

EZB Frankfurt:
So wird der
Übergangsbereich
von der
Großmarkthalle
(zukünftiger
Foyerbereich)
zu den
Doppeltürmen
einmal aussehen ...



hier haben wir eine kritische Raumakustik !

Richard Merget Dipl. Ing. EVI Audio TEC Support
ZVEI LGB (Arbeitskreis Beschallungstechnik)
derzeit auch 14675 Prüfungsfragen Planer- und Errichter-Zertifizierung
DKE zur Zeit Erneuerung der 0883 Teil 4
DEGA Arbeitskreis Qualität in Beschallungsanlagen

Was ich heute **nicht** tun möchte ...

obwohl ich immer wieder danach gefragt werde:

Patentrezepte, Drei-Finger-Regeln oder Eselsbrücken für die Beschallung kritischer Räume aufzeigen.

Mein Ziel ist es, Sie für eine Problematik mit weitreichenden Folgen zu sensibilisieren.

Besonders bei Räumen mit mangelnder Absorption und einer damit verbundenen hohen Nachhallzeit gibt es keine einfachen Standardlösungen.

Jedes Beschallungs-Projekt, was auf eine hohe Nachhallzeit hindeutet, sollte im Detail betrachtet - und es sollte eine angepasste Lösung gesucht werden.

Auf eine Computersimulation sollte bei schlechten akustischen Rahmenbedingungen auf keinen Fall verzichtet werden.

In vielen Fällen werden Sie als Gesamt-Planer oder Errichter nicht selbst in der Lage sein, mit hoher Vorhersagegenauigkeit zu planen.

Hilfe gibt es bei spezialisierten Planern oder bei den seriösen Herstellern.



	DIN VDE 0833-4 (VDE 0833 Teil 4)	
	<small>Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.</small>	

G. 9 Nachhallzeit

Die Nachhallzeit hat als **zentrale raumakustische Kenngröße einen wesentlichen Einfluss auf die erreichbare Sprachverständlichkeit** einer Beschallungsanlage. Insbesondere in großen Räumen ohne ausreichende schallabsorbierende Maßnahmen **wird die Nachhallzeit stark durch die Anwesenheit von Publikum beeinflusst.**

Die zusätzlich durch das Publikum eingebrachte Schallabsorptionsfläche bewirkt in diesem Fall eine **Verminderung der Nachhallzeit und damit eine Verbesserung der Sprachverständlichkeit.** Da eine Bestimmung der Sprachverständlichkeit bei Anwesenheit von Publikum in der Regel nicht möglich ist, muss im beschriebenen Fall eine geeignete Korrektur an den Messergebnissen angebracht werden, die im unbesetzten Raum ermittelt worden sind. Die Korrektur ist nach den Regeln der Akustik durchzuführen. Die angewandte Methode ist im Detail zu erläutern.

Werden die Mindestwerte für die Sprachverständlichkeit bereits im leeren Raum erreicht, ist eine Korrekturrechnung im Hinblick auf die Nachhallzeit in der Regel nicht erforderlich.



Sprachverständlichkeit,

eine komplexe Anforderung. Die erzielbare Sprachverständlichkeit hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren und ihren Verhältnissen zueinander ab:

- **Störgeräuschpegel** im Alarmierungsfall (Rauchgasventilatoren, Entrauchung, Publikum...)
- **Direktschallpegel**, der durch die Beschallungsanlage erzeugt werden kann
- **Nachhallpegel** des Alarmierungsbereiches (Nachhallzeit und Raumvolumen)
- **Einstellung der Anlage**

Beim heutigen Baustil (Glas, Stahl, Beton, Stein, glatte Flächen, ...) liegen **häufig sehr ungünstige raumakustische Bedingungen vor**, so dass bei einer "Standardauslegung" der Lautsprecheranlage oft keine akzeptablen Sprachverständlichkeitswerte nachgewiesen werden können. Eine Verifizierung der Werte durch geeignete Messungen ist erforderlich. Im schlimmsten Fall wird dann die nötige Betriebsgenehmigung nicht erteilt.

7.9 Sprachverständlichkeit.... Auszüge

7.9.1 Allgemeines

Wenn nicht anders angegeben, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

	DIN VDE 0833-4 (VDE 0833 Teil 4)	
	<small>Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „Liste Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.</small>	

Die Sprachverständlichkeit im gesamten Wirkungsbereich muss auf der Allgemeinen Verständlichkeitsskala (CIS: common intelligibility scale) größer oder gleich 0,7 sein.

(Anmerkung: CIS 0,7 entspricht einem sti von 0,5)

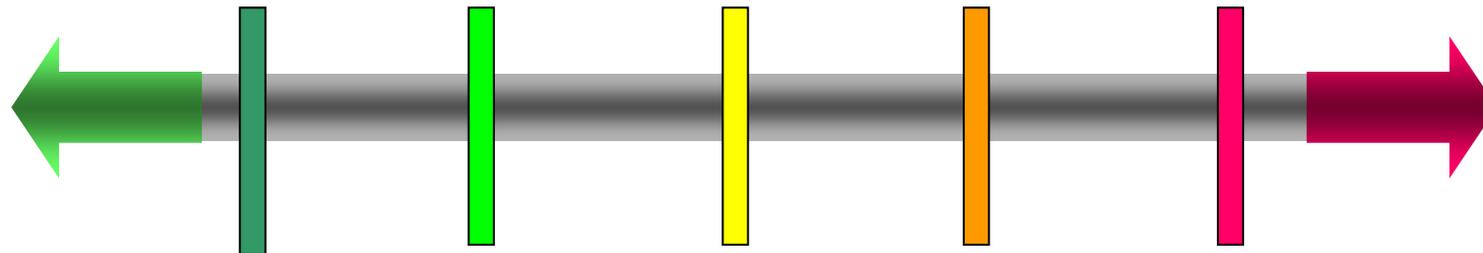
Voraussetzung hierfür ist, dass die baulichen bzw. raumakustischen Gegebenheiten (z. B. Nachhallzeit RT 60) derart beschaffen sein müssen, dass der geforderte CIS-Wert von 0,7 erreichbar ist.

Der Geräuschpegel (Störschallpegel ohne Prüfsignal) zur Zeit der Messung muss mit dem Prüfergebnis angegeben werden.

ANMERKUNG 2: Wenn ein fester Personenkreis durch regelmäßige Systemprüfungen die Durchsagen gut kennt, darf der Grenzwert für die Sprachverständlichkeit auf der Allgemeinen Verständlichkeitsskala auf **CIS \geq 0,65 reduziert werden.**

Dies kann z. B. in Produktionsgebäuden gelten. In Gebäuden, vor allem in Beherbergungsbetrieben, Versammlungsstätten und öffentlichen Einrichtungen, wo vorwiegend mit betriebsfremden Personen zu rechnen ist wie z. B. in Sportanlagen, wo den meisten Personen die Durchsagen unbekannt sind, darf aus diesem Grund keine Lockerung der obigen Anforderungen in Betracht gezogen werden.

Wie kann der Elektroakustiker die Sprachverständlichkeit verbessern ?



sti	> 0,66	0,66	0,5%	0,4%	< 0,4%
	sehr gut	gut	neutral (min.Forderung)	mäßig	schlecht

$$\text{sti proportional } \frac{V \times Q}{Rt60^2 \times D^2 \times N}$$

Rt60 = Nachhallzeit

D = Abstand der Hörer zur Quelle

V = Volumen der Halle

N = Anzahl der Lautsprecher

Q = Bündelungsfaktor des Lautsprechers

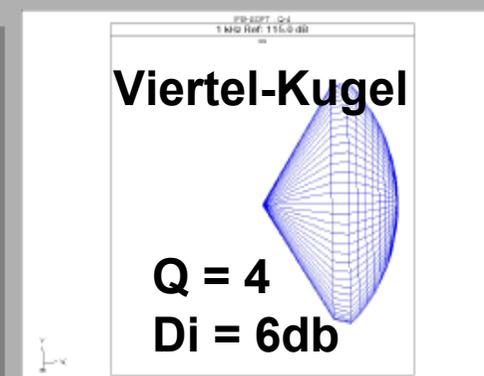
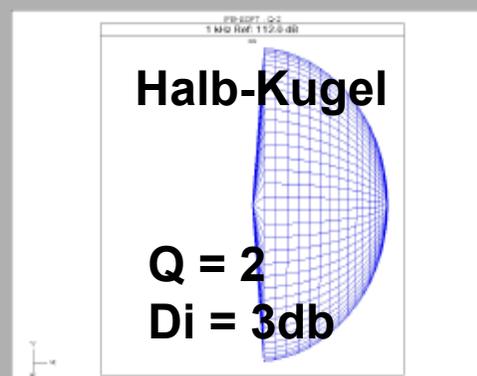
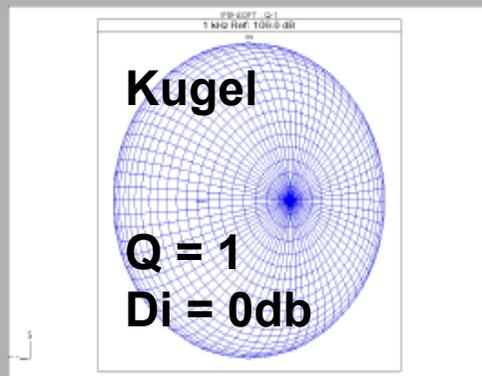
Directivity Factor Q (Bündelungsgrad)

Ein frequenzabhängiger Zahlenwert, der das Verhältnis der Schalleistung über alle Raumrichtungen angibt.

Directivity Index DI (Bündelungsmaß)

Der Directivity Factor Q (Bündelungsgrad) ausgedrückt in Dezibel (dB).

mit freundlicher Genehmigung
von IFBcon



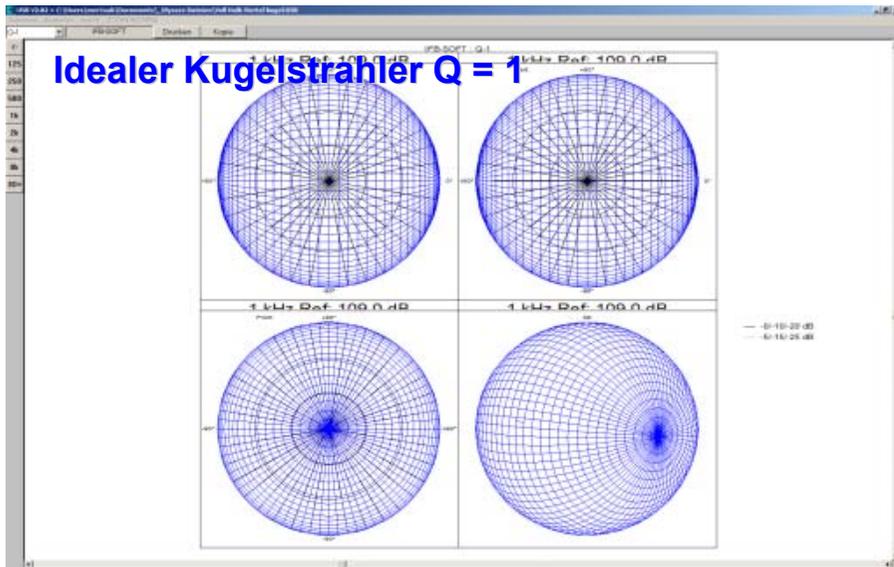
Die Vergrößerung der Bündelung in einen Raumwinkelbereich führt immer zu einer Verminderung der Bündelung in einen anderen Raumwinkelbereich.

Die abgestrahlte Energie wird also mehr nach vorne konzentriert.

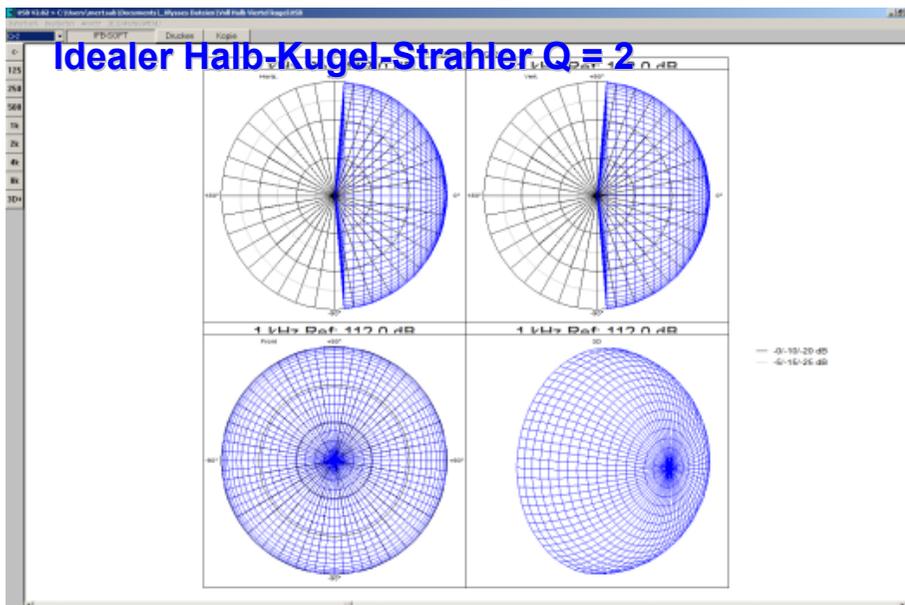
Einfach gesagt: vorne ist mehr, hinten ist weniger. Was oft kein Nachteil ist ;-)

Die Auswirkung des Lautsprecher Q Faktors

Idealer Kugelstrahler Q = 1



Idealer Halb-Kugel-Strahler Q = 2



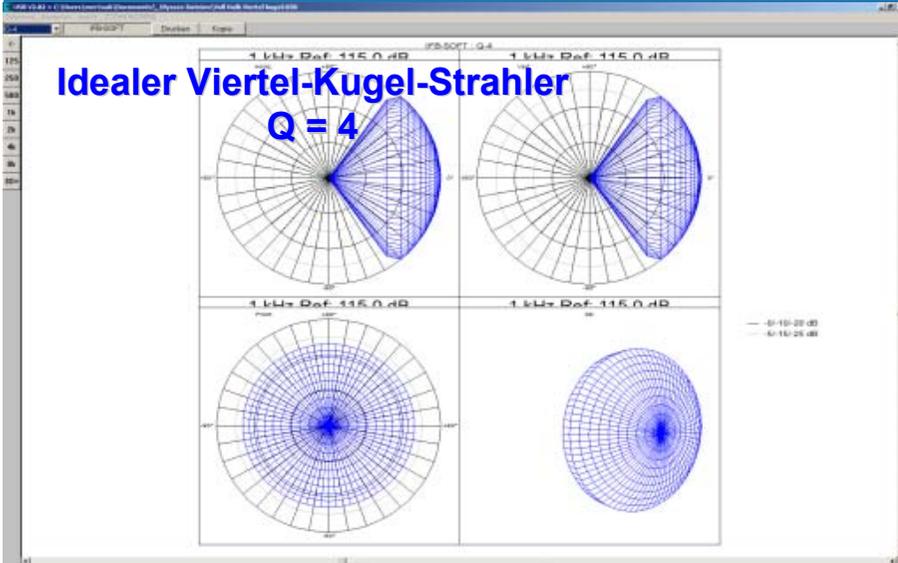
Ulysses Lautsprecher Datenblatt

Hersteller	IFB-SOFT						
Typ	Q-1						
Datenherkunft	Volker Löwer						
dto.	IFB Rhein/Main Germany						
Importformat	Vollkugel, 5° Auflösung						
Frequenz [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Nennleistung(AES)[W]	1	1	1	1	1	1	1
Schalldruck 1W/1m [dB]	109.0	109.0	109.0	109.0	109.0	109.0	109.0
Nennimpedanz [Ohm]	8	8	8	8	8	8	8
Bündelungsfaktor	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Bündelungsmaß [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wirkungsgrad [%]	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Kommentar	Quelle, 1/1 Raum, 100 % Wirkungsgrad, C						

Ulysses Lautsprecher Datenblatt

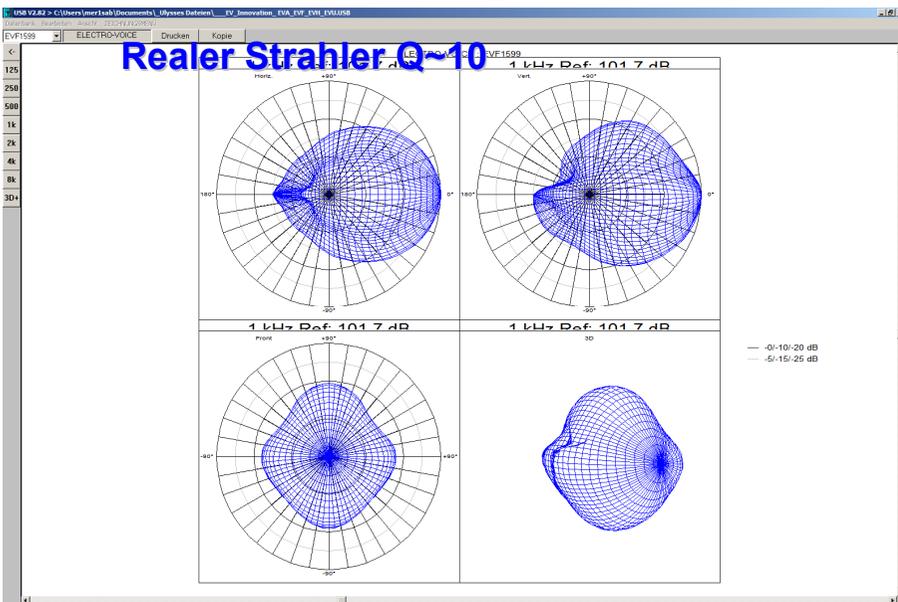
Hersteller	IFB-SOFT						
Typ	Q-2						
Datenherkunft	Volker Löwer						
dto.	IFB Rhein/Main Germany						
Importformat	Vollkugel, 5° Auflösung						
Frequenz [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Nennleistung(AES)[W]	1	1	1	1	1	1	1
Schalldruck 1W/1m [dB]	112.0	112.0	112.0	112.0	112.0	112.0	112.0
Nennimpedanz [Ohm]	8	8	8	8	8	8	8
Bündelungsfaktor	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Bündelungsmaß [dB]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Wirkungsgrad [%]	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8
Kommentar	Quelle, 1/2 Raum, 100% Wirkungsgrad, Q						

