der Teilzeit T_j

$K_{R,j}$ Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit in der Teilzeit T_j

Beispiel 1

- Musikveranstaltung an einem Wochentag (Mo.- Sa.)
- Gebietsausweisung = allgemeines Wohngebiet
- Veranstaltungsdauer (inkl. Soundchecks) = 14:00 Uhr bis 22:00 Uhr = 8 h
- Zuschlag $K_R = 6$ dB in der Zeit von 20:00 bis 22:00 Uhr = 2 h
- Zuschlag $K_I = 3$ dB
- Zuschlag $K_T = 4$ dB
- Messwert $L_{Aeq} = 70$ dB

$L_r = 76,4$ dB

T	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
T_j									8 h Einwirkzeit							
K_R															2 h mit 6 dB	

Beispiel 2

- Musikveranstaltung an einem Sonntag
- Gebietsausweisung = allgemeines Wohngebiet
- Veranstaltungsdauer (inkl. Soundchecks) = 14:00 Uhr bis 22:00 Uhr = 8 h
- Zuschlag $K_R = 6$ dB in der Zeit von 14:00-15:00 h und 20:00 bis 22:00 Uhr = 3 h
- Zuschlag $K_I = 3$ dB
- Zuschlag $K_T = 4$ dB
- Messwert $L_{Aeq} = 70$ dB

$L_r = 77,2$ dB

T	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
T_j									8 h Einwirkzeit							
K_R									1 h 6 dB							2 h 6 dB

Beispiel 3

- Musikveranstaltung an einem Sonntag
- Gebietsausweisung = Mischgebiet
- Veranstaltungsdauer (inkl. Soundchecks) = 14:00 Uhr bis 22:00 Uhr = 8 h
- Zuschlag K_R = entfällt weil im Mischgebiet
- Zuschlag K_I = 3 dB
- Zuschlag K_T = 4 dB
- Messwert $L_{Aeq} = 70$ dB

$L_r = 74,0$ dB

K_R entfällt weil im Mischgebiet !

T	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
T_j									8 h Einwirkzeit							
K_R									X						X	X

Beispiel 4

- Musikveranstaltung
- Gebietsausweisung = Mischgebiet
- Veranstaltungsdauer (inkl. Soundchecks) = 4 h
- Zuschlag K_R = entfällt
- Zuschlag K_I = 3 dB
- Zuschlag K_T = 4 dB
- Messwert L_{Aeq} = 70 dB

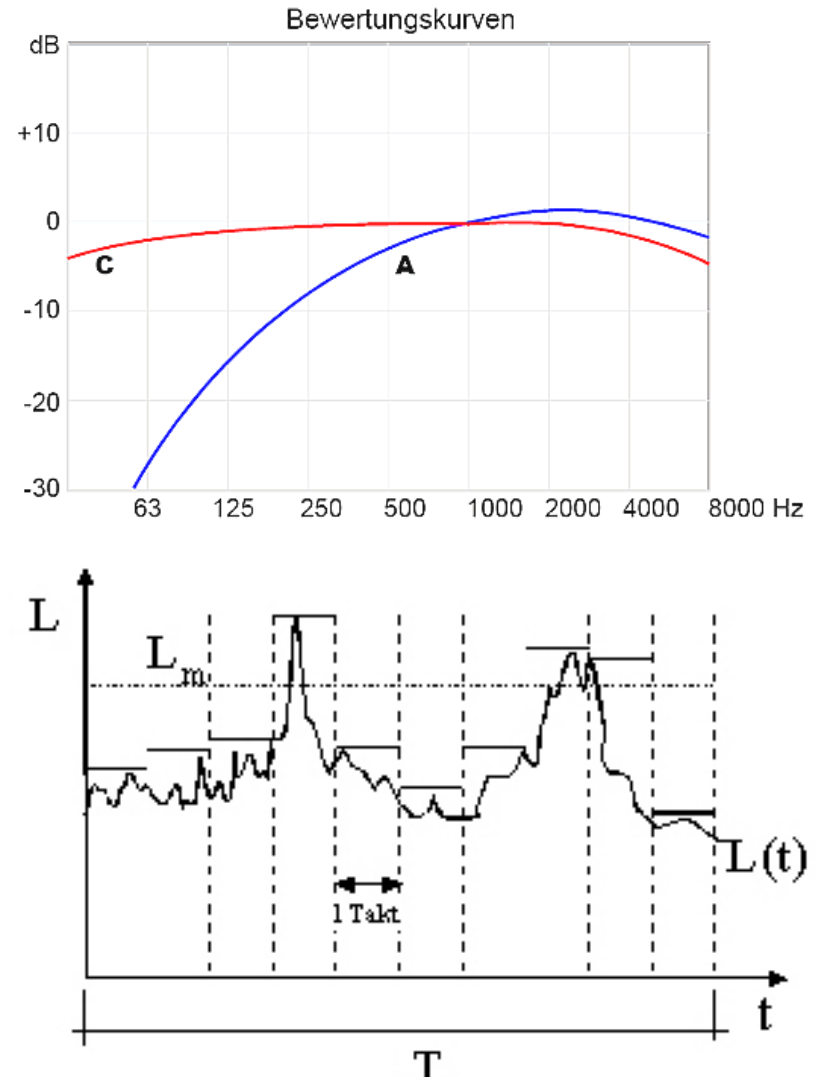
$L_r = 71,0$ dB

T	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
T_j											2 h				2 h	
K_R																

1. Gesetzliche Grundlagen
2. Beurteilungspegel und Messwerte
3. Was wird **W**ann, **W**o und **W**arum gemessen
4. Konzepte zur Lärmvermeidung
5. Limitierung oder Überwachungsmessung
6. Schallpegelbegrenzer
7. Hörproben

Typische Messgrößen

Messwertart	Anwendung
L_{Aeq}	Beurteilung von Geräuschimmissionen
L_{Ceq}	Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche
L_{AFTeq}	Beurteilung der Impulshaltigkeit
L_{AFmax}	Beurteilung von Geräuschspitzen
$L_{AF95\%}$	Prüfung auf ständig vorherrschende Fremdgeräusche



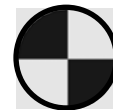
Wo wird Was gemessen?



