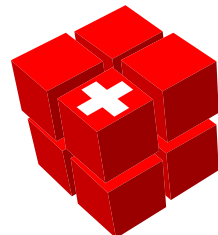


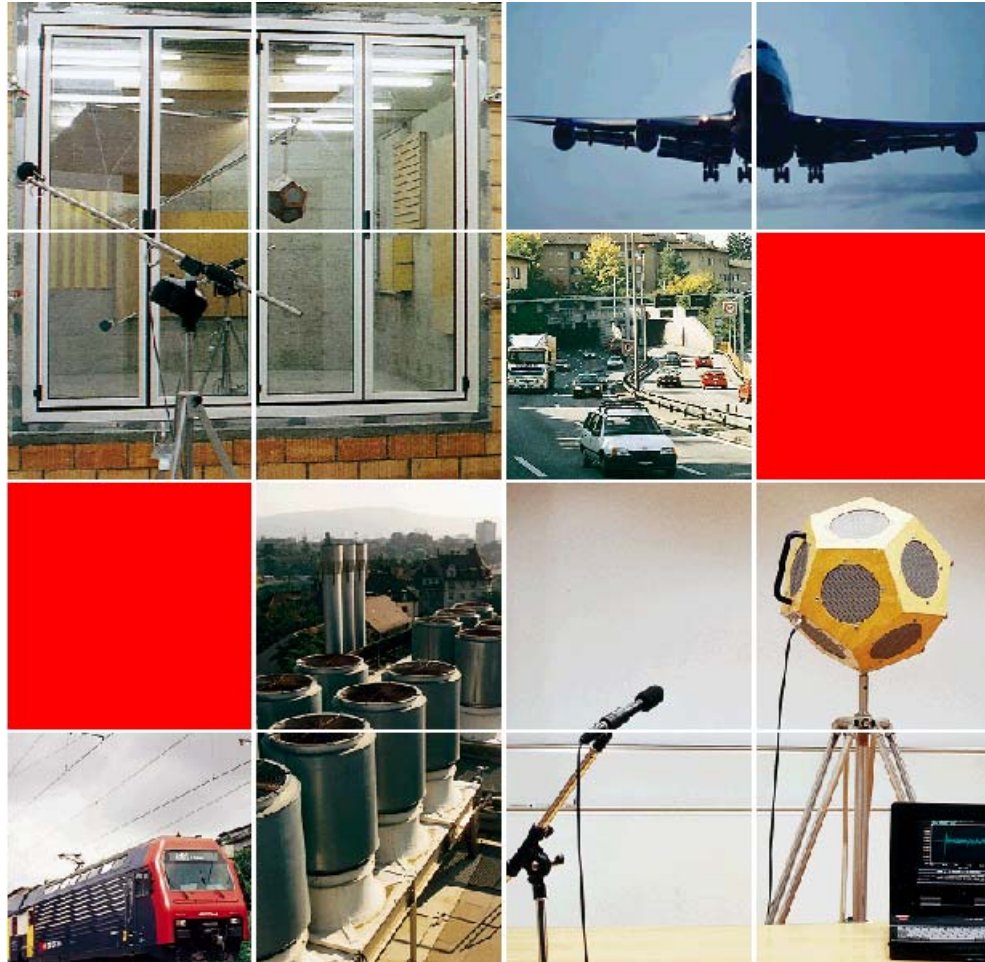
Anforderungen an Beschallungsanlagen für Sprache