Die Auswirkung des Lautsprecher Q Faktors



Ulysses Lautsprecher Datenblatt

Hersteller	IFB-SOFT						
Typ	Q-4						
Datenherkunft	Original Data						
dto.							
Importformat	Vollkugel, 10° Auflösung						
Frequenz [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Nennleistung(AES)[W]	1	1	1	1	1	1	1
Schalldruck 1W/1m [dB]	115.0	115.0	115.0	115.0	115.0	115.0	115.0
Nennimpedanz [Ohm]	8	8	8	8	8	8	8
Bündlungsfaktor	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Bündlungsmaß [dB]	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Wirkungsgrad [%]	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
Kommentar	Quelle, 1/4 Raum, 100% Wirkungsgrad, Q=						

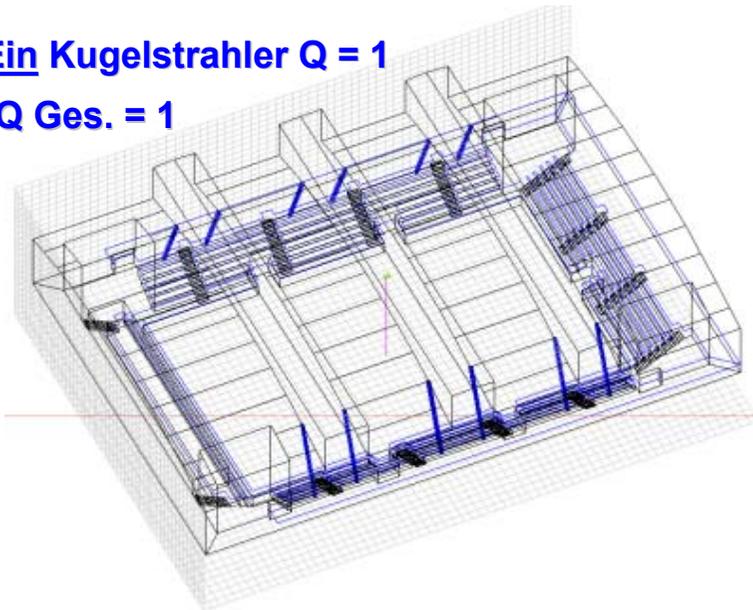


Ulysses Lautsprecher Datenblatt

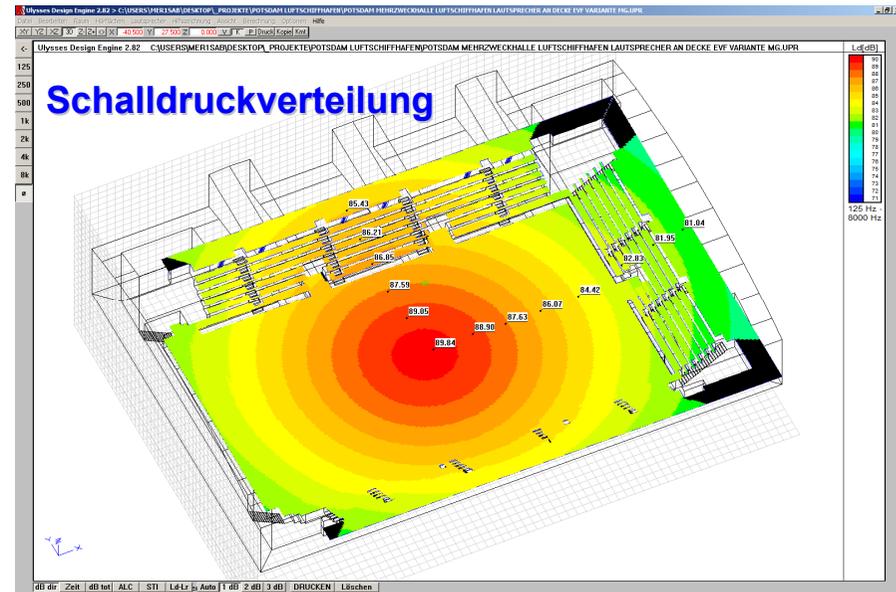
Hersteller	ELECTRO-VOICE						
Typ	EVF1599						
Datenherkunft							
dto.							
Importformat	Vollkugel, 5° Auflösung						
Frequenz [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Nennleistung(AES)[W]	500	500	500	500	500	500	500
Schalldruck 1W/1m [dB]	100.6	99.8	101.3	101.7	99.5	100.8	98.3
Nennimpedanz [Ohm]	8	8	8	8	8	8	8
Bündlungsfaktor	1.8	2.5	4.8	10.3	10.1	11.9	7.6
Bündlungsmaß [dB]	2.6	4.0	6.8	10.1	10.0	10.8	8.8
Wirkungsgrad [%]	8.0	4.8	3.5	1.8	1.1	1.3	1.1
Kommentar	RMS power, EASE30 import						

Ein Kugelstrahler $Q = 1$

$Q_{Ges.} = 1$

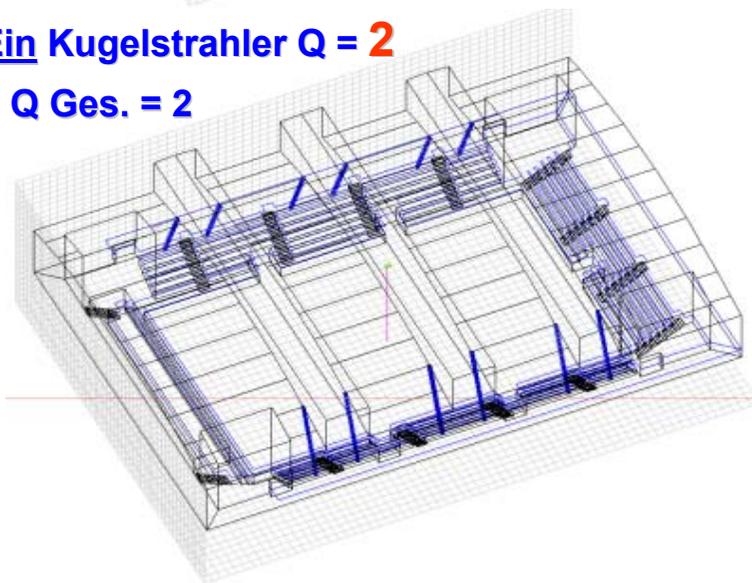


Schalldruckverteilung

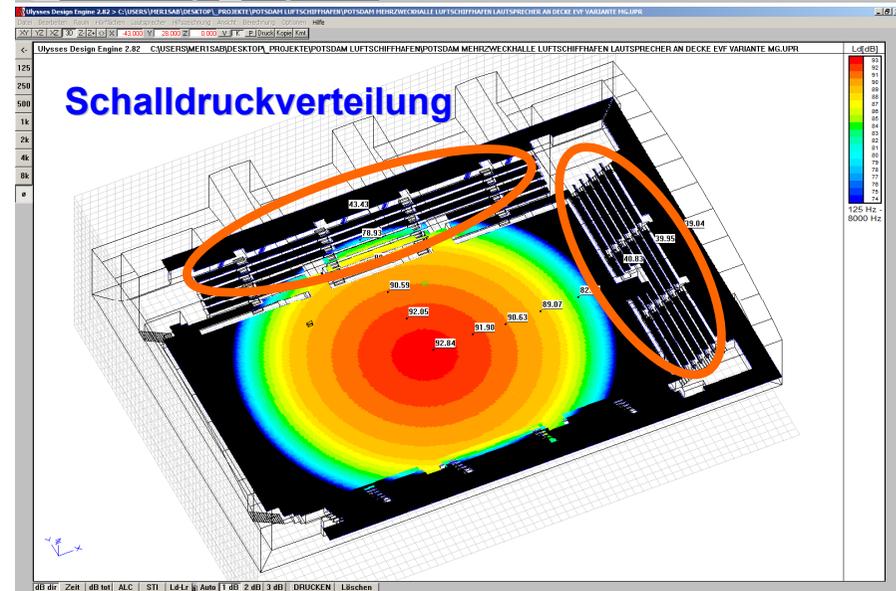


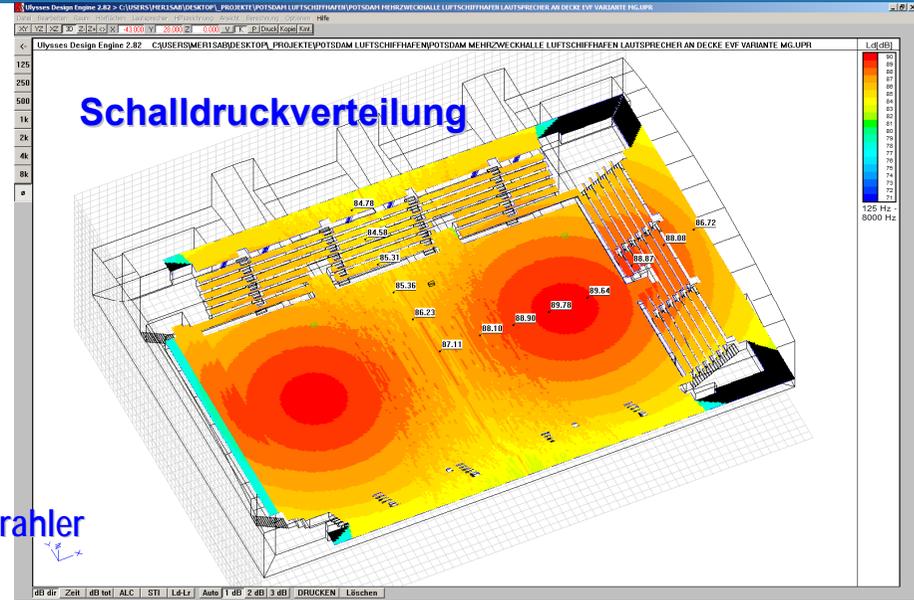
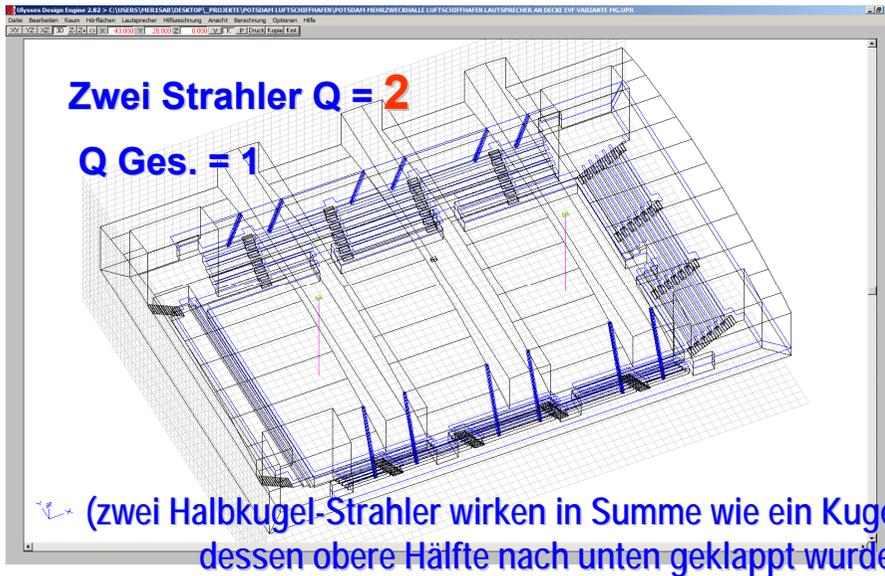
Ein Kugelstrahler $Q = 2$

$Q_{Ges.} = 2$

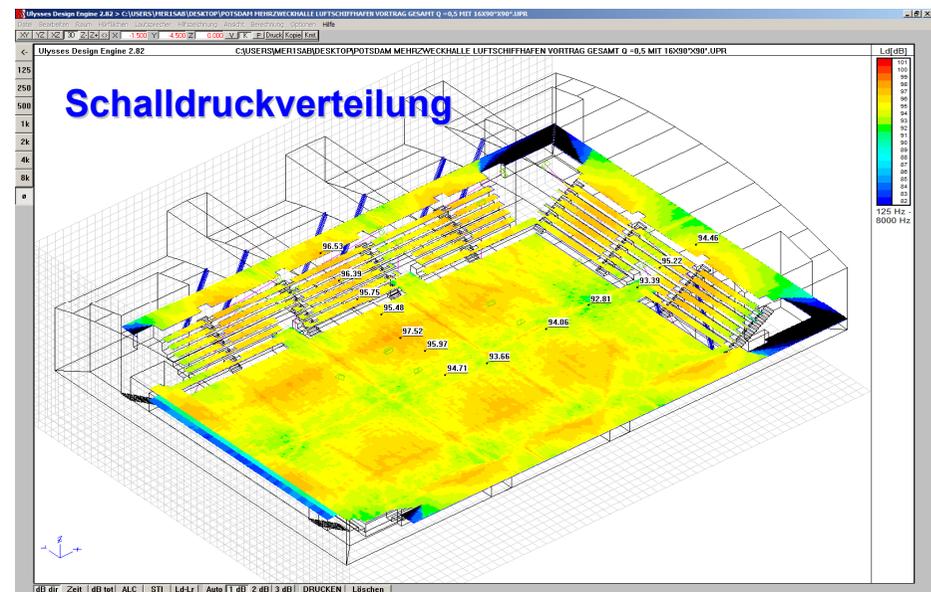
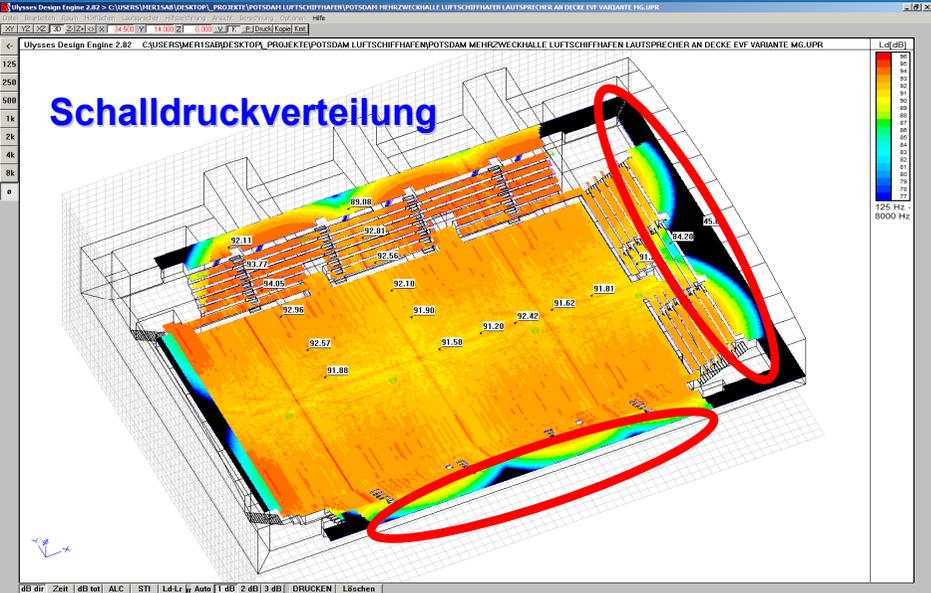
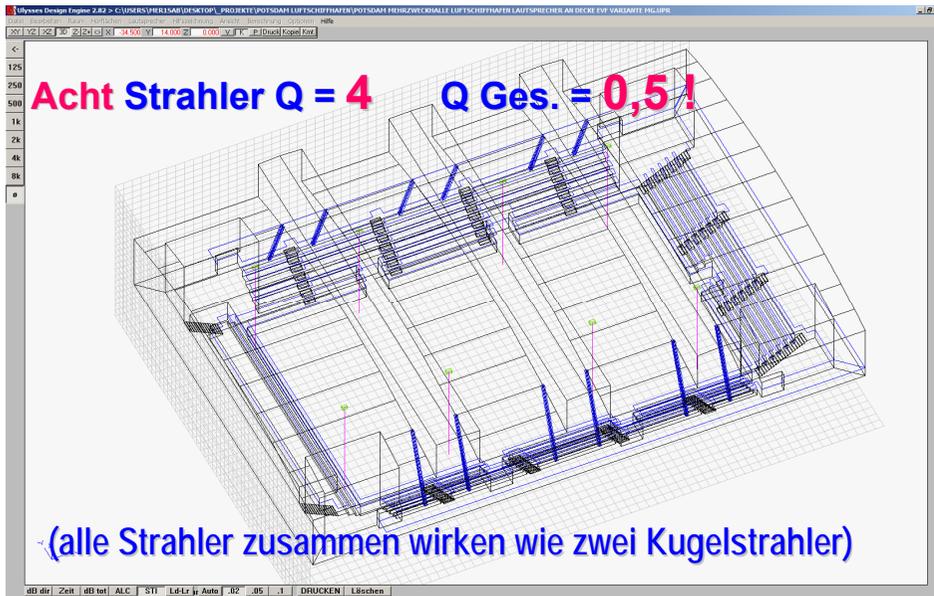