Immissionsort

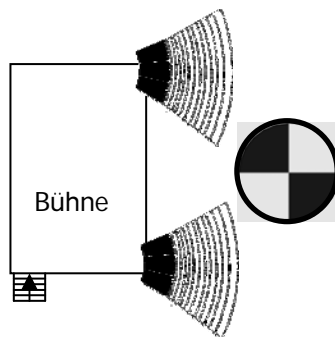
0,5 Meter vor dem geöffneten Fenster (ersatzweise 2 Meter vor der Fassade)

- Fremdgeräuschpegel L_{Aeq} oder L_{A95}
- Immissionspegel L_{Aeq} , L_{AFTeq} , L_{Ceq}



Ersatzmessort

Wenn am maßgeblichen Immissionsort keine eindeutigen Messungen möglich
 -> Bestimmung eines Ersatzmessortes und Umrechnung auf den Immissionsort.



Emissionsort

definierte Entfernung vor den Lautsprechern z.B. Mischplatz

- Emissionspegel L_{Aeq} , L_{AFTeq} , L_{Ceq} , L_{CFTeq}

Beispielprojekt:

	<i>L_{Aeq}</i>	<i>L_{AFTeq}</i>	<i>L_{Ceq}</i>	<i>L_{CFTEq}</i>
Messwerte bei hoch ausgesteuerter Anlage am Emissionsort (EO)	101,4 dB	105,6 dB	110,1 dB	114,2 dB
Messwerte bei hoch ausgesteuerter Anlage am maßgeblichen Immissionsort (IO)	62,6 dB	66,3 dB	79,7 dB	83,3 dB
Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit KT	3,0 dB			
Zuschlag für Impulshaltigkeit KI	3,7 dB			
Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit KR (angesetzte Veranstaltungszeitraum: ab 16.00 Uhr)				
16.00 Uhr – 20.00 Uhr (4 h):	0 dB			
20.00 Uhr – 22.00 Uhr (2 h):	6 dB			

Beurteilung zur Tageszeit ($T_r = 16$ h)

$$L_r = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T_r} \sum_{j=1}^N T_j \cdot 10^{0,1(L_{Aeq,j} + K_{T,j} + K_{I,j} + K_{R,j})} \right]$$

$$L_r = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{16} \left([4 \cdot 10^{0,1(62,6+3,0+3,7+0)}] + \right. \right. \\ \left. \left. + [2 \cdot 10^{0,1(62,6+3,0+3,7+6,0)}] \right) \right]$$

$$L_r = 68.0 \text{ dB}$$

Beurteilung zur Nachtzeit ($T_r = 1$ h)

$$L_r = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T_r} \sum_{j=1}^N T_j \cdot 10^{0,1(L_{Aeq,j} + K_{T,j} + K_{I,j} + K_{R,j})} \right]$$

$$L_r = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{1} \left(\left[1 \cdot 10^{0,1(62,6+3,0+3,7+0)} \right] \right) \right]$$

$$L_r = 69.3 \text{ dB}$$

Messwerte

	<i>L_{Aeq}</i>	<i>L_{AFTeq}</i>	<i>L_{Ceq}</i>	<i>L_{CFTEq}</i>
Messwerte bei hoch ausgesteuerter Anlage am Emissionsort (EO)	101,4 dB	105,6 dB	110,1 dB	114,2 dB
Messwerte bei hoch ausgesteuerter Anlage am maßgeblichen Immissionsort (IO)	62,6 dB	66,3 dB	79,7 dB	83,3 dB

Vergleich Beurteilungspegel L_r und Immissionsrichtwert IRW

	<i>L_r</i>	<i>IRW</i>	<i>Notwendige Absenkung</i>
Tageszeit (16.00 Uhr – 22.00 Uhr)	68,0 dB	55,0 dB	13,0 dB
Nachtzeit (22.00 Uhr - 06.00 Uhr)	69,3 dB	40,0 dB	29,3 dB

Zulässiger Anlagenpegel am Emissionsort (EO):

Tageszeit (16.00 Uhr – 22.00 Uhr):

$L_{AFTeq} = 105,6 - 13,0 \text{ dB} = 92,6 \text{ dB}$ ($L_{Aeq} = 88,4 \text{ dB}$)

Nachtzeit:

$L_{AFTeq} = 105,6 - 29,3 \text{ dB} = 76,3 \text{ dB}$ ($L_{Aeq} = 72,1 \text{ dB}$)

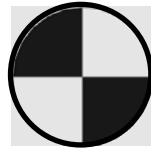
Typische Pegel versch. Open-Air Veranstaltungstypen im Publikum

	Typische Pegel L_{Aeq}	$L_{Ceq} - L_{Aeq}$
Sprache, Theater, Moderation	75-85 dB	~5 dB
Klassik (hohe Dynamik!)	80-90 dB	5-10 dB
Jazz, Chanson...	85-95 dB	5-10 dB
Pop/Rock	95-100 dB	10-15 dB
HIP-Hop/Rave/Dance	95-105 dB	15-20 dB

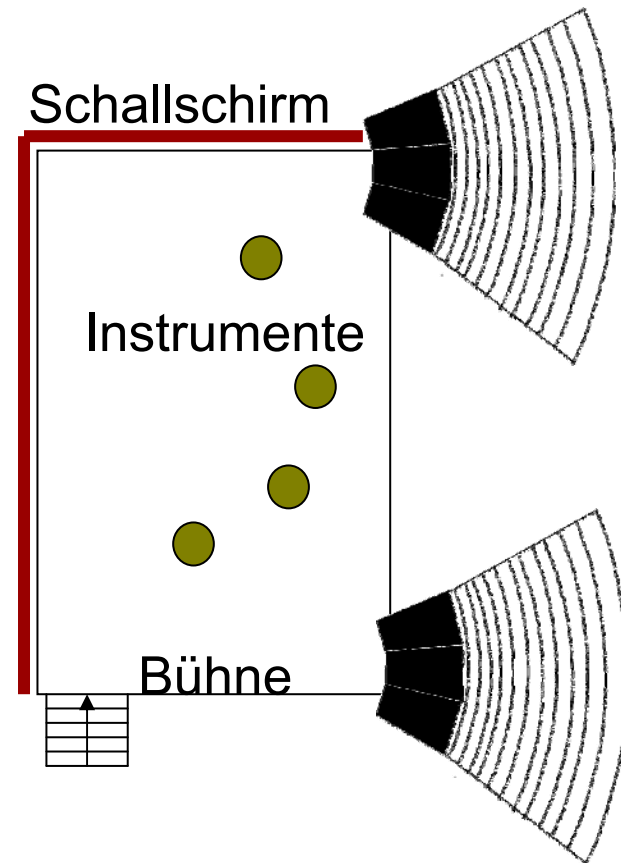
Quelle: eigene Auswertungen Akustikbüro Rahe-Kraft

1. Gesetzliche Grundlagen
2. Beurteilungspegel und Messwerte
3. Was wird **W**ann, **W**o und **W**arum gemessen
4. Konzepte zur Lärmvermeidung
5. Limitierung oder Überwachungsmessung
6. Schallpegelbegrenzer
7. Hörproben