Schalldruckverteilung





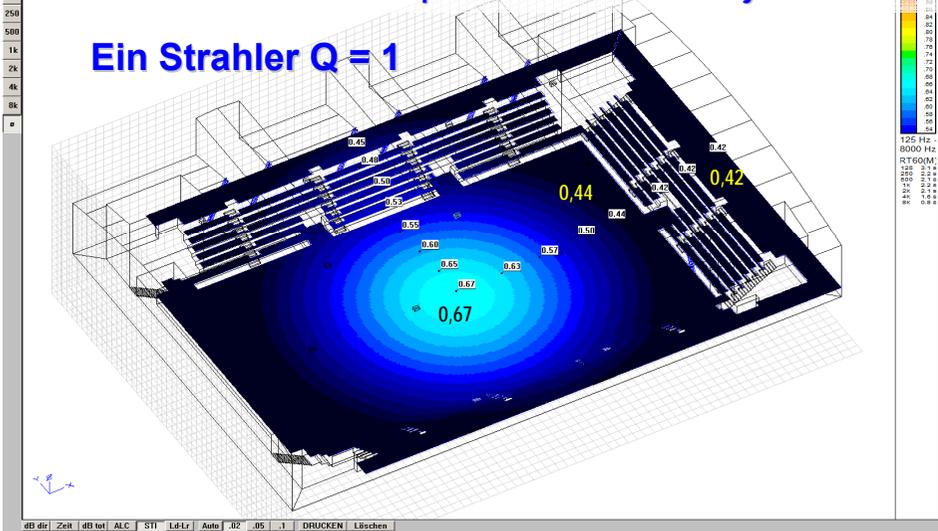
Mehrere Lautsprecher in einem gekoppelten Raumvolumen verhalten sich hinsichtlich des Gesamt Q Faktors ähnlich wie parallel geschaltete elektrische Widerstände.
Bekannte Formel für zwei Widerstände: $R_{ges} = R1 \cdot R2 / (R1 + R2)$



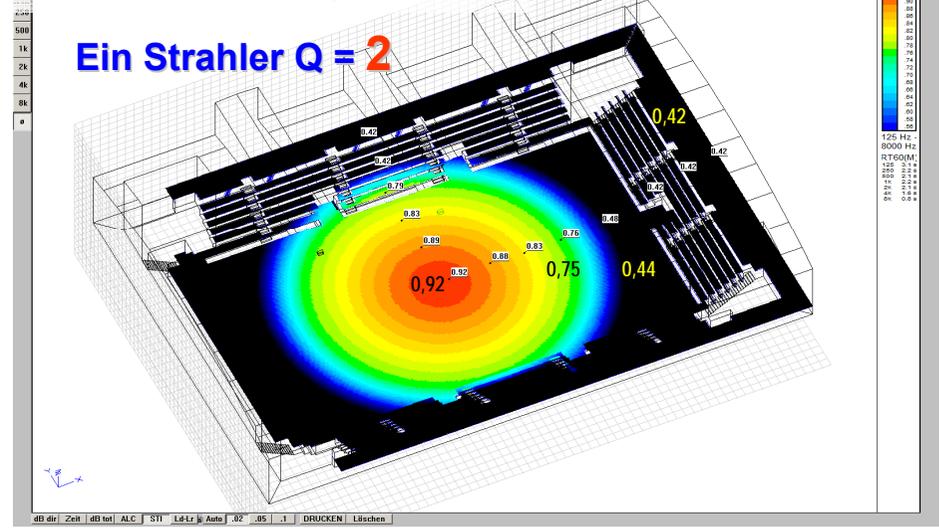
Der Lautsprecher Q Faktor und die Sprachverständlichkeit

Sprachverständlichkeit jeweils bei einer Nachhallzeit von ca. 2,2 Sekunden

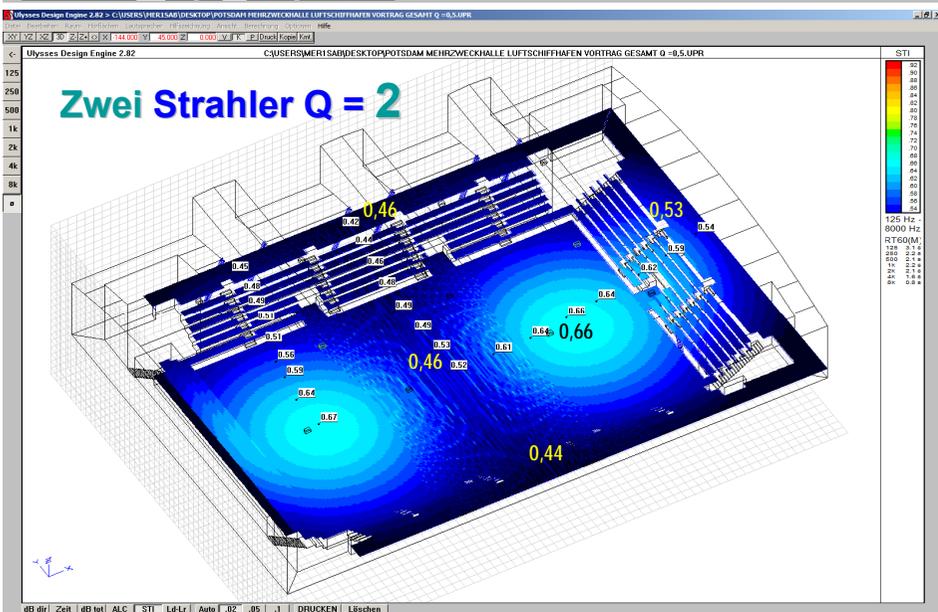
Ein Strahler Q = 1



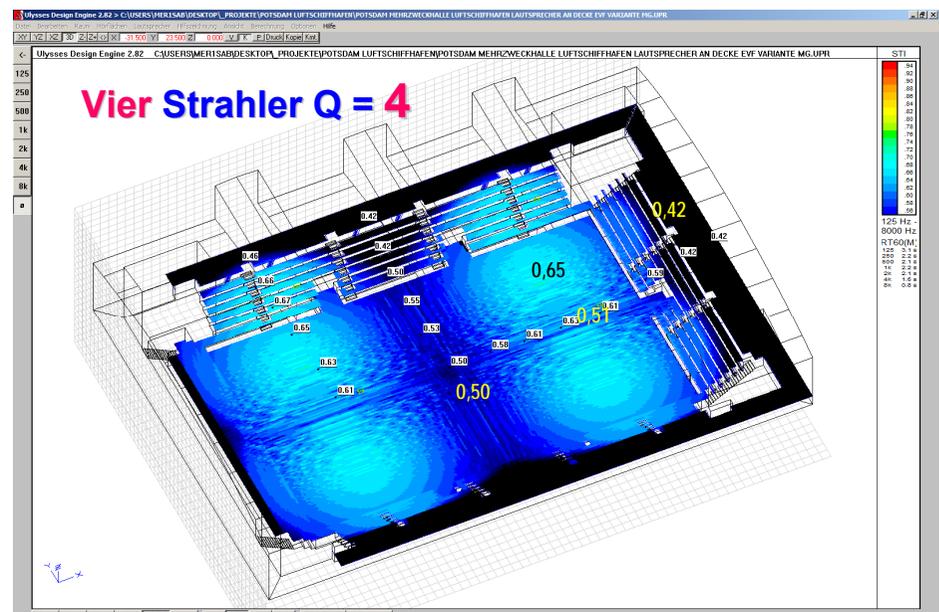
Ein Strahler Q = 2



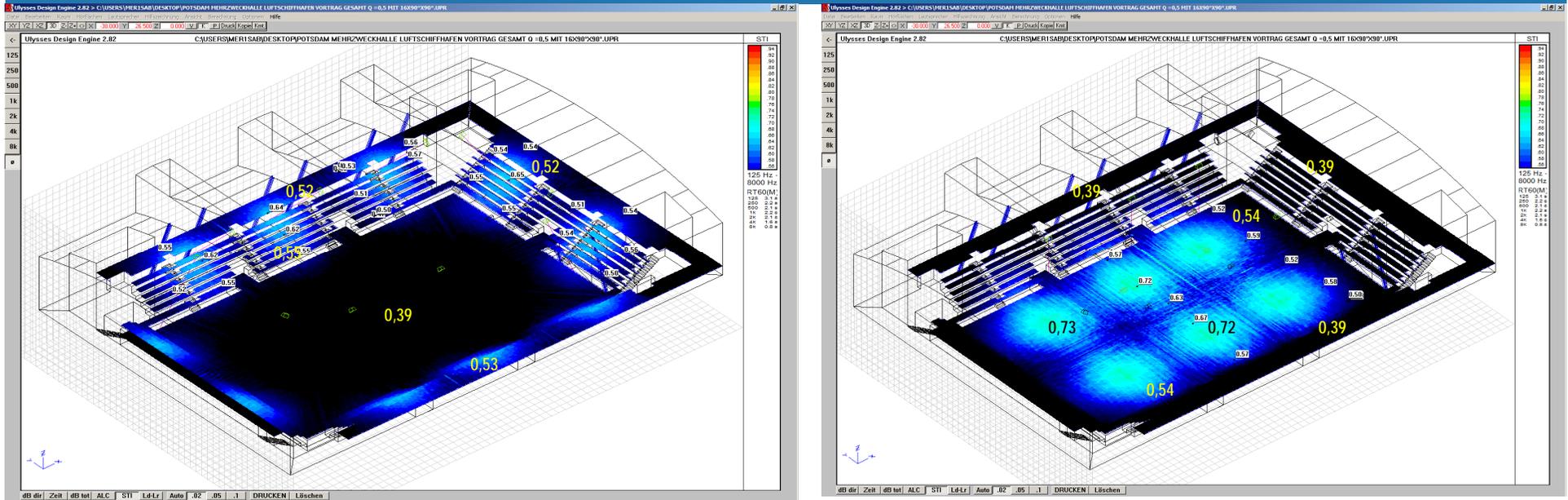
Zwei Strahler Q = 2



Vier Strahler Q = 4



Die Erkenntnis aus der Betrachtung des Q Faktors (2 von 2)



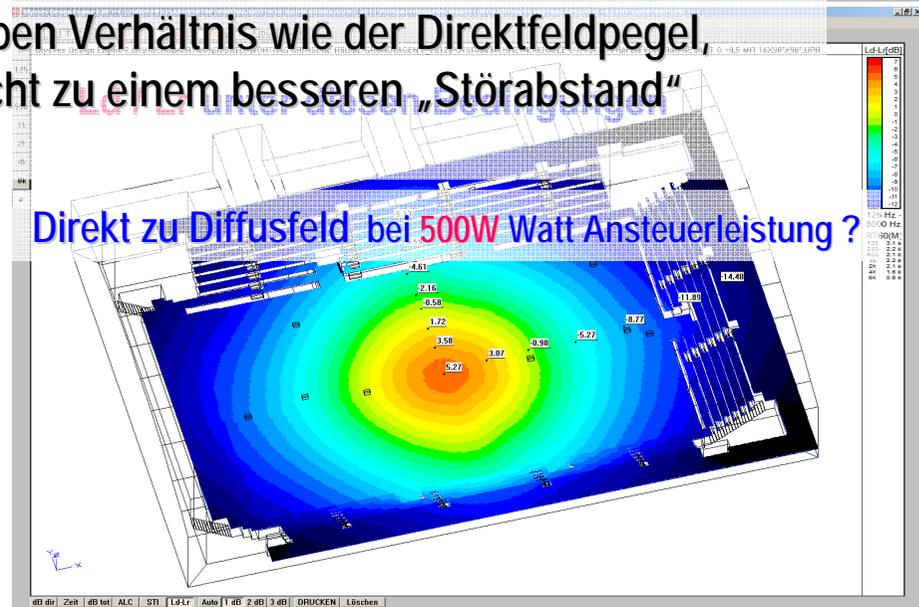
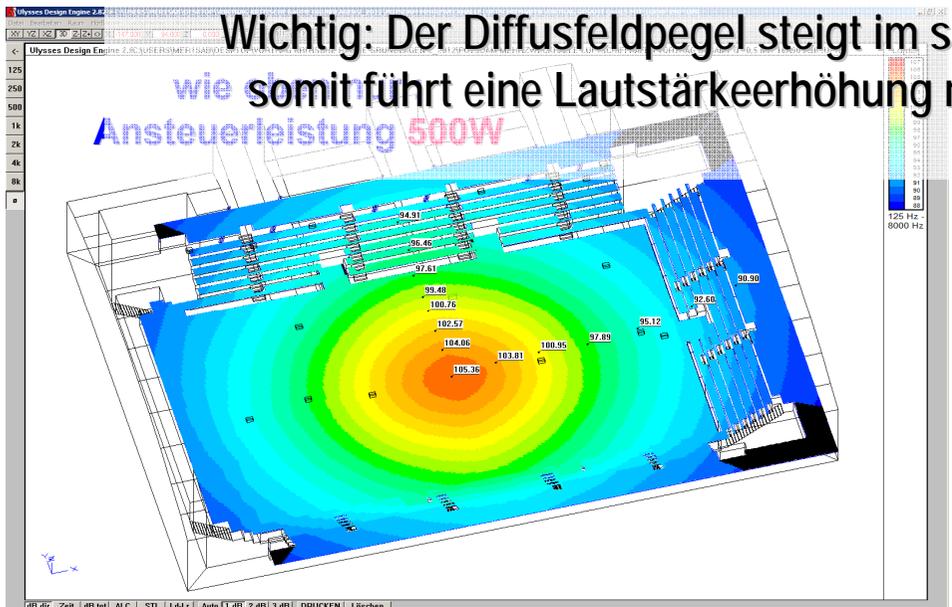
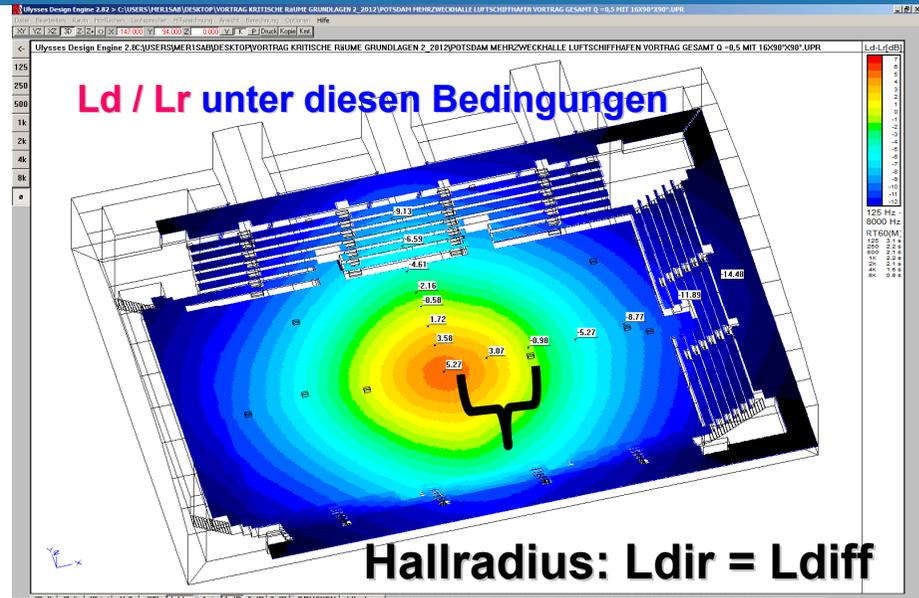
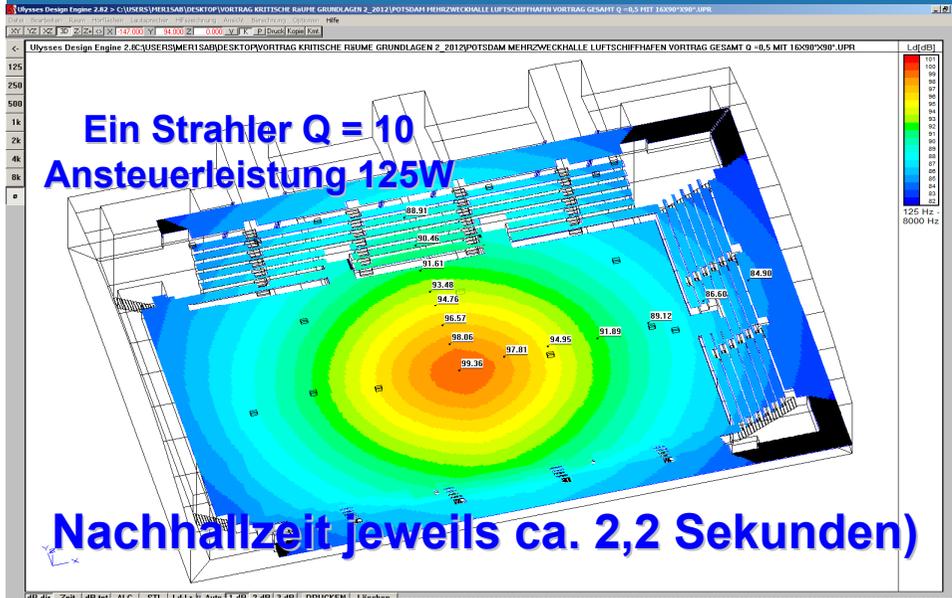
Was kann man aus den Beispielen **noch** ableiten ?

Für einen bestimmten Veranstaltungs-Typus nicht benötigte Lautsprecher sollten abgeschaltet werden, oder anders herum.....

Man sollte nur die Bereiche beschallen, in denen sich tatsächlich Besucher aufhalten, dies verbessert immer die Sprachverständlichkeit !

Beispiel Sporthalle : Der **Spielfeldbereich** sollte z.B. bei Handball (Tribünnennutzung) „**aus**“ sein.
Beim Schulsport (Spielfeldnutzung) sollten umgekehrt die **Tribünen** „**aus**“ sein.

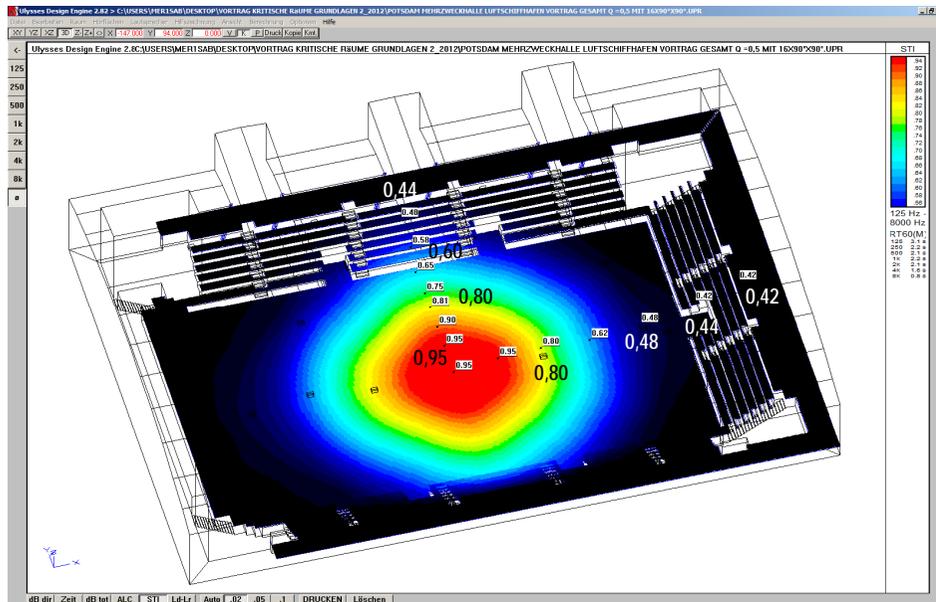
Die Auswirkung einer Pegelerhöhung auf L direkt / L diff, oder ein immer währendes Mißverständnis



Wichtig: Der Diffusfeldpegel steigt im selben Verhältnis wie der Direktfeldpegel, wie somit führt eine Lautstärkeerhöhung nicht zu einem besseren „Störabstand“

Die Auswirkung einer Pegelerhöhung auf den STI

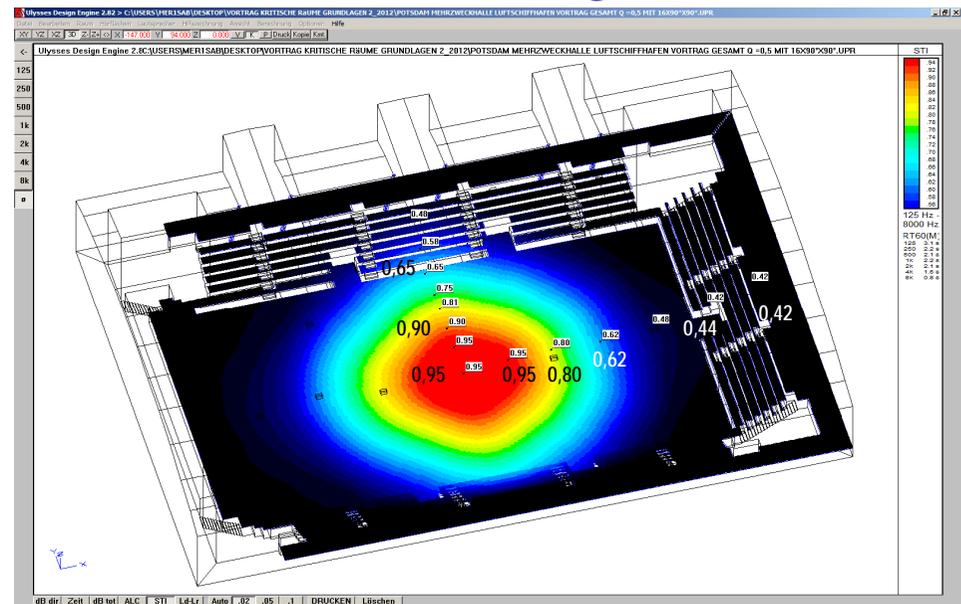
Sprachverständlichkeit jeweils bei einer Nachhallzeit von ca. 2,2 Sekunden



Ein Strahler Q = 10
Ansteuerleistung 125W

Wichtig:
Der Direktpegel (die Lautstärke) verbessert den STI nicht mehr, wenn er mindestens 10dB über dem Störpegel liegt!

Ein Strahler Q = 10
Ansteuerleistung 500W



Bei dem heutigen Baustil, mit sehr viel Glas, Beton, Stahl, **also mit fehlender Absorption**, sind Probleme vorprogrammiert.

Größere Gebäude sind fast immer mit sehr langer Nachhallzeit t_{60} behaftet.

Dies bedingt Lautsprecher mit sehr hohem Q Faktor, um den negativen Raumeinflüssen entgegen wirken zu können.

Welche **Lautsprechergattungen** sind überhaupt in der Lage, diese hohen Q-Faktoren zu liefern ?

Stahl

Glas

Glas

Stahl

Beton

Glattboden

Foyerbereich der EZB (Großmarkthalle)

Im Wesentlichen kommen zwei Bautypen in Frage:

1. Lautsprecher mit Schallführung, wie z.B. Hornsysteme

Voraussetzung für die physikalische Wirkung:

Das Horn muss groß gegen die Wellenlänge sein.



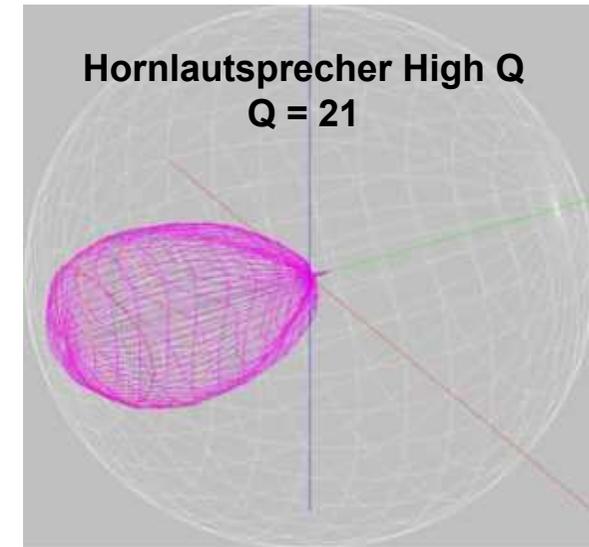
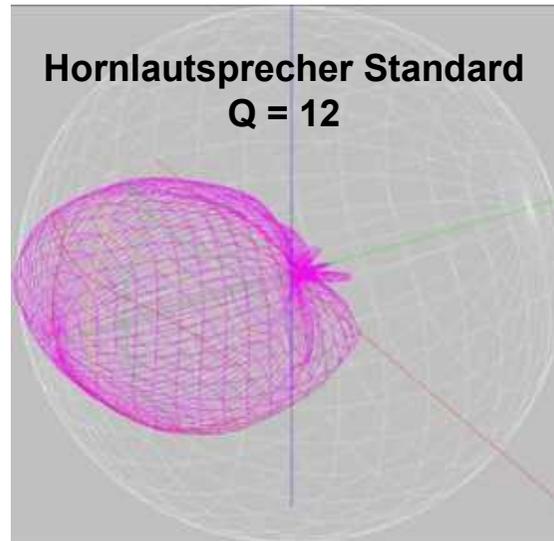
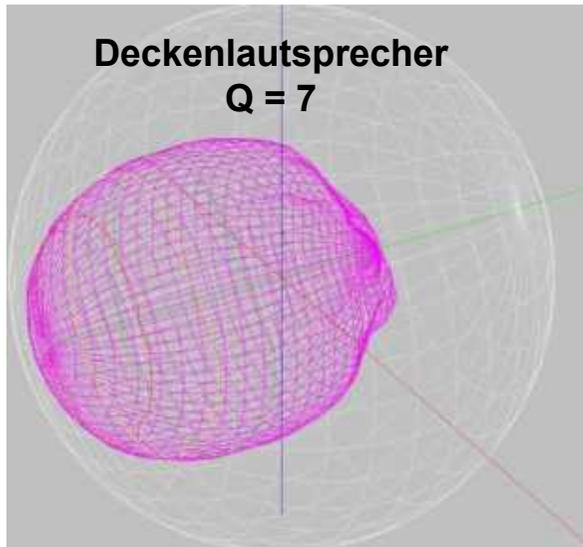
**2. Lautsprecher mit Mehrfachsystemen, welche gegenseitig rückwirken.
(Linienstrahler und Line Arrays)**

Voraussetzung für die physikalische Wirkung:

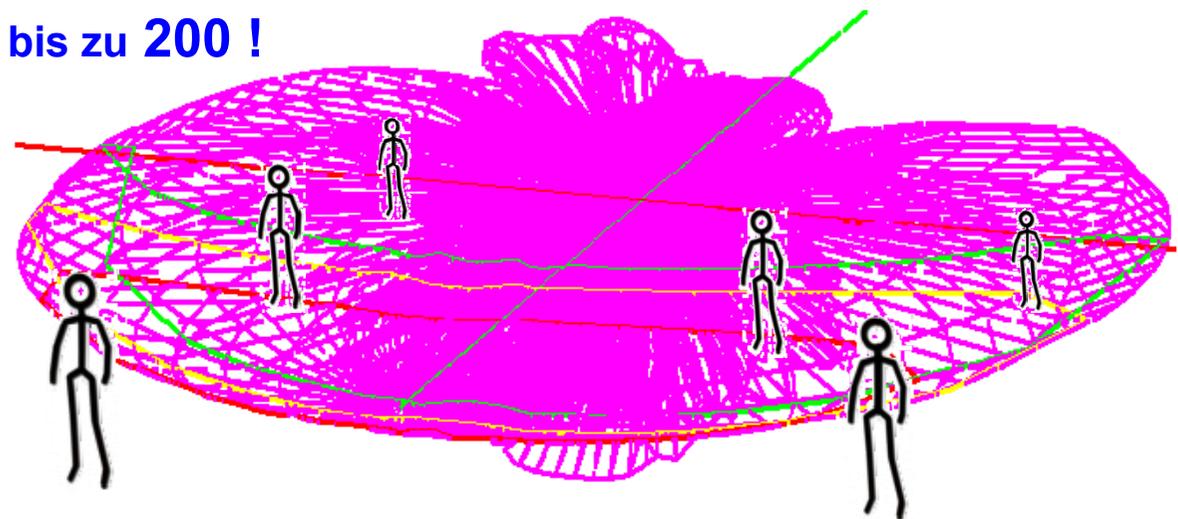
Die Länge der Zeile muss groß gegen die Wellenlänge sein.

Der Abstand der Einzelquellen muss klein gegen die Wellenlänge sein.





aktiver Linienstrahler
Q bis zu 200 !



sti prop. $\frac{V \times Q}{Rt60^2 \times D^2 \times N}$

- Rt60 = Nachhallzeit
- D = Abstand der Hörer zur Quelle
- V = Volumen der Halle
- N = Anzahl der Lautsprecher
- Q = Bündelungsfaktor des Lautsprechers

Warum können Linienstrahler mehr als konventionelle Lautsprecher ?

... und weil (ideale) Linienstrahler eine Zylinderwelle erzeugen und nur 3 db pro Entfernungsverdopplung verlieren

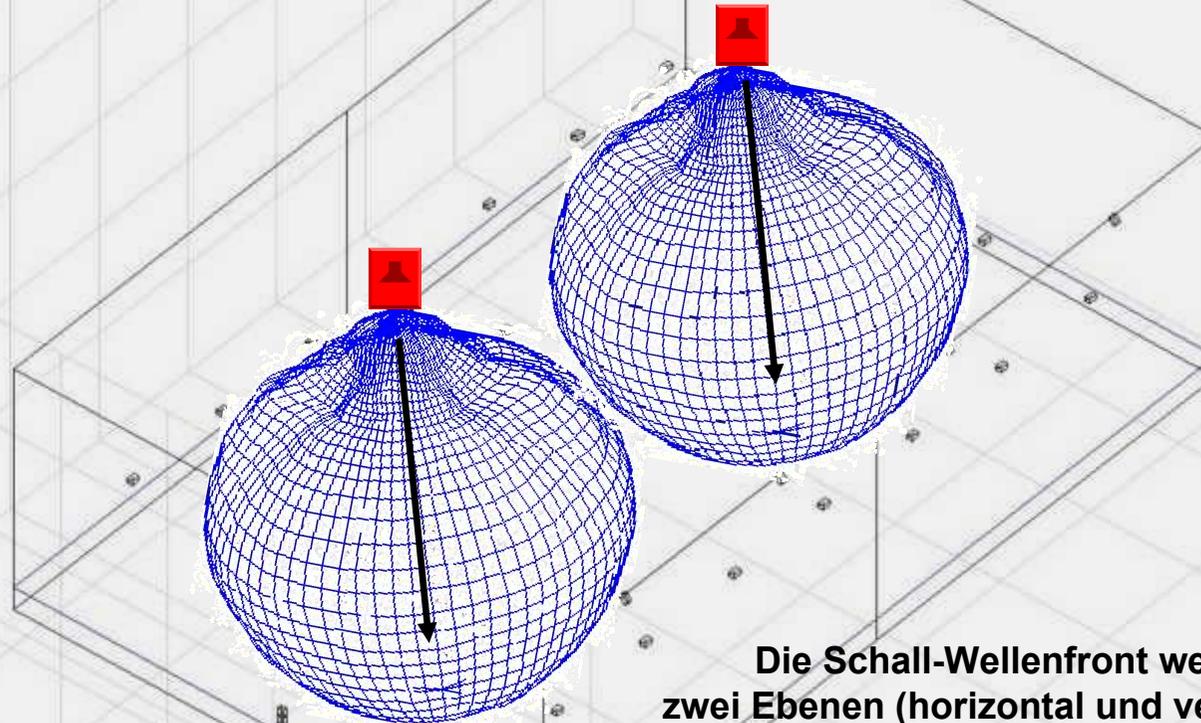
Weil Linienstrahler einen sehr hohen **Bündelungsfaktor** erreichen können ($Q > 100$) !

und die Energie damit sehr stark in den Bereich der Hörfläche konzentrieren

und damit den Raum ausblenden..

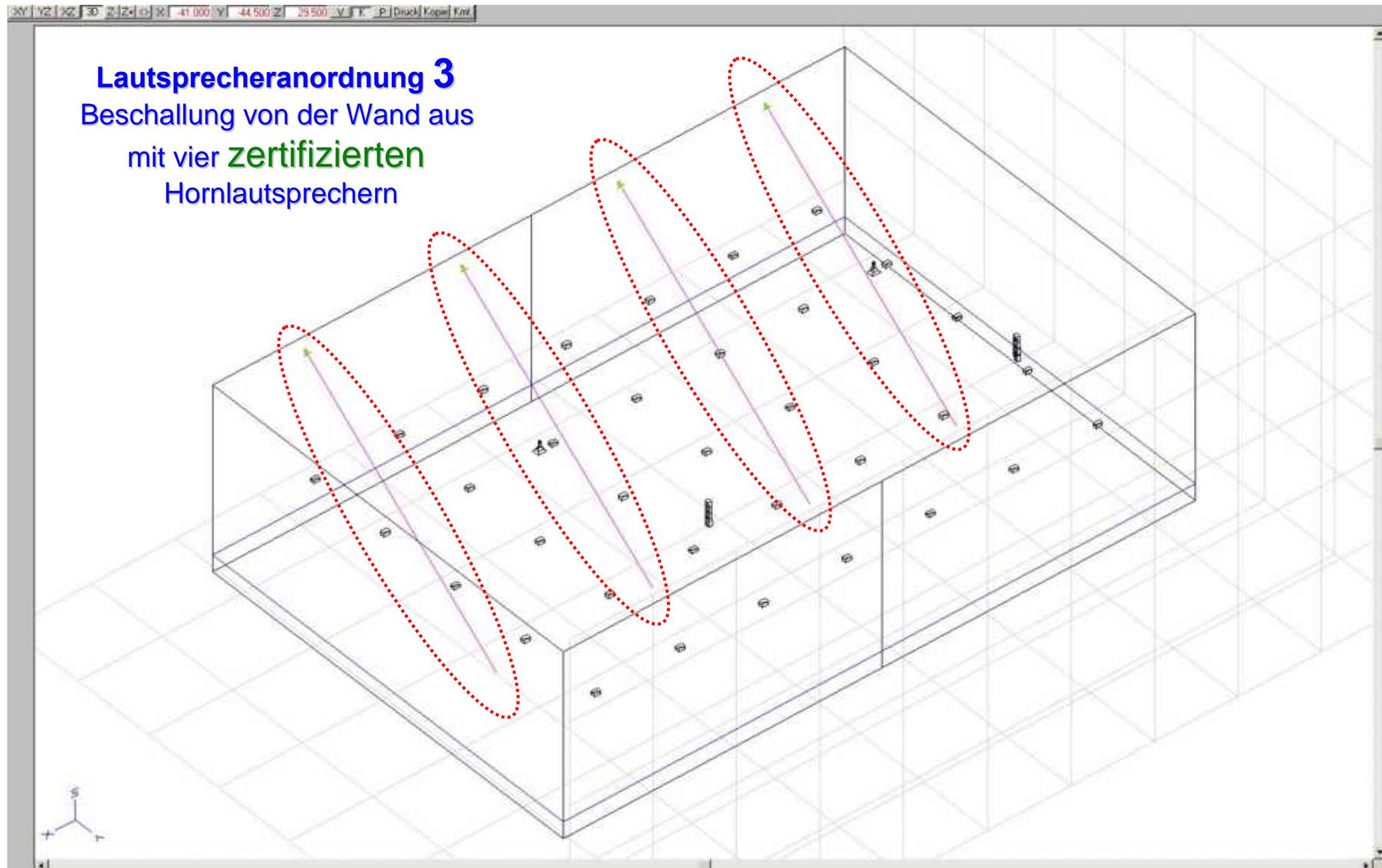
...und damit eine höhere Gleichmäßigkeit über der Hörfläche erzielen, bzw. eine höhere Reichweite haben !