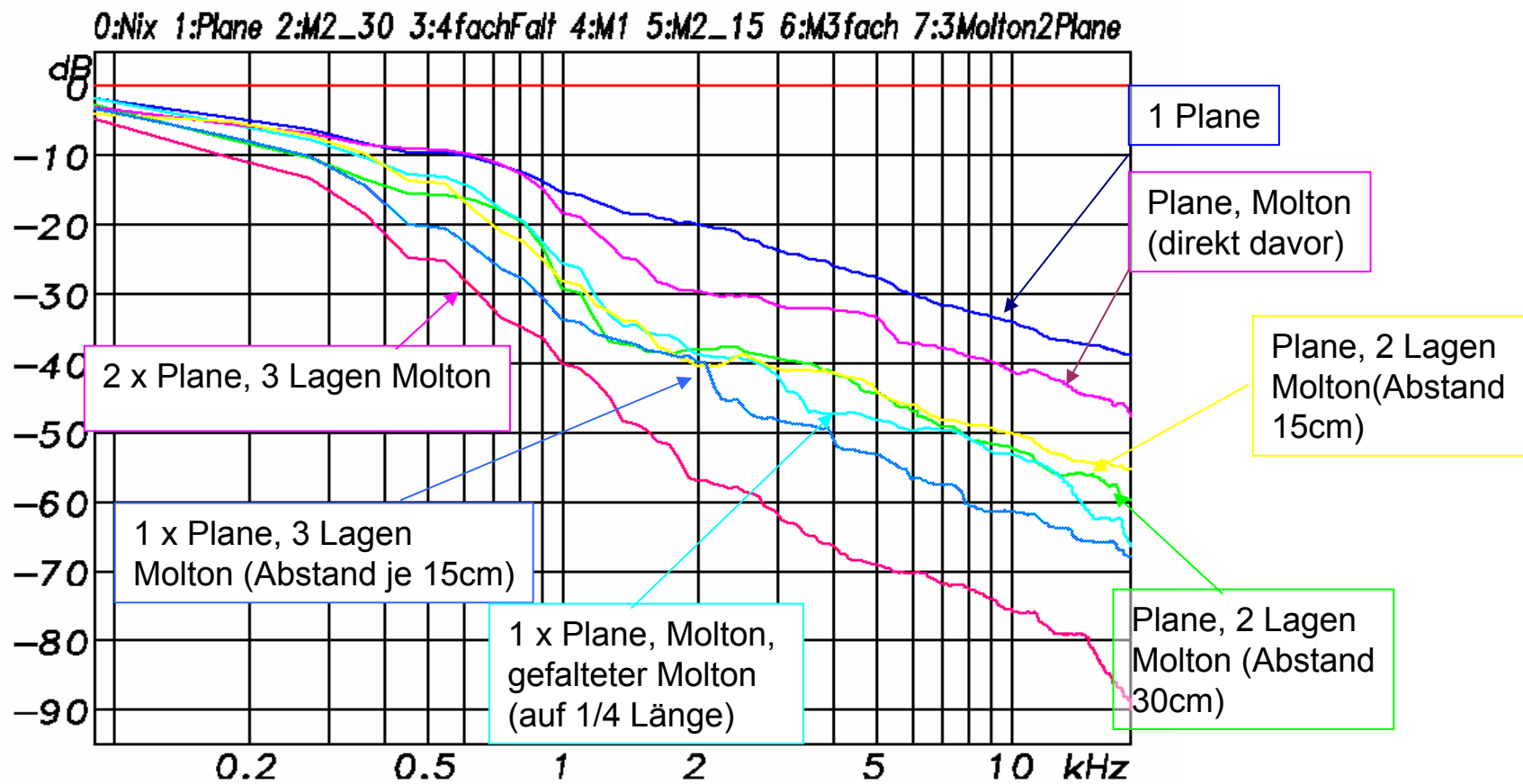
Schallschirm im Bühnenaufbau



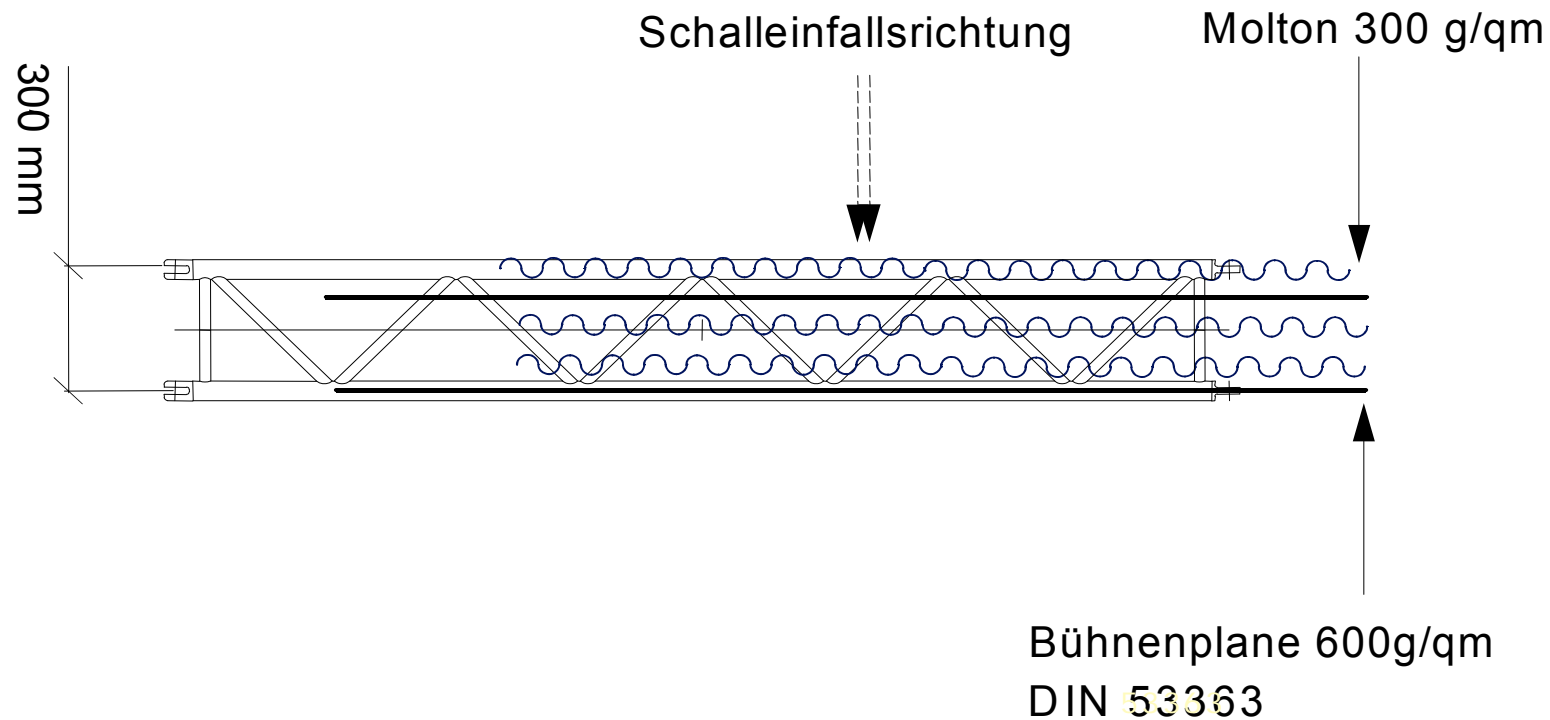
Immissionsort



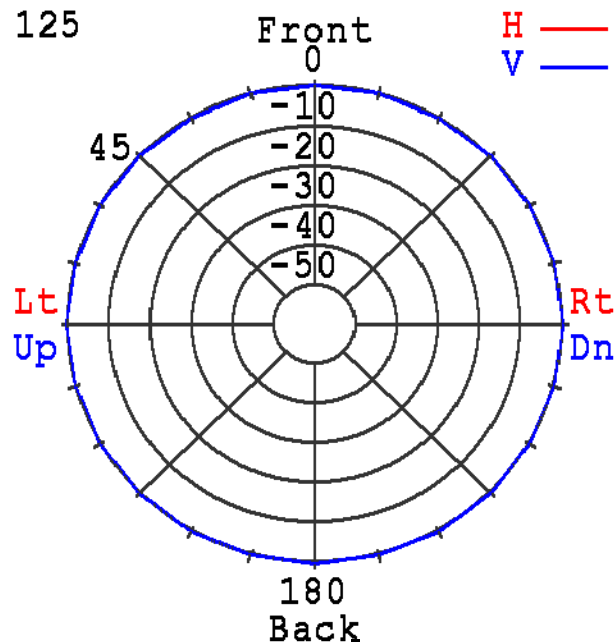
Transmissionsmessungen an verschiedenen Bühnenmaterialien