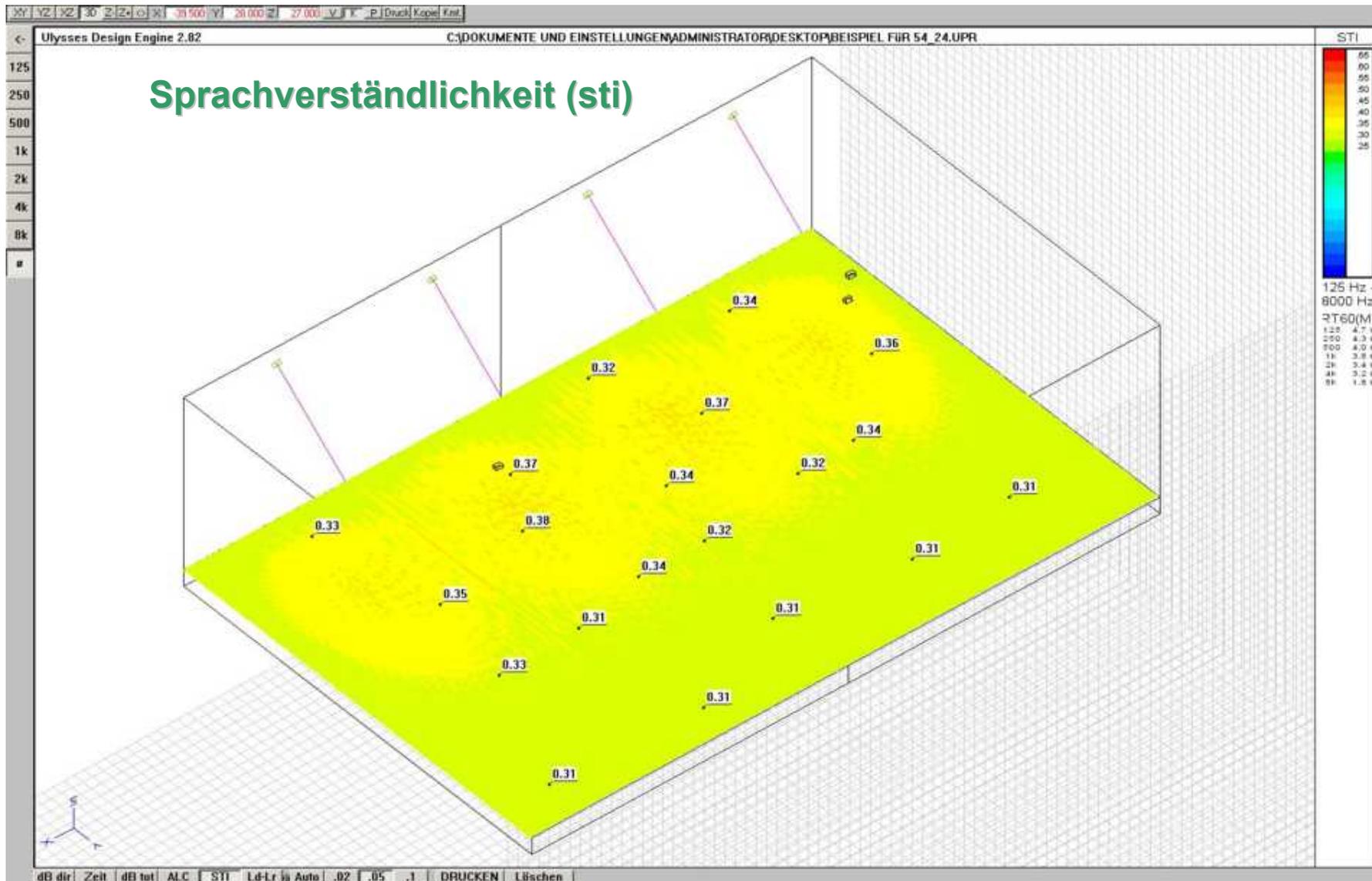
Bei einer beliebigen anderen sphärischen Wellenfront (auch bei Hornlautsprechern) nimmt der Schalldruck im Freifeld mit 6db pro Entfernungsverdopplung ab.

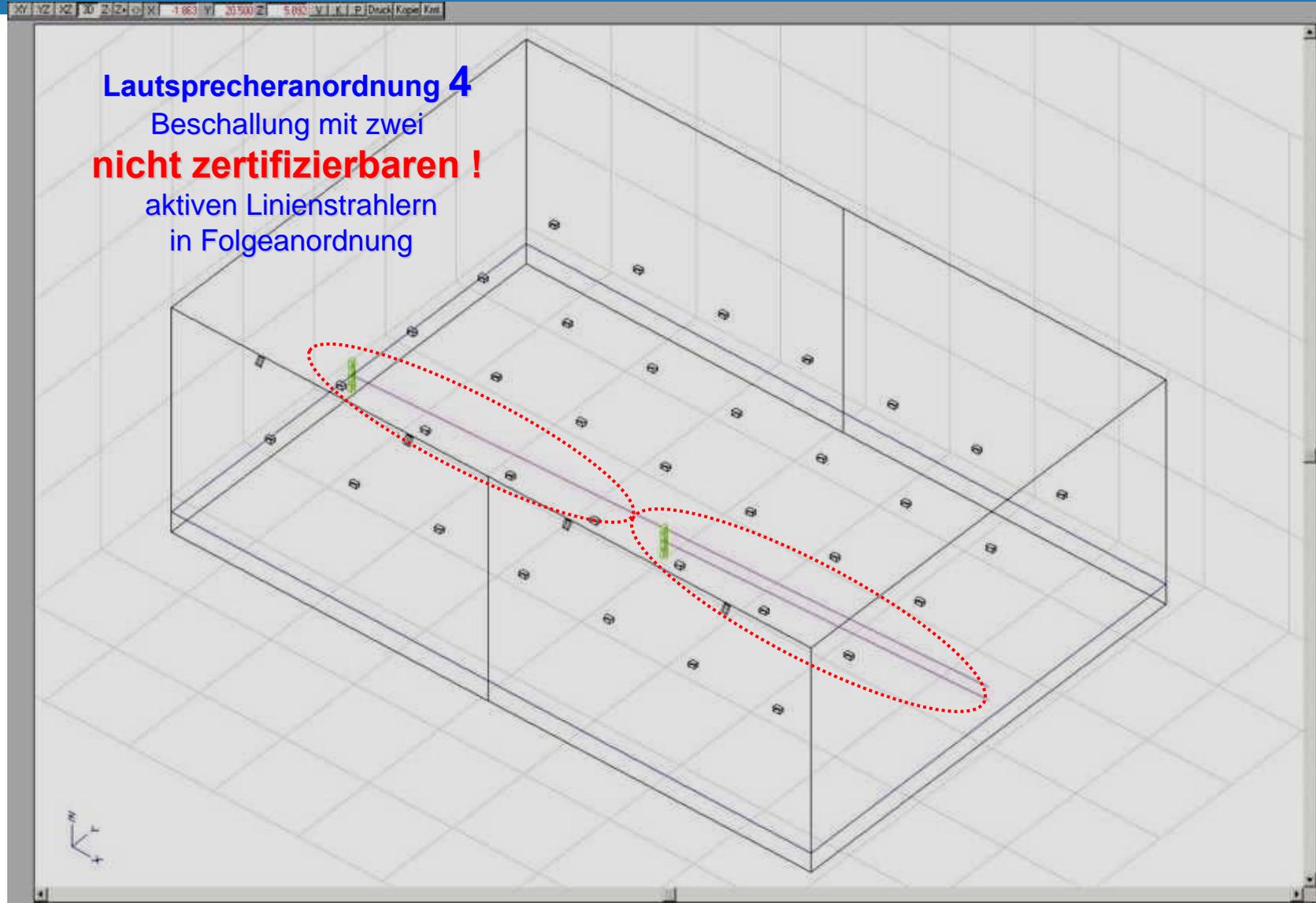


Wir erinnern uns:
.... ideale Linienstrahler erzeugen eine Zylinderwelle und verlieren nur 3 db pro Entfernungsverdopplung.

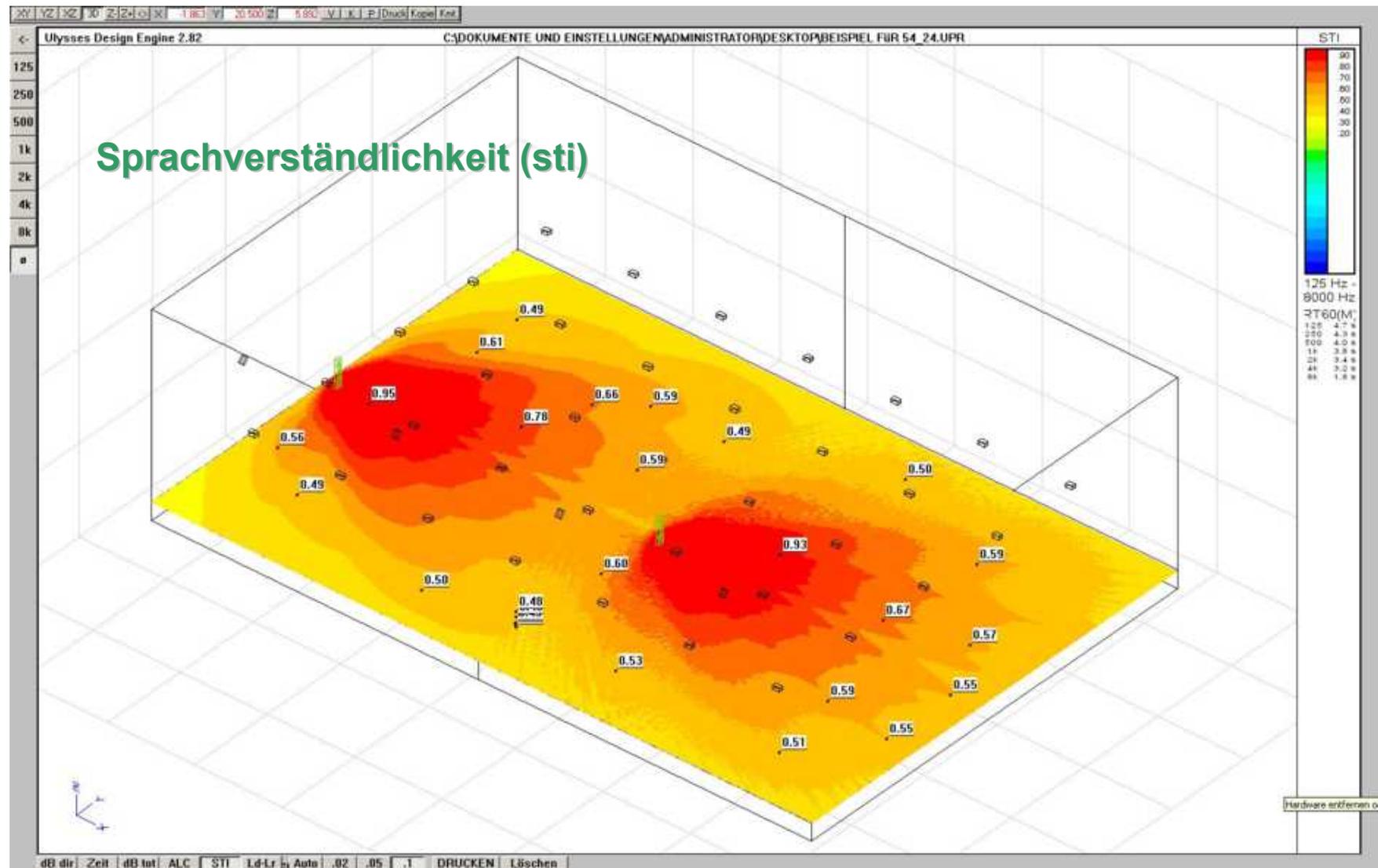
Die Schall-Wellenfront weitet sich in zwei Ebenen (horizontal und vertikal) auf. Der Pegelverlust pro Entfernungsverdopplung beträgt **-6db**







Produktnorm EN 54-24 und die Konsequenzen aus ihrer restriktiven Anwendung



Erläuterungen zu der Normensituation für Sprachalarmanlagen (SAA)

Die nachfolgende Grafik zeigt die aktuelle Normensituation und die Unterscheidung in Anwendungs- und Produktnormen und ihr Zusammenwirken:

**die
Problematik
der
Norm**



**Besonders hier
gibt es dauerhafte
Probleme !**

DIN VDE 0833-4 – Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall

Teil 4 – Anforderungen für Anlagen zur Sprachalarmanlage für Einbruch und Überfall

Dieses Dokument beschreibt die Anforderungen an die Kraftbetrieb und Instandhaltung von Sprachalarmanlagen beschreibt.

Die EN 54-24 lässt keine aktiven Bauelemente und damit keine aktiven Linienstrahler zu !

Das Schutzziel der 0833 Teil 4 Sprachverständlichkeit $STI > 0,5$ ist hier mit Lautsprechern, welche nach 54-24 zertifiziert sind bzw. überhaupt zertifiziert werden könnten, **nicht erreichbar !**
(z.B. sind aktive Lautsprecher ausdrücklich von der Zertifizierung ausgeschlossen)

Nur die Beschallung mit aktiven Linienstrahlern ist hier in der Lage, normgerechte Werte von $STI > 0,5$ zu erreichen !

Ausgedehnte (großvolumige) raumakustisch kritische Bereiche sind in Zukunft bei restriktiver Anwendung der EN 54-24 nicht mehr verständlich beschallbar.

Entweder das Schutzziel der 0833 Teil 4 kann mit nicht zertifizierbaren Lautsprechern erreicht werden, oder die Produktnorm 54-24 wird erfüllt, dann aber wird das **Schutzziel nicht erreicht.**

Der Schutz von Menschenleben sollte auf jeden Fall Vorrang vor der Erfüllung von, in diesem Fall zweifelhaften, Produktnormen haben !

Hier besteht dringender Änderungsbedarf !

Um dieser Gefahr zu begegnen, wird vorgeschlagen, folgende Formulierung in den normativen Text der DIN VDE 0833-4 zu übernehmen:

„Die Erreichung des Schutzziels hat oberste Priorität.

Bestehen in Gebäuden wie Schulen, Versammlungsstätten, Beherbergungsstätten, Hochhäusern, Verkaufsstätten sowie Sportstätten usw. in bestimmten Gebäudeteilen oder Gebäudeabschnitten architektonische und raumakustische Gegebenheiten, die eine Schutzzielderreichung mit zertifizierten Produkten aus physikalischen Gründen ausschließen, so sind alle Verantwortlichen dazu aufgefordert, gemeinsam eine durchführbare Lösung zu finden.

Eine solche Lösung muss Ergebnis einer Risikoanalyse sein, in die die projektspezifischen Randbedingungen und Gefahren eingeflossen sind.

Eine solche Lösung darf dann auch Produkte berücksichtigen, die nicht nach EN 54 zertifiziert sind. Die Erreichung des Schutzziels mit dieser Lösung ist durch geeignete Prognosen und/oder Messungen nachzuweisen.“

**EZB Frankfurt - Neubau
Der Superturm
und die ehemalige Großmarkthalle in Bildern**

160 Meter

**eine Herausforderung
in Sachen Beschallung....**

220 Meter







Mit einem Wasserdruck von 500 Bar werden die nicht mehr benötigten Klinkersteine der beiden zum Abriss freigegebenen Anbauten gereinigt. Man braucht sie, um Schäden an der Fassade der denkmalgeschützten Halle auszubessern.

Zeitungsausschnitte vom Stand vor 9 Monaten

REPORTAGE

MITTWOCH, 11. J...



...ndere Ästhetik, aber für die heutige Zeit sträfliche Platzverschwendung: Dies ist eines der letzten Bilder der leeren Großmarkthalle. Die EZB wird hier unter anderem 10 bis 15 Konferenzsäle einbauen. Fotos: Bern...

Was tun, wenn alle Wände sehr stark reflektierend sind und ein sehr hoher, störender Diffusanteil erwartet werden kann ?