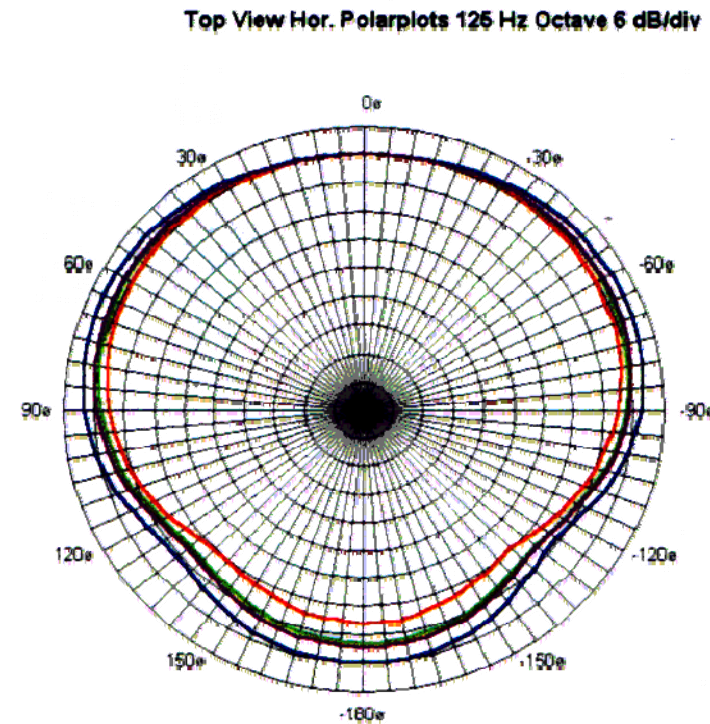
Mobiler Schallschirm im Bühnenaufbau



Bass-Lautsprecher mit Richtwirkung

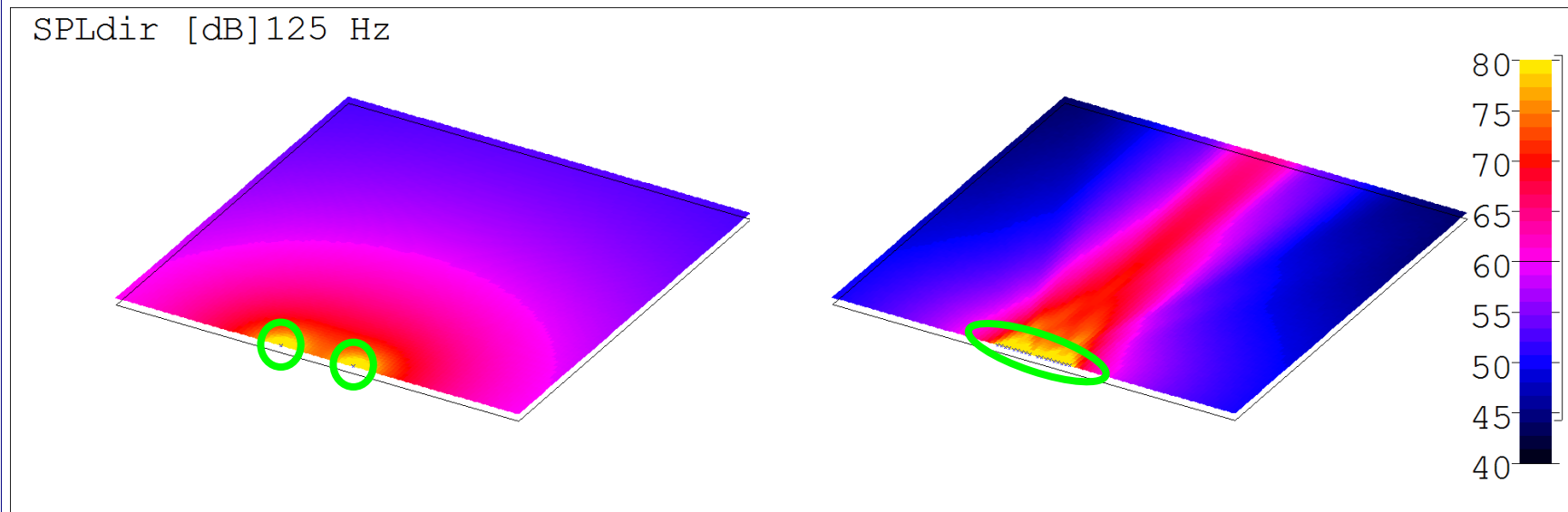


Polardiagramm konventioneller Bass



Polardiagramm Cardioid Basssystem

L-R Anordnung versus Bassarray

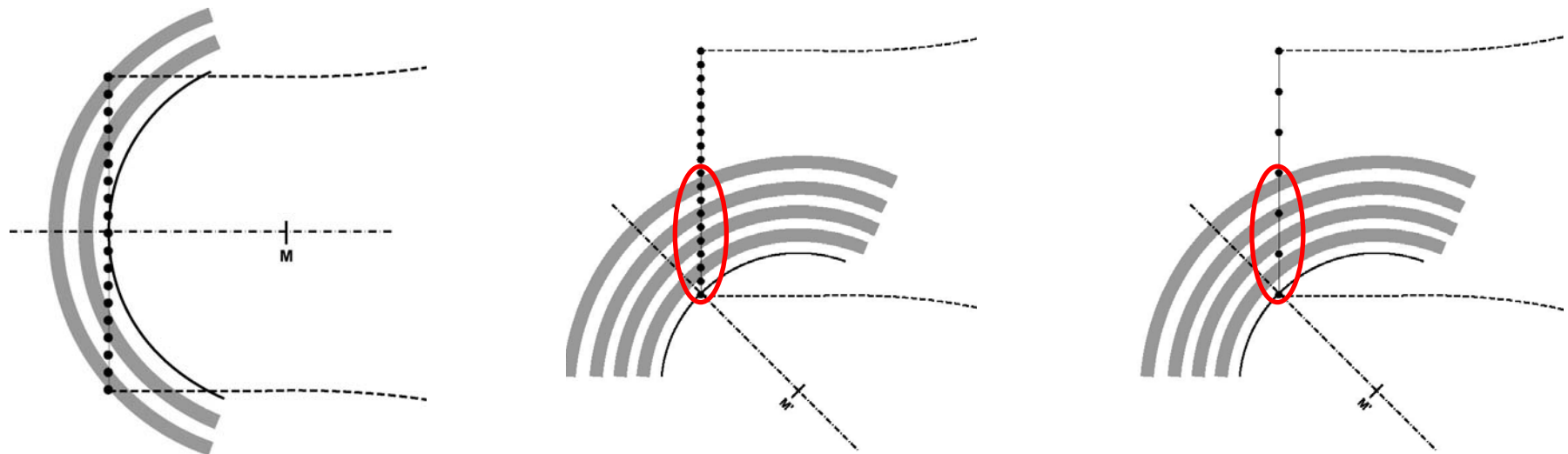


Konventionelle L-R Anordnung

Horizontales Bass-Array

„Wiesen Festival“ 2005 in Wiesen Burgenland/Österreich

(Bass-) Array aus Einzelschallquellen



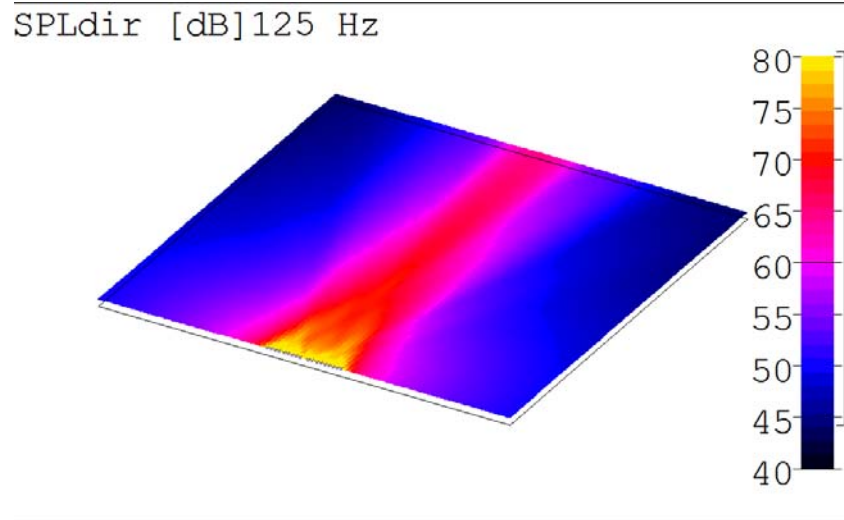
Richtwirkung entsteht durch Interferenz

Bedingung: Abstand der Quellen $\leq \lambda / 2$

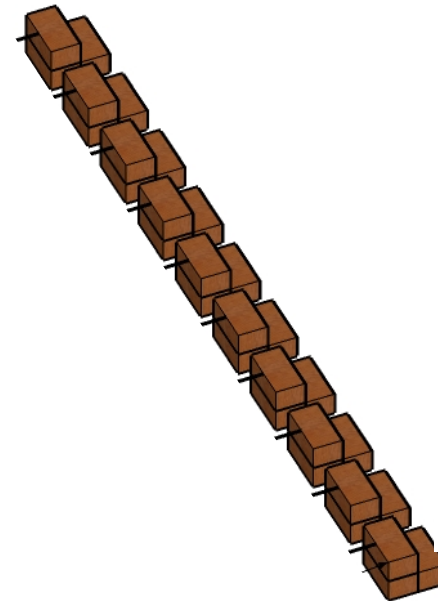
$\lambda = \text{Wellenlänge } (\lambda = c / f)$