Glas

Glas

Beton

..zunächst die Nachhallzeit berechnen

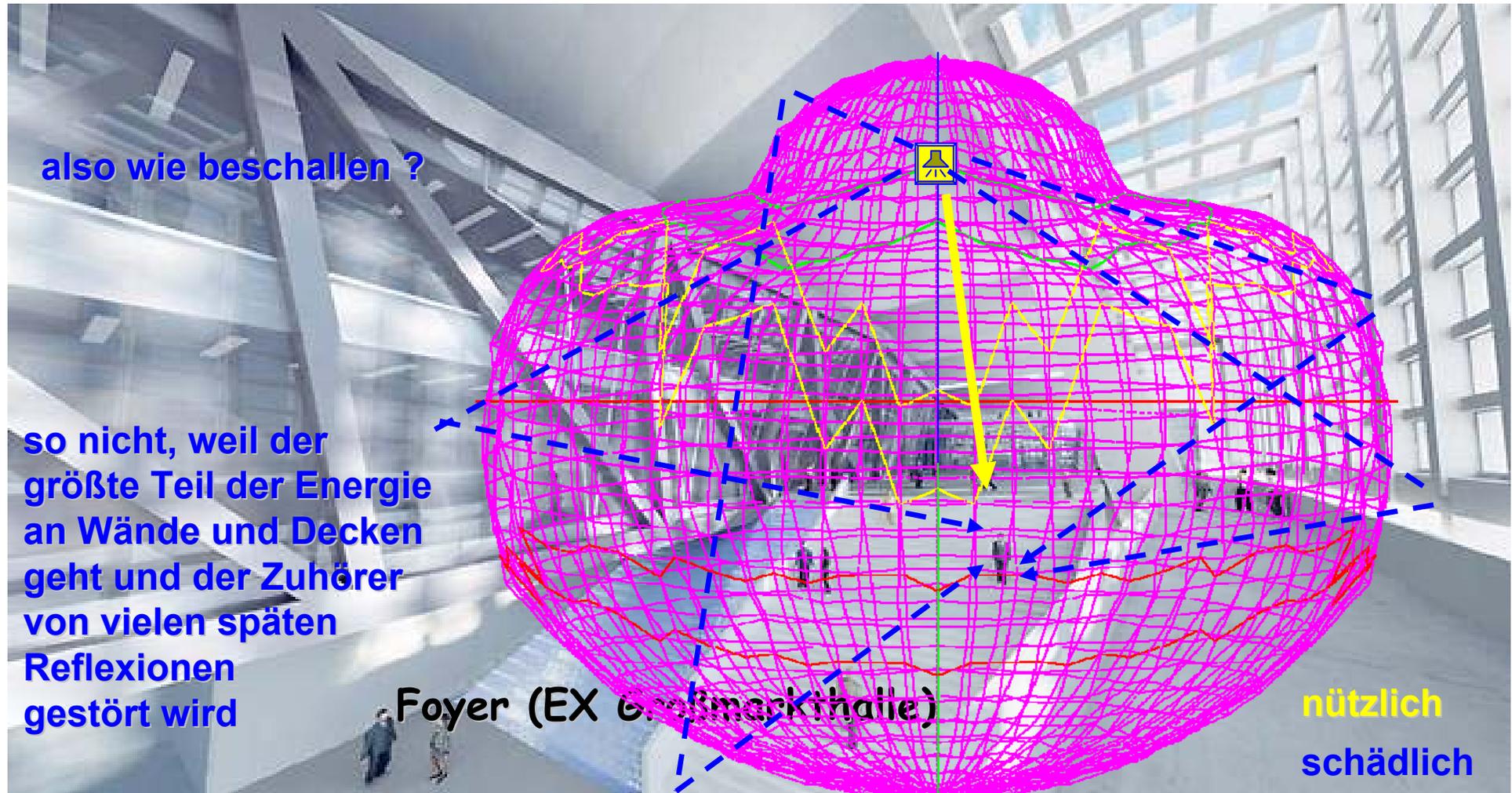
Stahl

Foyer (EX Großmarkthalle)

Glattboden

EZB, eine sehr ungünstige Raumakustik







Foyer (EX Großmarkthalle)



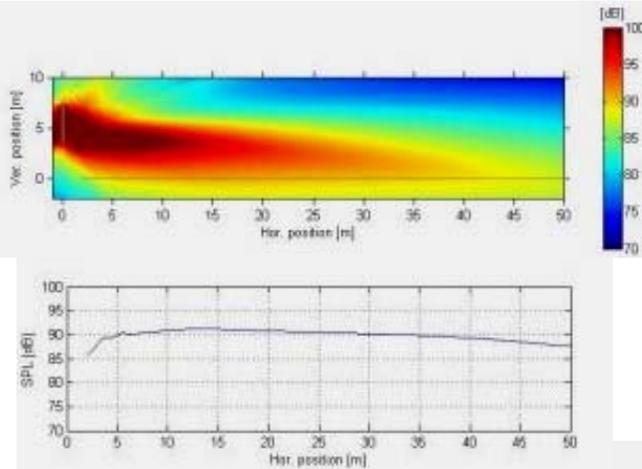


akustisch sollte es, wenn überhaupt,
SO gehen

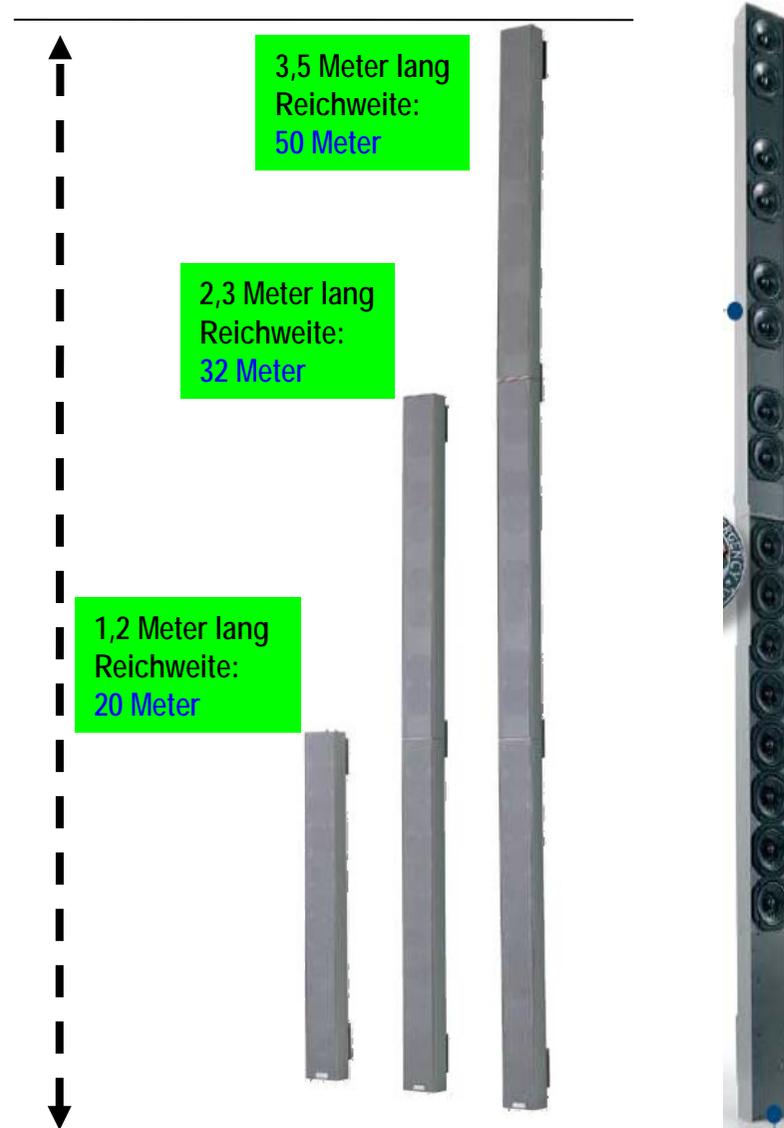
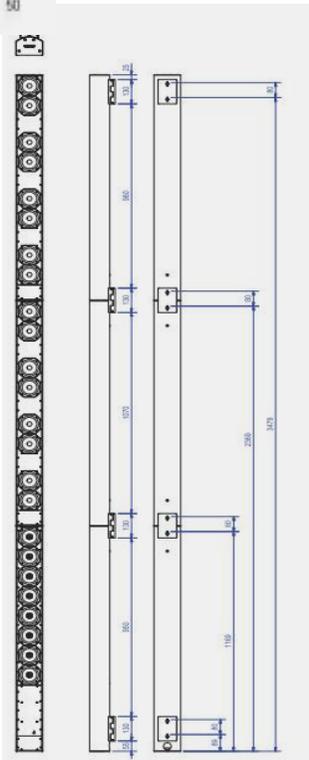
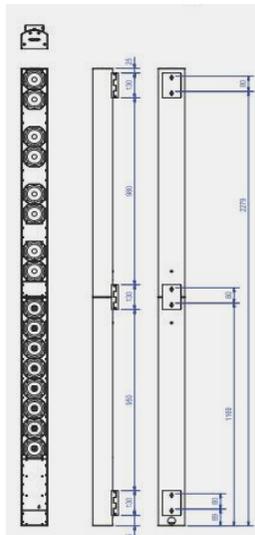
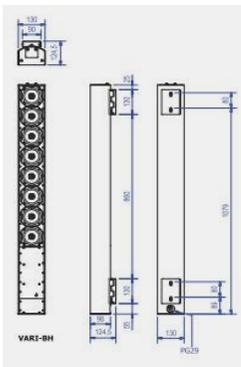
Die Schallernergie konzentriert sich dort, wo Zuhörer sind,
Wände und Decken bleiben ausgespart,
in vertikaler Richtung können sich keine
störenden Reflexionen ausbilden.

Foyer (EX Großmarkthalle)

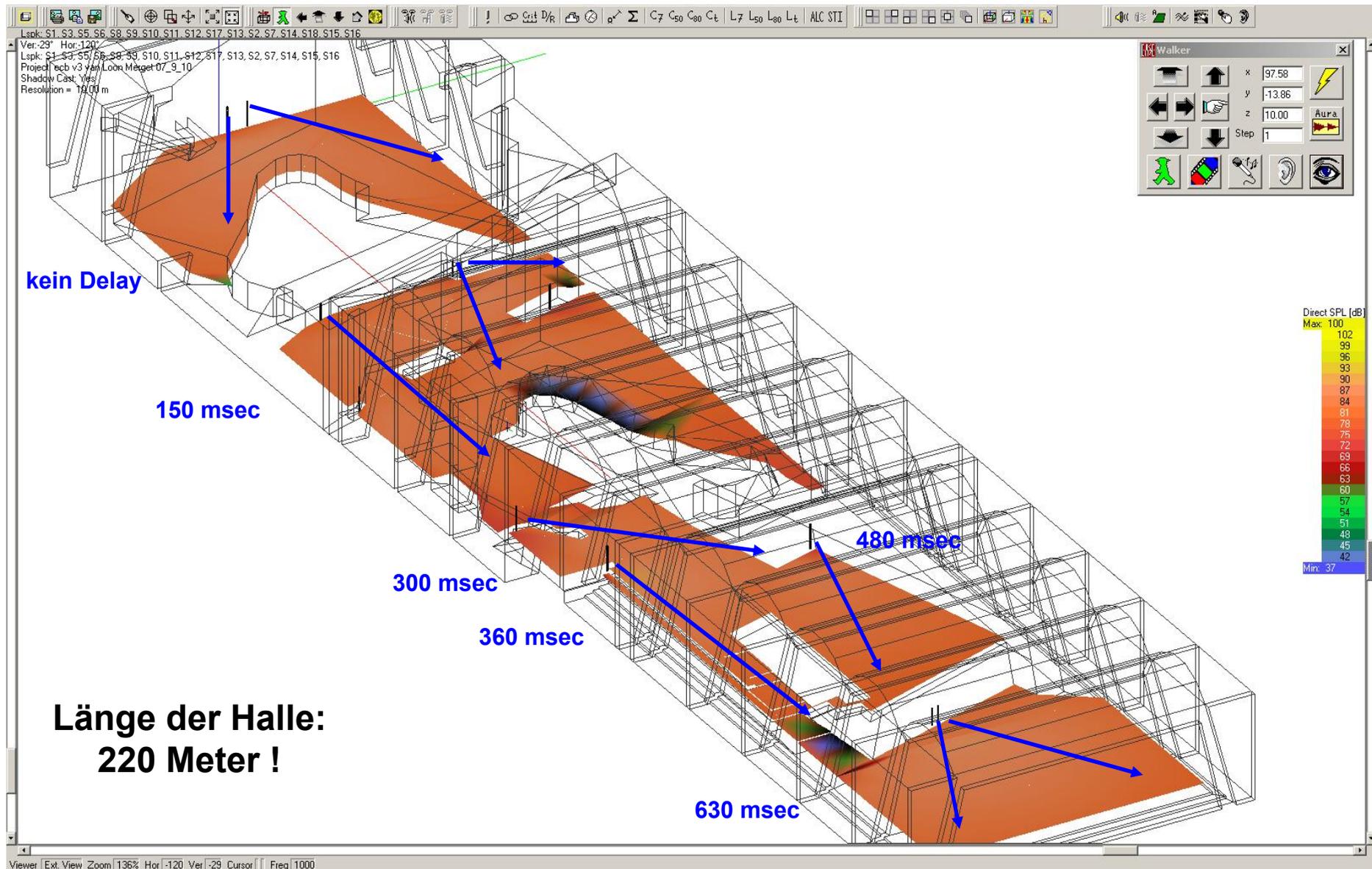
Die praktische Ausführungen von Linienstrahlern

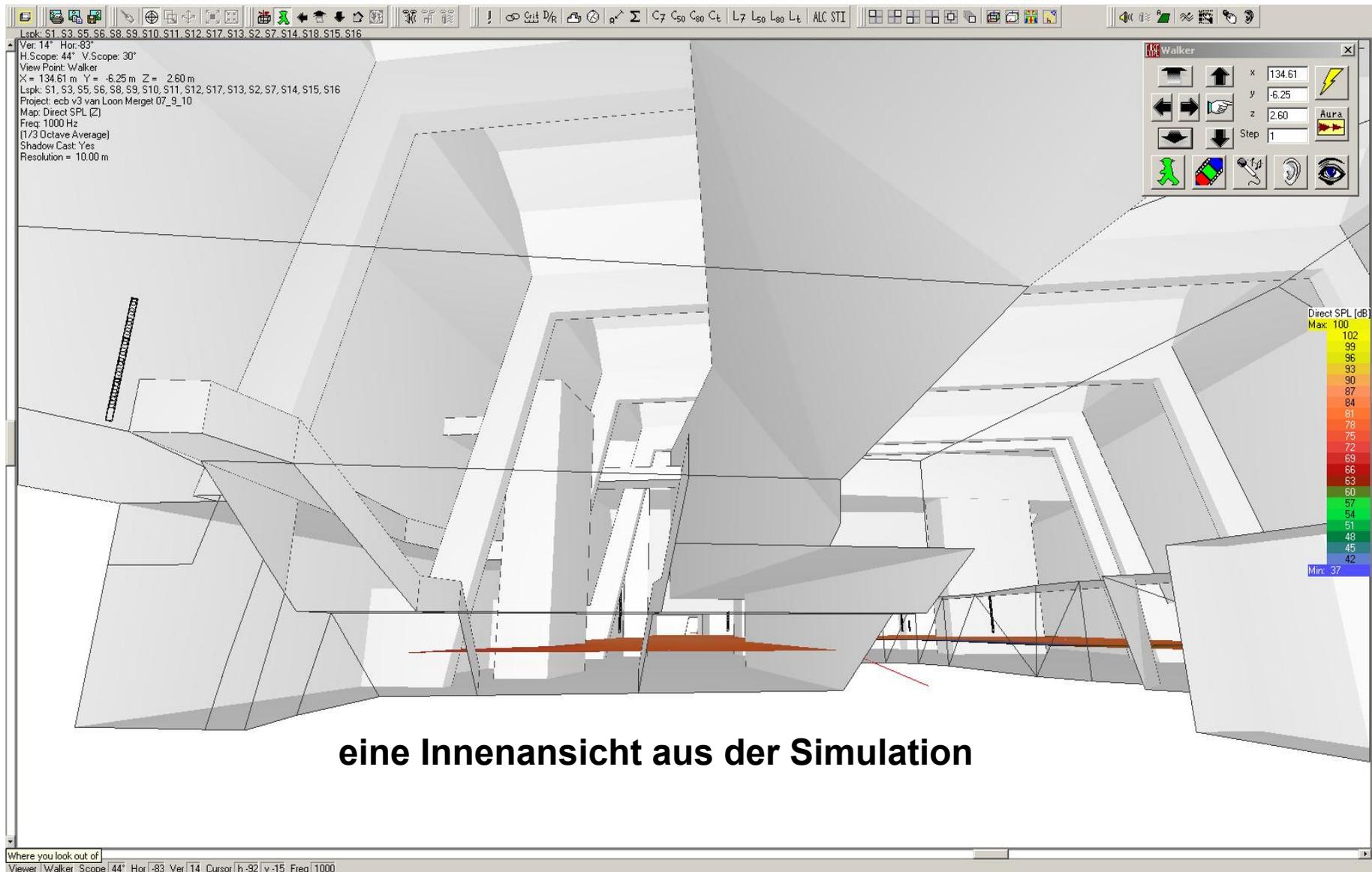


verfügbar bei vielen Herstellern, mit grundsätzlich ähnlichen Eigenschaften



Die Simulation der Großmarkthalle





eine Innenansicht aus der Simulation

Ein Problemfall, welcher vor ca. zwei Jahren von mir bearbeitet wurde :
Shopping Mall in L.....n,
hier eine von vier Shoppingzonen

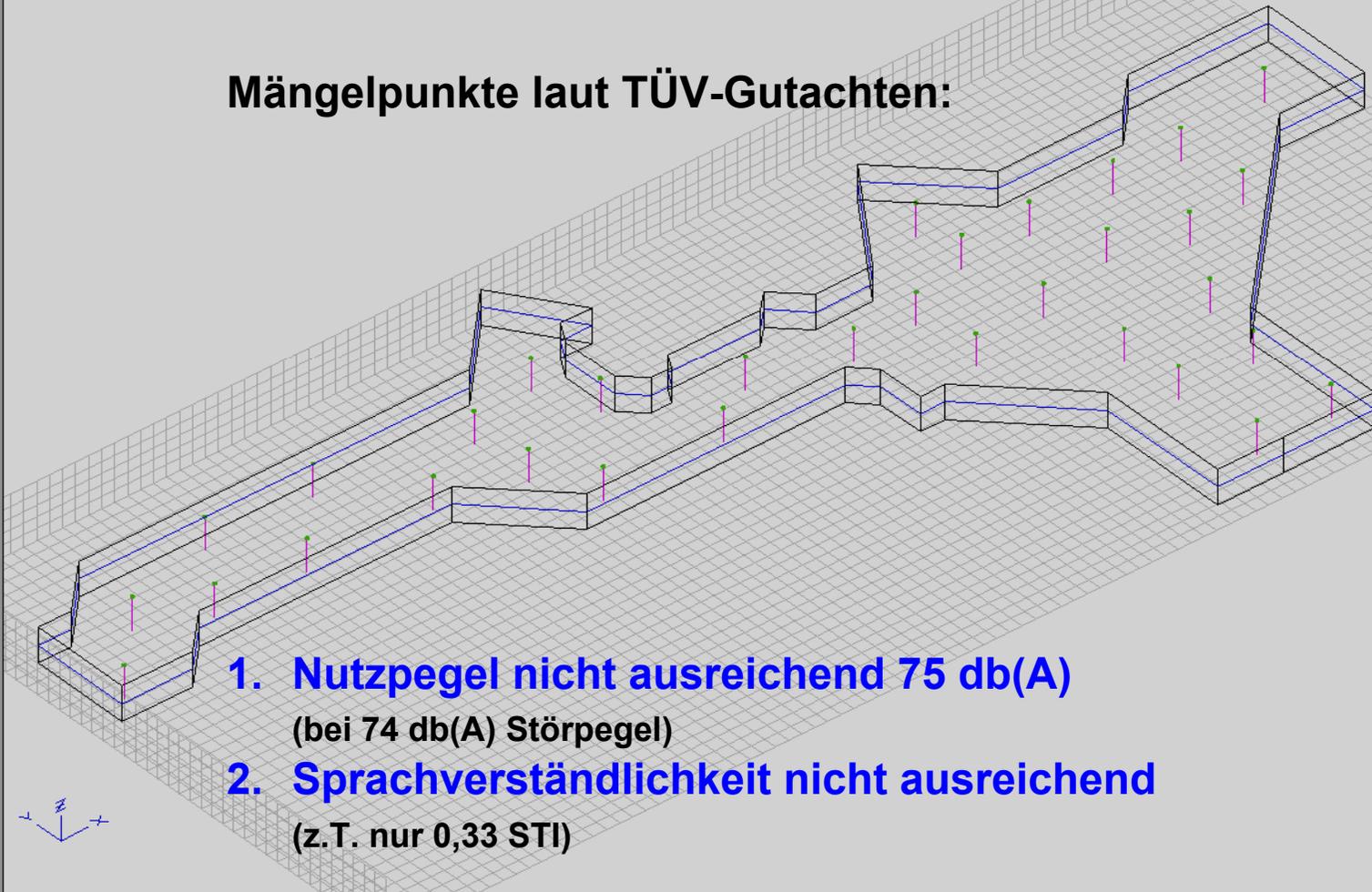
Die Decke :
die einzige Oberfläche, die
absorbierend ausgelegt
sein könnte



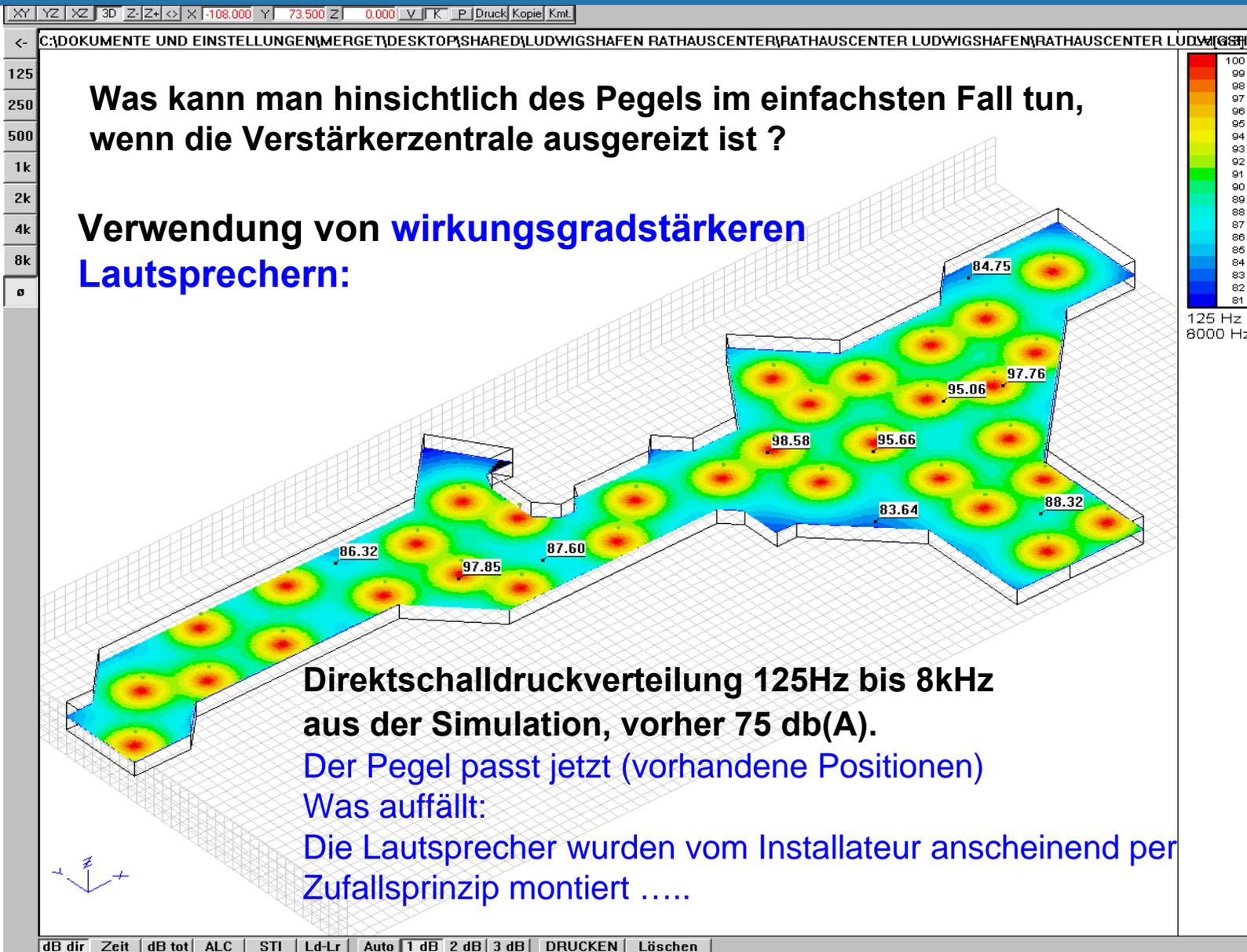
XY YZ XZ 3D Z+ Z+ <> X -108.000 Y 73.500 Z 0.000 V J K P Druck Kopie Kmt.

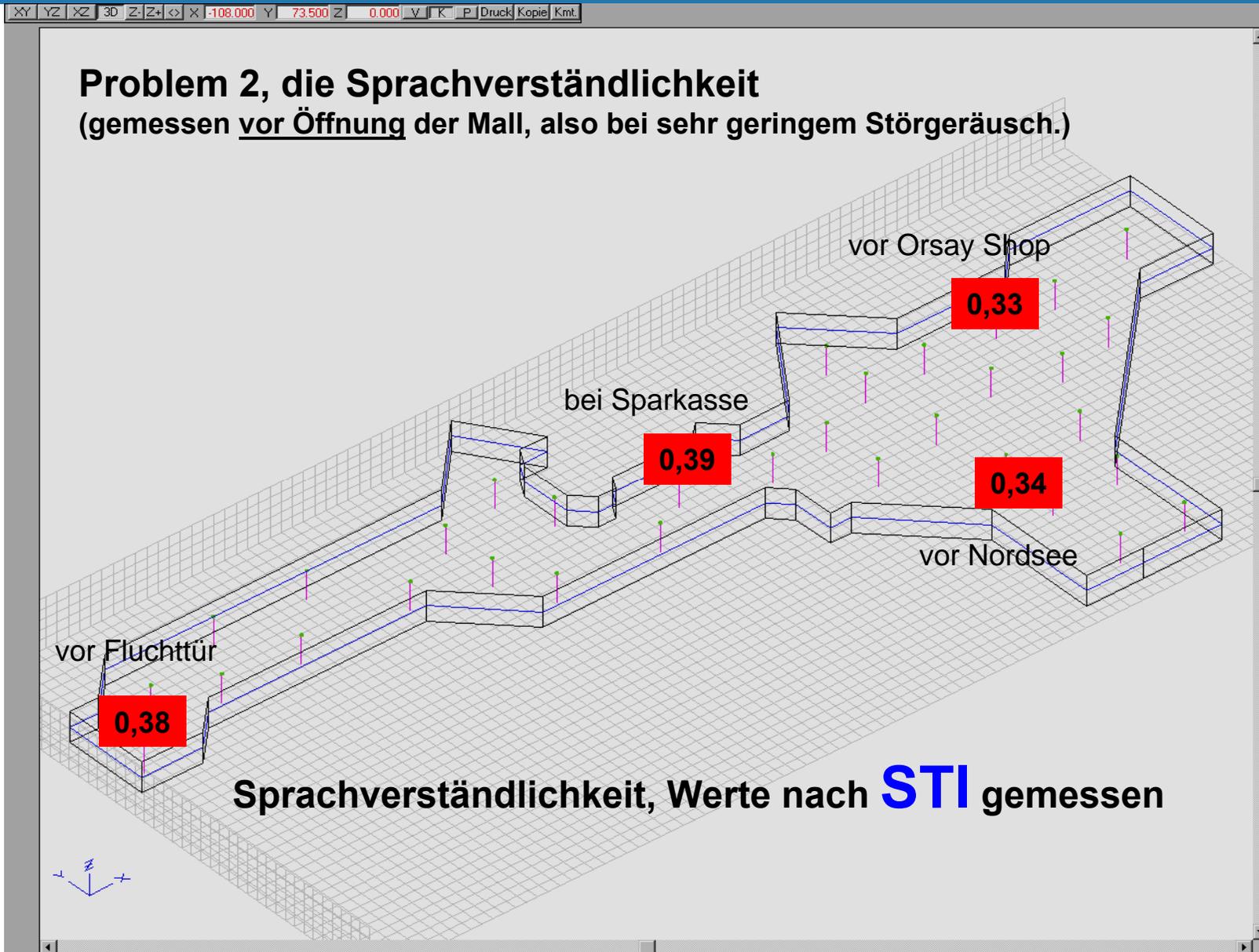
**Die Anlage (Fremdfabrikat !!) war bis dato nicht abgenommen !
Bei der Abnahme hatte der TÜV die Inbetriebnahme verweigert.**

Mängelpunkte laut TÜV-Gutachten:



- 1. Nutzpegel nicht ausreichend 75 db(A)**
(bei 74 db(A) Störpegel)
- 2. Sprachverständlichkeit nicht ausreichend**
(z.T. nur 0,33 STI)





EASERA 1.0. Results of Data: M0011_S01_R01.etm : Measures

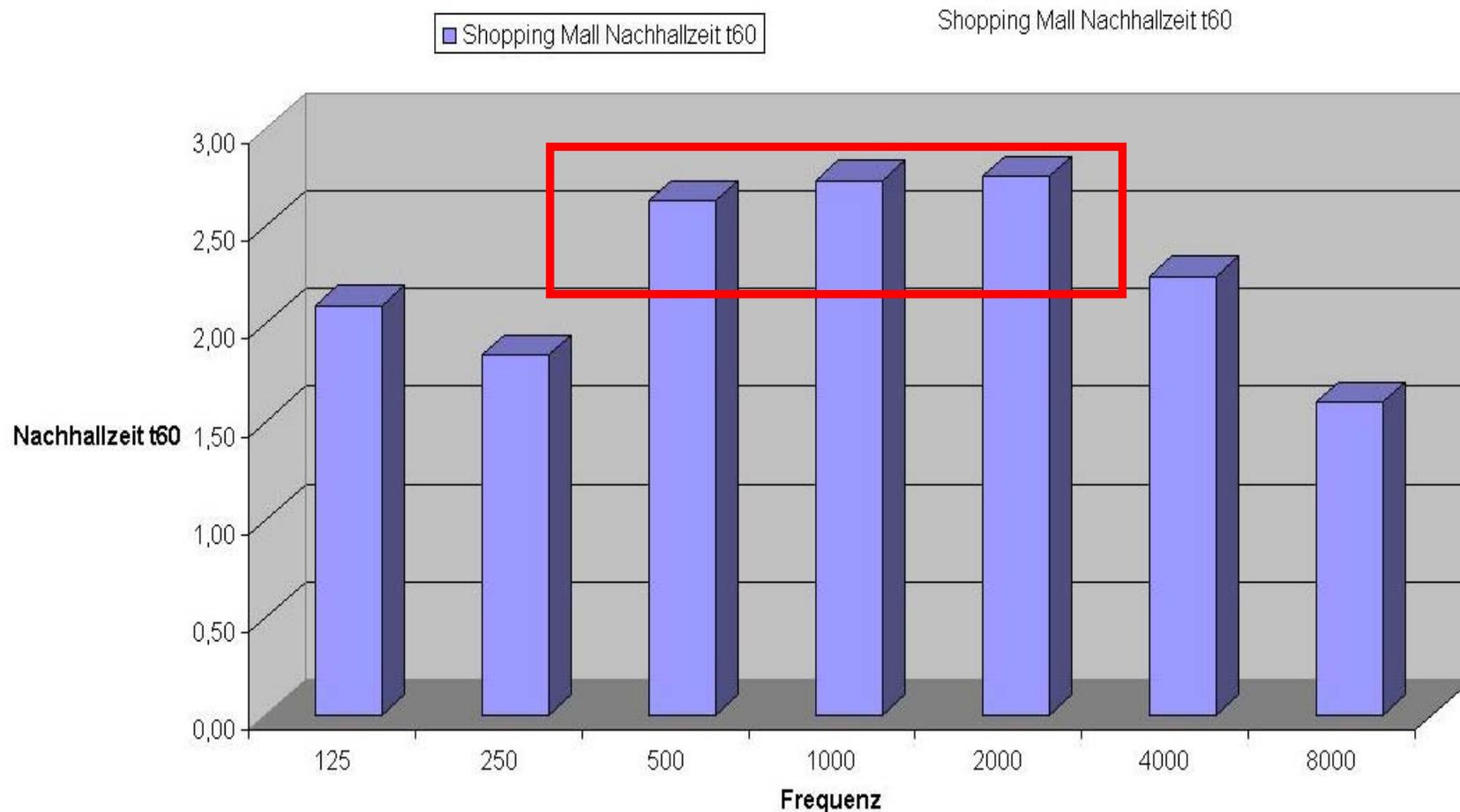
Reverb. Times (1/1 Oct.)

Messung der Nachhallzeit t60

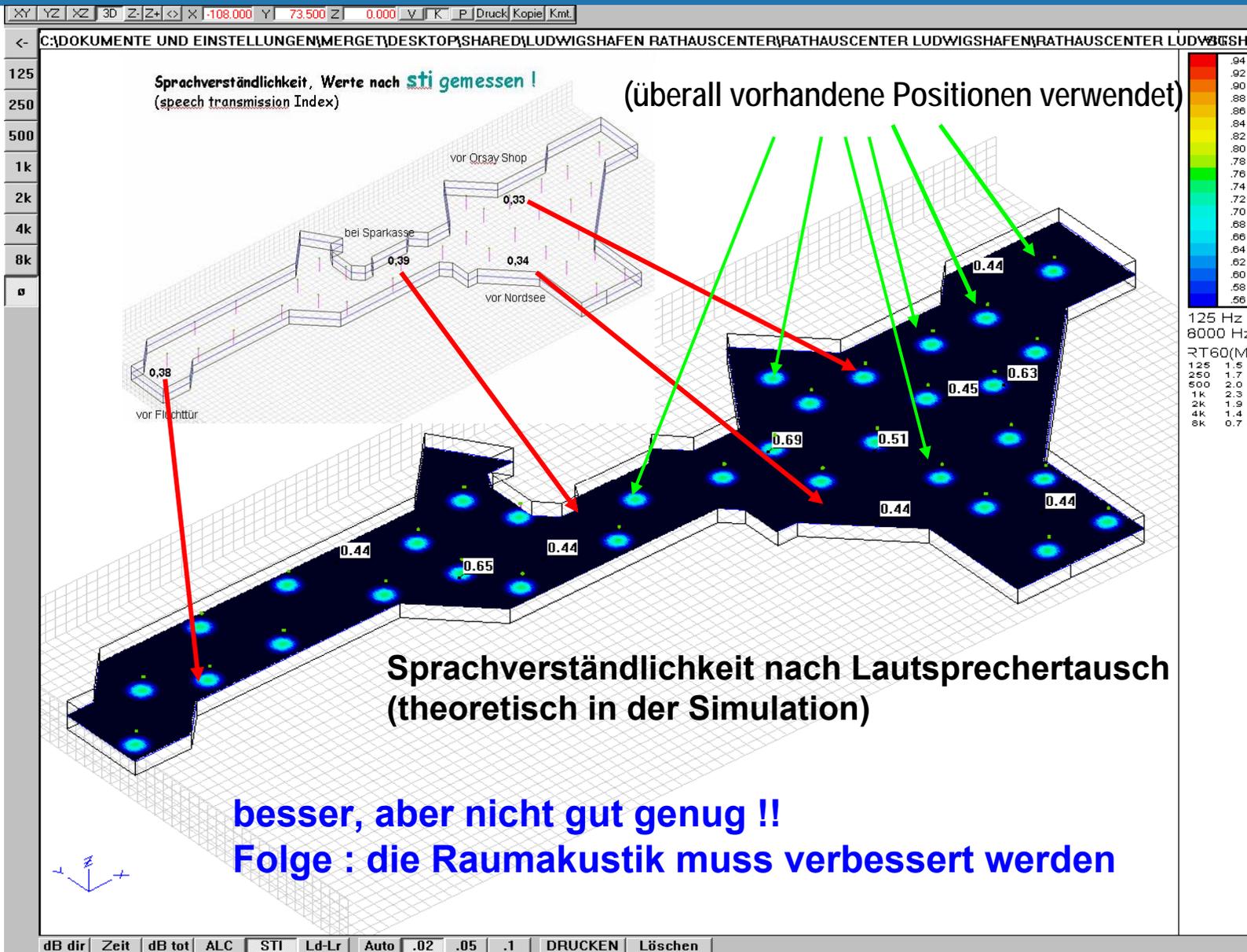
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	250Hz-2kHz	500Hz-4kHz
	S	S	S	S	S	S	S	S	S
EDT (1/1 Oct.)	0,99	1,44	1,8	1,48	1,45	1,21	0,71	1,54	1,49
EDT (1/1 Oct.)	1,22	1,6	2,16	2,01	1,58	1,35	0,98	1,84	1,77
EDT (1/1 Oct.)	0,96	1,36	2,06	1,64	1,61	1,39	1,03	1,67	1,67
EDT (1/1 Oct.)	1,52	1,95	2,61	2,76	2,34	1,81	1,43	2,41	2,38
Mittelw	1,15875	1,5875	2,19375	2,0875	1,745	1,44	1,0375	1,865	1,8275
T10 (1/1 Oct.)	1,38	1,72	2,06	1,93	1,93	1,33	0,87	1,85	1,73
T10 (1/1 Oct.)	1,63	1,92	1,88	2,1	1,65	1,34	0,88	1,89	1,74
T10 (1/1 Oct.)	1,25	1,94	1,91	2,1	1,74	1,51	1,11	1,92	1,81
T10 (1/1 Oct.)	1,84	1,99	2,63	2,76	2,32	1,72	1,28	2,42	2,36
Mittelw	1,52	1,8925	2,12	2,2275	1,8225	1,475	1,035	2,015	1,91
T20 (1/1 Oct.)	1,29	1,74	2,45	2,24	1,77	1,42	1	2,05	1,97
T20 (1/1 Oct.)	1,41	2,12	2,2	2,09	1,74	1,37	0,99	2,04	1,85
T20 (1/1 Oct.)	1,55	1,91	1,99	2,23	1,96	1,58	1,18	2,02	1,94
T20 (1/1 Oct.)	1,66	2,42	3,11	3,22	3,13	1,99	1,4	2,97	2,86
Mittelw	1,4775	2,0475	2,4375	2,445	2,15	1,59	1,1425	2,27	2,155
T30 (1/1 Oct.)	1,37	2,07	2,67	2,58	1,86	1,51	1,05	2,29	2,15
T30 (1/1 Oct.)	1,44	2,19	2,49	2,15	1,73	1,46	1,09	2,14	1,96
T30 (1/1 Oct.)	1,38	1,97	1,94	2,62	2,21	1,7	1,25	2,19	2,12
T30 (1/1 Oct.)	1,8	2,75	3,05	2,98	2,97	2,15	1,48	2,94	2,79
Mittelw	1,4975	2,245	2,5375	2,5825	2,1925	1,705	1,2175	2,39	2,255

Dem Übeltäter auf der Spur...
oder woher kommen die schlechten STI-Werte ?