$c = \text{Schallgeschwindigkeit, } f = \text{Frequenz}$

Horizont



Seitliche Pegeldämpfung

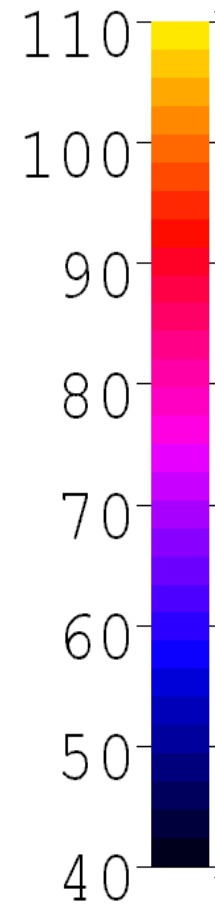
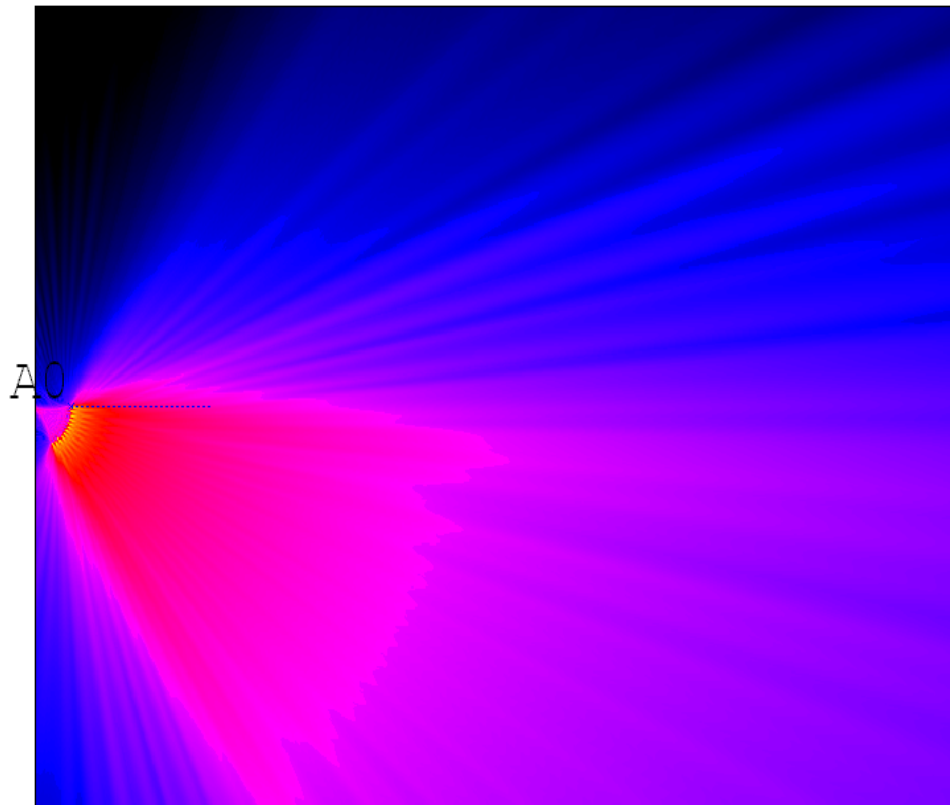


Berechnungsbeispiel des max. Abstands der Quellen (Zentrum/Zentrum):

Wellenlänge λ bei 100 Hz = 343 cm

$\lambda / 2 = 171,5$ cm

Vertikales Line Array



Dämpfung 10-15 dB möglich (Frequenzabhängig)

1. Gesetzliche Grundlagen
2. Beurteilungspegel und Messwerte
3. Was wird **W**ann, **W**o und **W**arum gemessen
4. Konzepte zur Lärmvermeidung
5. **Limitierung oder Überwachungsmessung**
6. Schallpegelbegrenzer
7. Hörproben

Überwachungsmessung (meist am Immissionsort)

- + höhere Dynamik möglich (z.B. bei Klassikkonzerten)
 - + berücksichtigt den tatsächlich auftretenden L_{Aeq} in der Einwirkzeit
 - + veränderte meteorologische Einflüsse werden erfasst
 - + verhaltensbedingter Lärm wird erfasst
 - + hohe Rechtssicherheit durch Messprotokoll
-
- höhere Kosten
 - Konflikte zw. Messingenieur und Veranstalter/Tontechniker
 - IRW werden oft überschritten

Limitierung

- + Pegel kann zu keiner Zeit überschritten werden
 - + Manipulationen leicht nachweisbar
 - + weniger Konflikte, Limiter ist „unbestechlicher dritter“
 - + geringerer Organisations- und Kostenaufwand
-
- geringere mögliche Dynamik
 - berücksichtigt nur den maximal möglichen L_{Aeq} in der Einwirkzeit
 - berücksichtigt keine Live-Instrumente und Monitor-Lautsprecher

Überwachungsmessung:

- bei Großveranstaltungen (z.B. Waldbühne etc.)
- Veranstaltungen mit hohem Publikumsaufkommen (Fanmeile etc.)

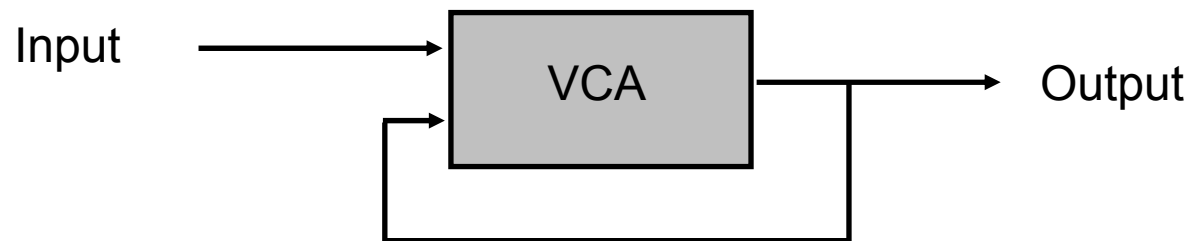
Limitierung:

- kleinere Konzerte / Festivals
- Sommerfeste
- Straßenfeste
-

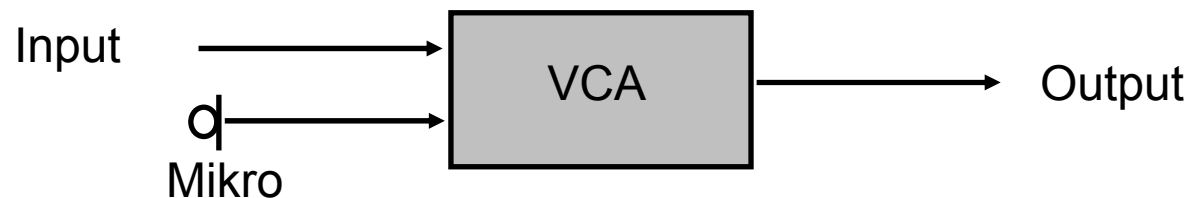
1. Gesetzliche Grundlagen
2. Beurteilungspegel und Messwerte
3. Was wird **W**ann, **W**o und **W**arum gemessen
4. Konzepte zur Lärmvermeidung
5. Limitierung oder Überwachungsmessung
6. Schallpegelbegrenzer
7. Hörproben

Funktionsweise Schallpegelbegrenzer

Regelung über Ausgangssignal



Regelung über externes Mikrofon



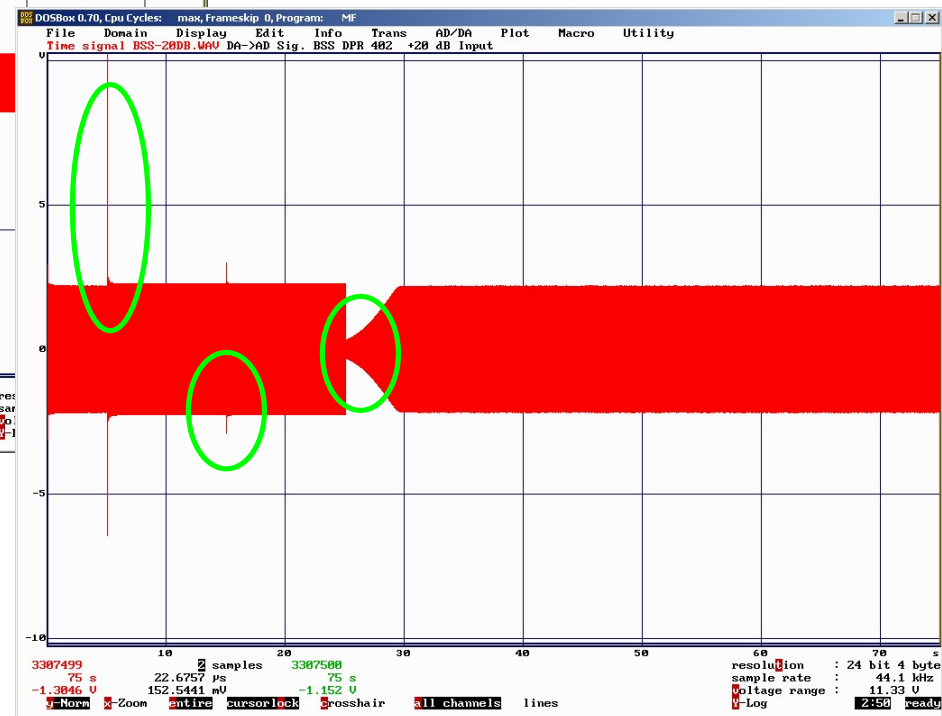
VCA = **V**oltage **C**ontrolled **A**mplifier