Auswertung der rt_{60} Messung



ausgerechnet der Sprachbereich ist am ungünstigsten !



XY YZ XZ 3D Z-Z+<> X -108.000 Y 73.500 Z 0.000 V J K P Druck Kopie Kmt.

zusammengefasst:

mangelnde Sprachverständlichkeit wegen:

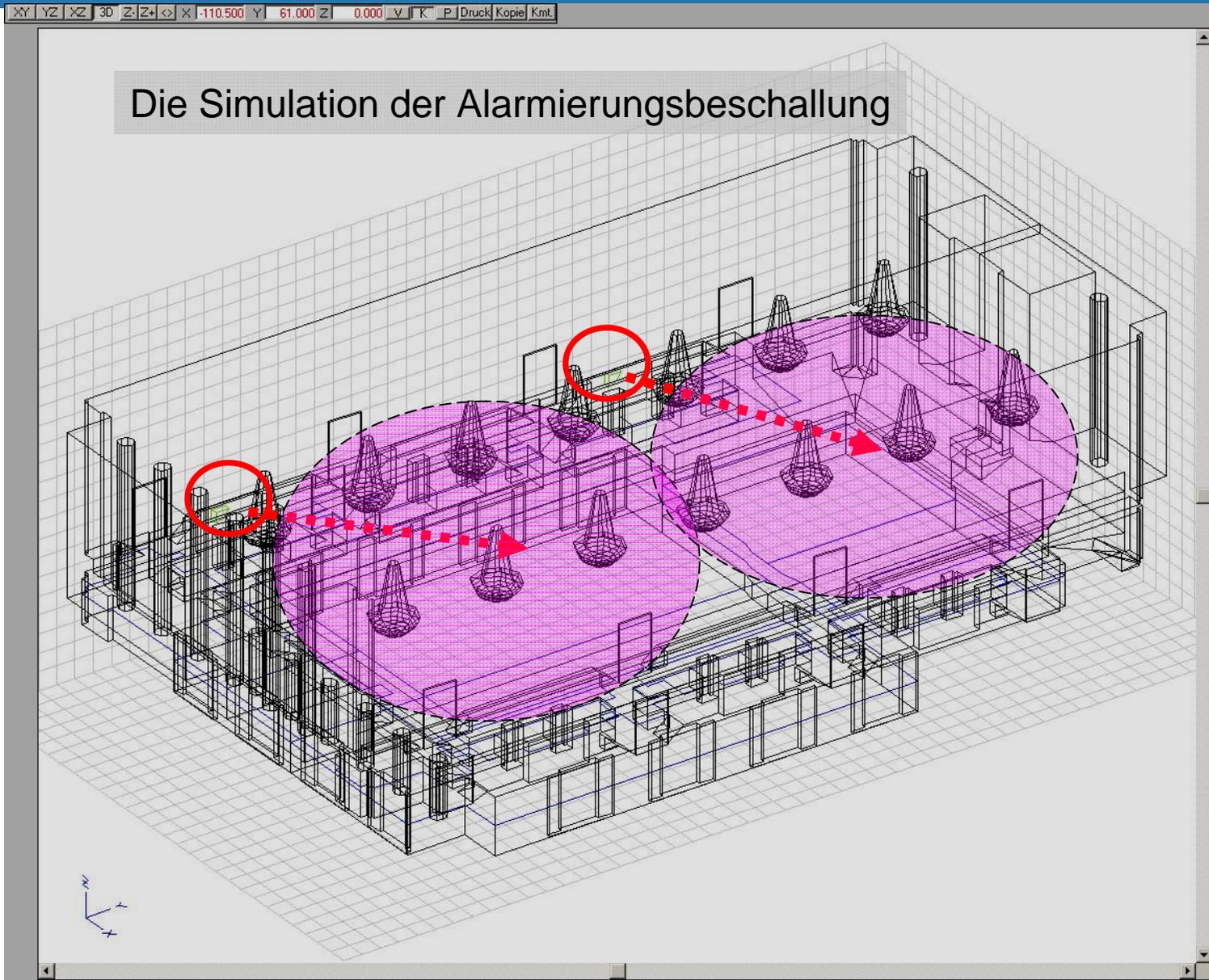
1. zu hohem Störpegel

.....ist mit elektroakustischen Maßnahmen alleine beherrschbar.

2. ungünstiger Raumakustik

.....ist in diesem Falle nur in Kombination elektroakustischer und raumakustischer Maßnahmen beherrschbar.





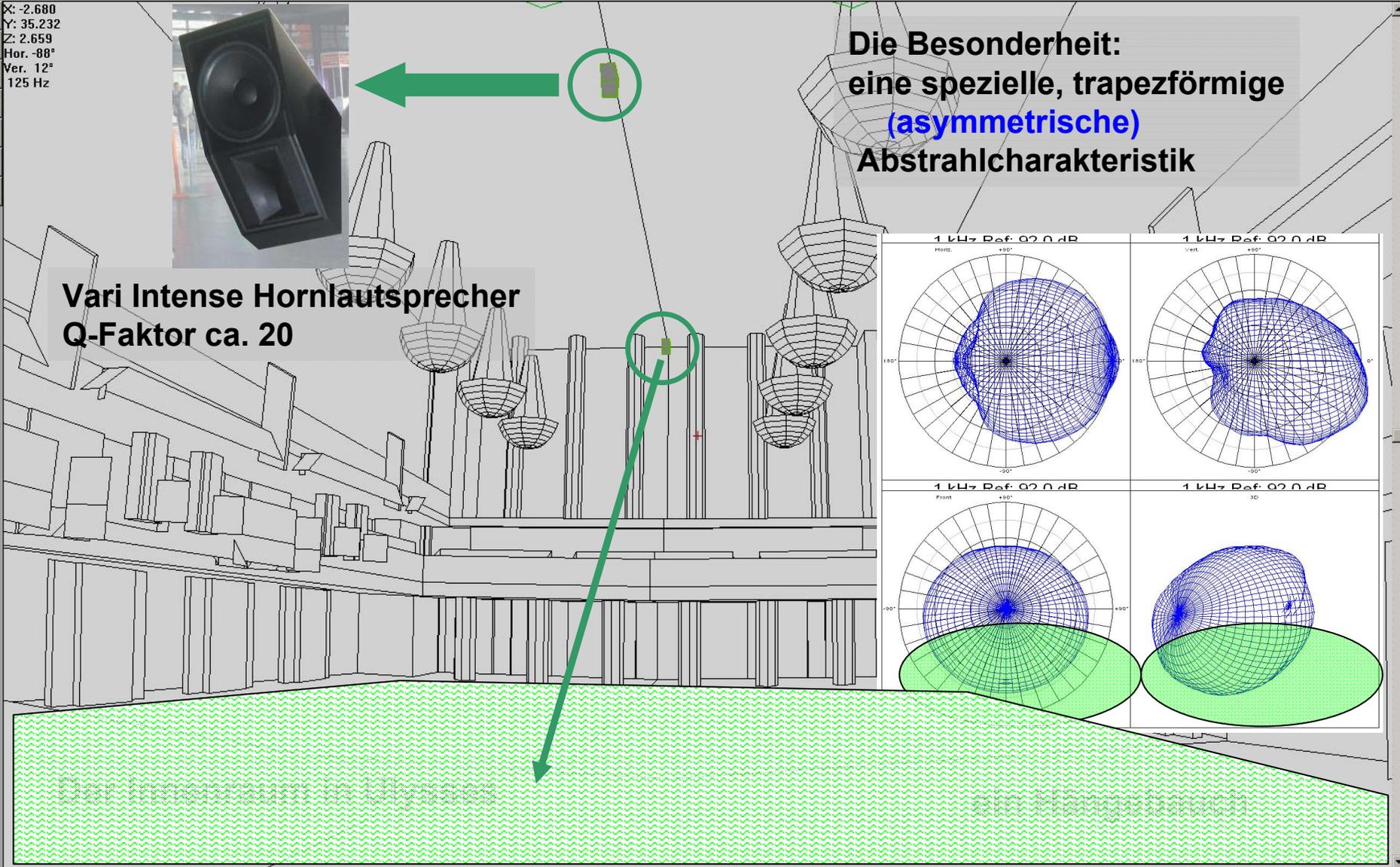
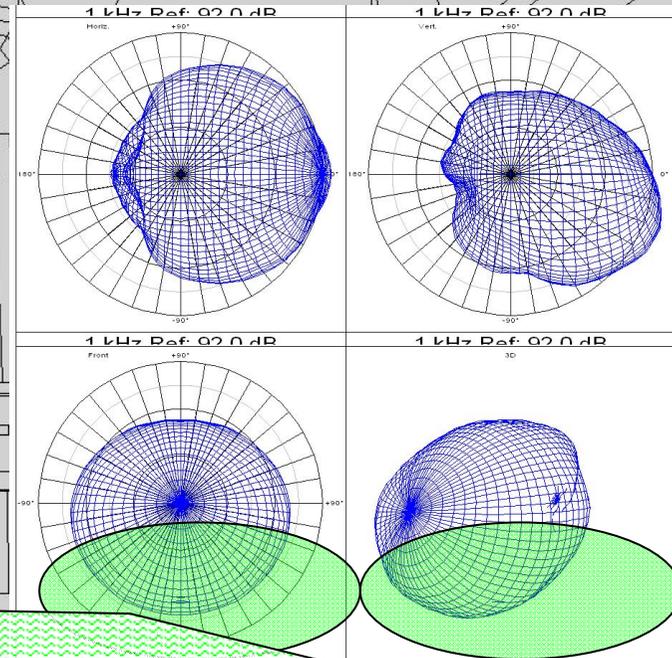
125
250
500
1k
2k
4k
8k

X: -2.680
Y: 35.232
Z: 2.659
Hor. -88°
Ver. 12°
125 Hz



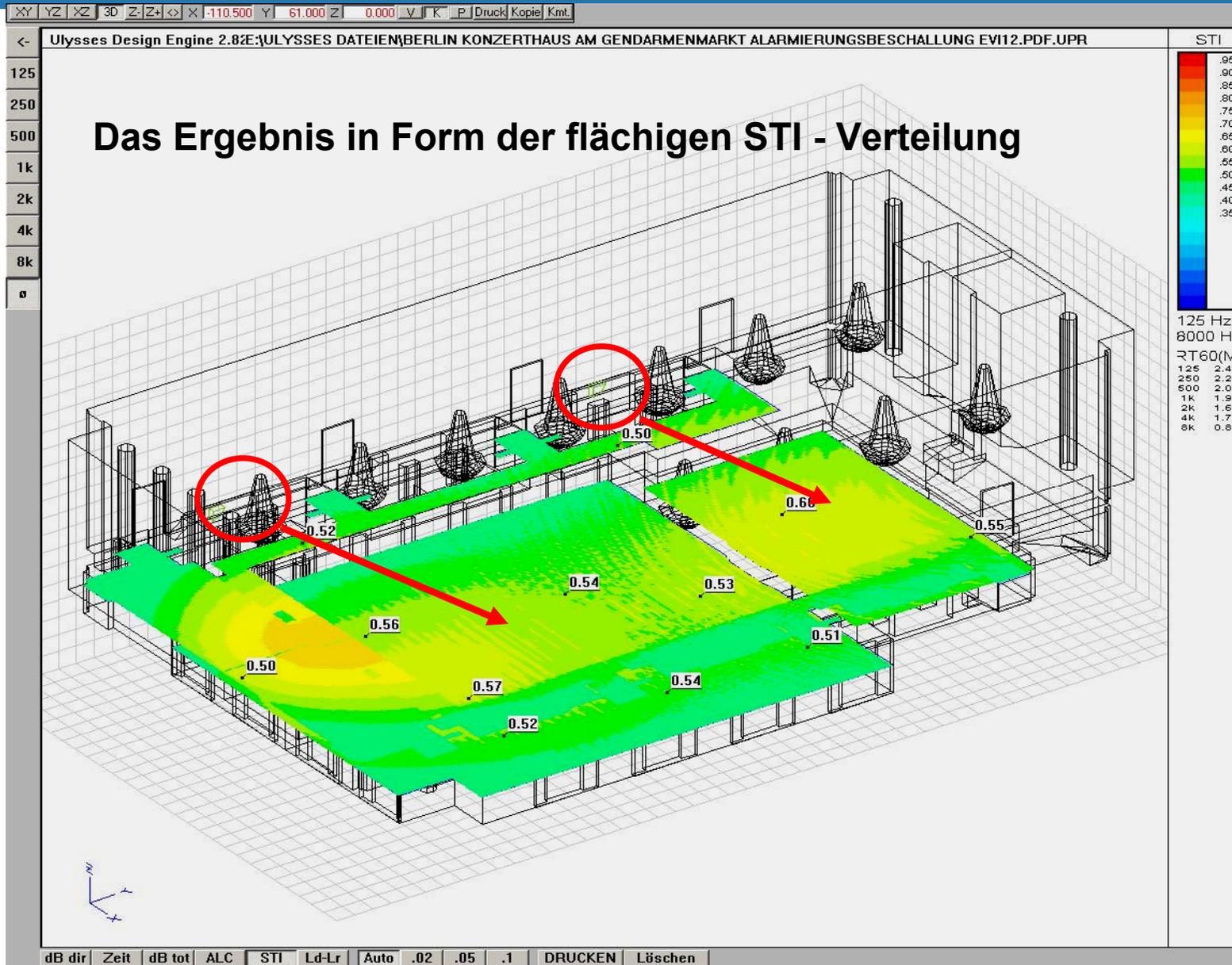
Die Besonderheit:
eine spezielle, trapezförmige
(**asymmetrische**)
Abstrahlcharakteristik

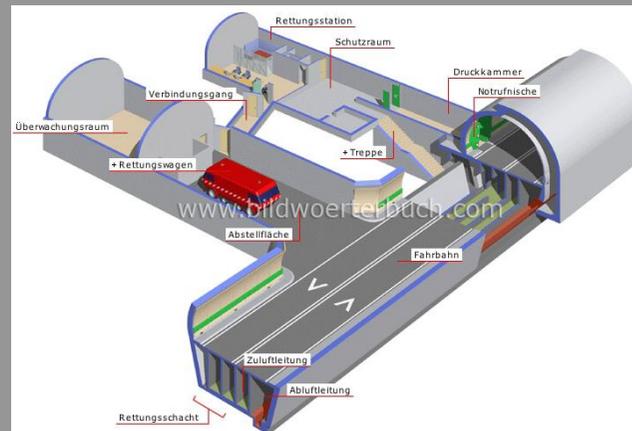
Vari Intense Hornlautsprecher
Q-Faktor ca. 20



Lautsprecher ausrichten >

OK STOP





mit freundlicher
Genehmigung
der „Sprechfabrik“

Was kann man tun, um unter extrem ungünstigen raumakustischen Bedingungen (z.B. im Tunnel) doch noch verständliche Durchsagen abzusetzen ?

Ansage für ungünstige Raumakustik trocken

mit ca. 3 Sec Nachhallzeit



Ansage für kritische Raumakustik trocken

mit ca. 4 Sec Nachhallzeit



Ansage für sehr schwierige Raumakustik trocken

mit ca. 5 Sec Nachhallzeit



Zur Vertiefung empfehle ich das Merkblatt des ZVEI, welches sich ausführlich mit dem heutigen Thema auseinandersetzt.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

ZVEI



EV Electro-Voice

RTS

DYNACORD

TELEX

Dipl.-Ing.
Richard Merget

Tech. Support
ProAudio EMEA

richard.merget@de.bosch.com

Bosch Communications Systems

EVI Audio GmbH, ST/SEC-TS

Außendienstbüro

Hirtengarten 7

63456 Hanau, GERMANY

Tel: +49 6181 662545

Mobile: +49 171 7209303

Fax: +49 6181 662652

FRAGEN ?