Messung von Kennlinien



Eingangssignal
mit Pegelsprüngen

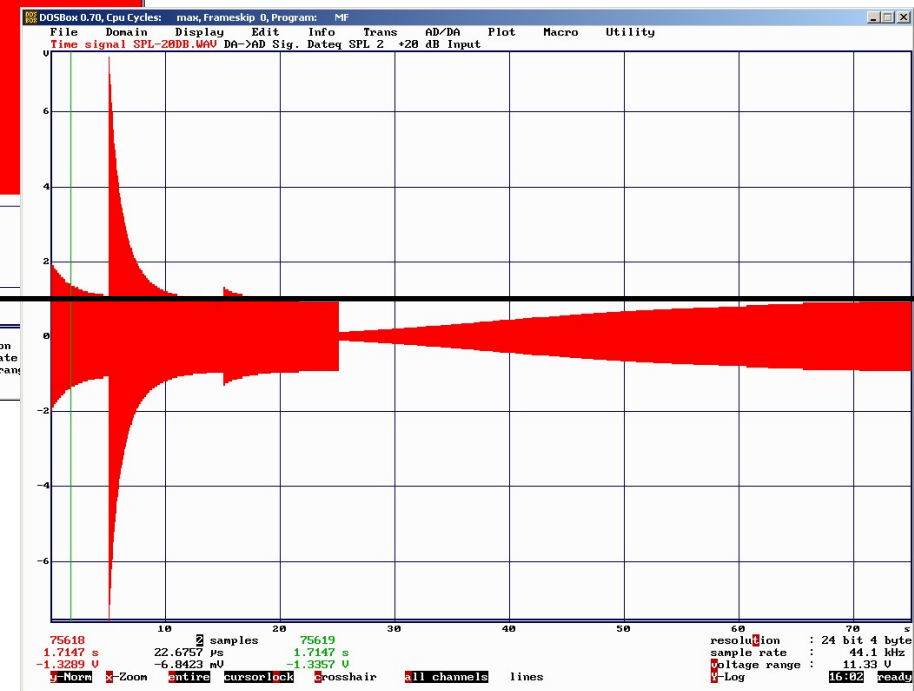
Begrenztes Ausgangssignal



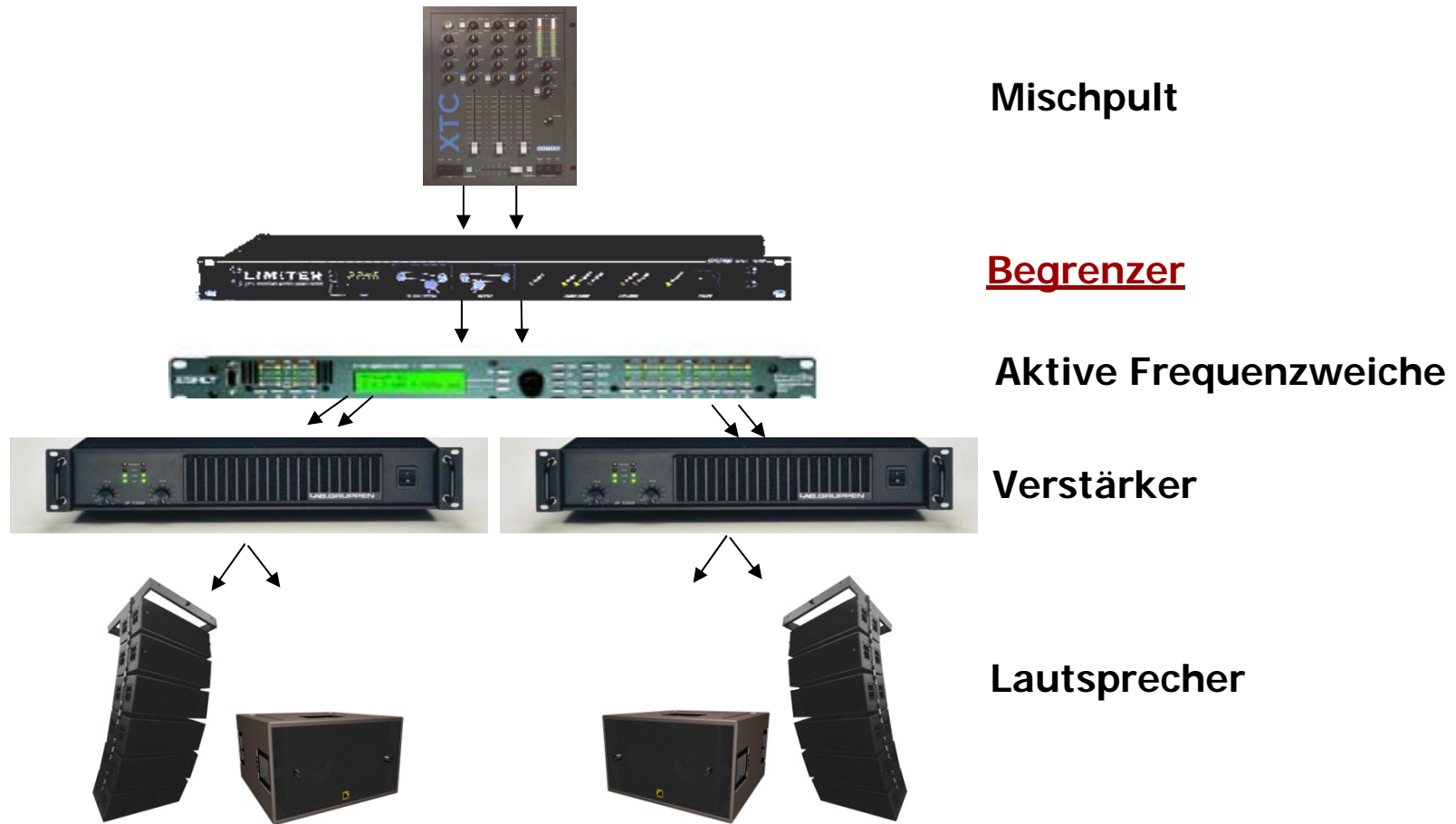
Unterschied Compressor -> Limiter



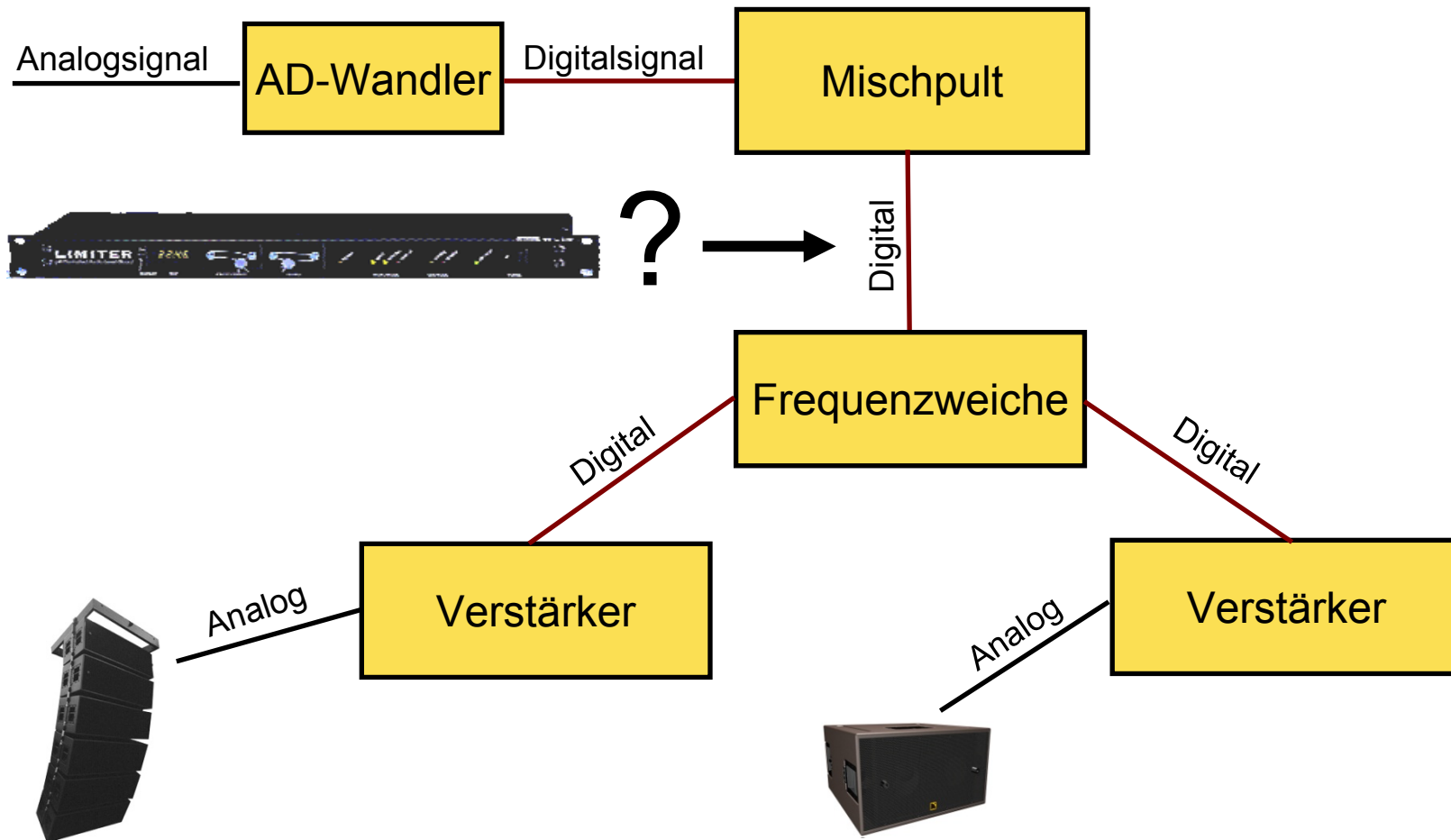
Kennlinie Compressor



Installation Schallpegelbegrenzer in der (analogen) Signalkette







Begrenzer in digitalen Tonanlagen?



1. Gesetzliche Grundlagen
2. Beurteilungspegel und Messwerte
3. Was wird **W**ann, **W**o und **W**arum gemessen
4. Konzepte zur Lärmvermeidung
5. Limitierung oder Überwachungsmessung
6. Schallpegelbegrenzer
7. Hörproben

Wie verändern verschiedene Limiter die Dynamik?





Hörbeispiele:

-  Unlimitierte Musik (Original)
-  Pegelbegrenzung mit Gerät „A“
-  Pegelbegrenzung mit Gerät „B“
-  Pegelbegrenzung mit Gerät „C“



Wie laut sind...?

Hörbeispiele:

-  Pegel 0dB
-  Pegelabsenkung -5dB
-  Pegelabsenkung -10dB
-  Pegelabsenkung -15dB

Die Halbierung der akustischen Leistung entspricht genau -3 dB

Die Halbierung der subjektiven Lautstärkenwahrnehmung entspricht ca. -10 dB





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Peter Rahe
p.rahe@rahe-kraft.de

Akustikbüro Rahe-Kraft GmbH
Monumentenstr. 33/34
10829 Berlin

www.rahe-kraft.de