Kurt Eggenschwiler
EMPA Dübendorf



EMPA

Akustik/Lärmbekämpfung

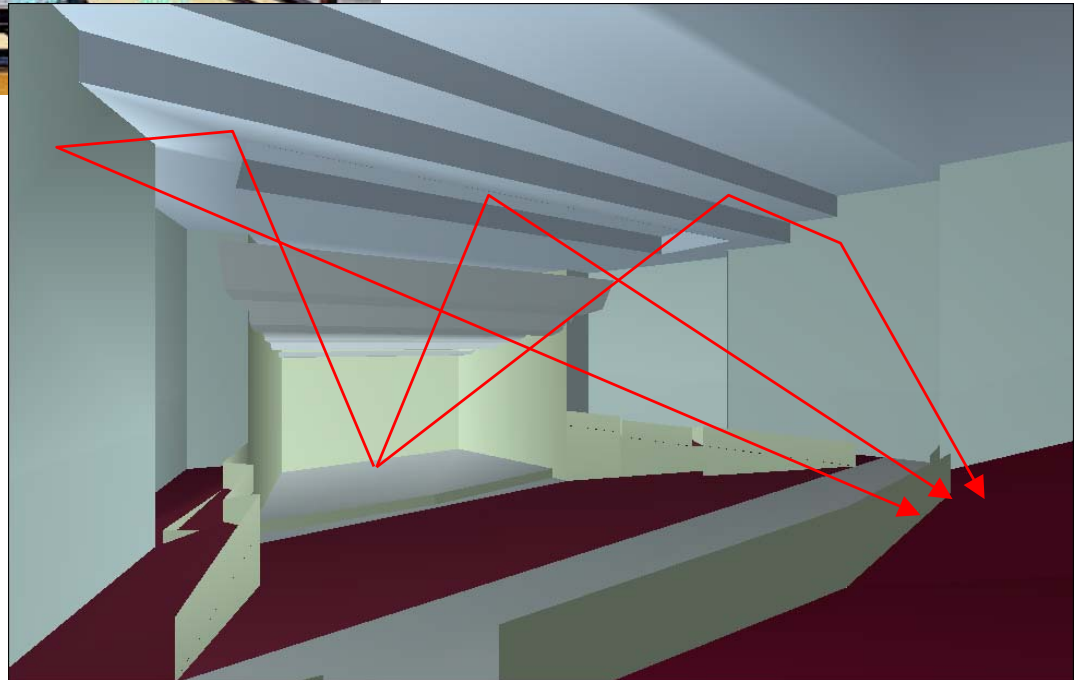
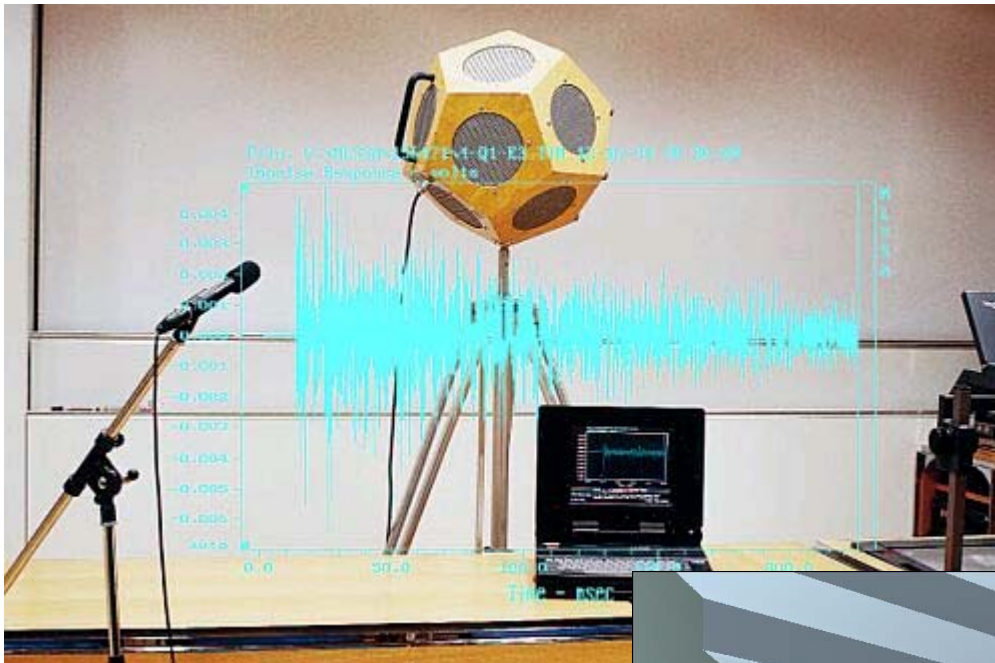




Bauakustik
Umweltakustik
Vibroakustik
Raumakustik

Raumakustik

Messung
Prognose
Beratung
Lehre
Forschung



Beschallungstechnik an der EMPA

- Langjährige Tradition
- Neutrale Gutachten in Streitfällen
- (Planung von Anlagen)
- Vorlesungen an der ETH:
 - Raumakustik, Departement Architektur
 - Akustik I und II, Departement Informations-
und Elektrotechnik

Beispiel
Nationalratssaal
Bern
1989

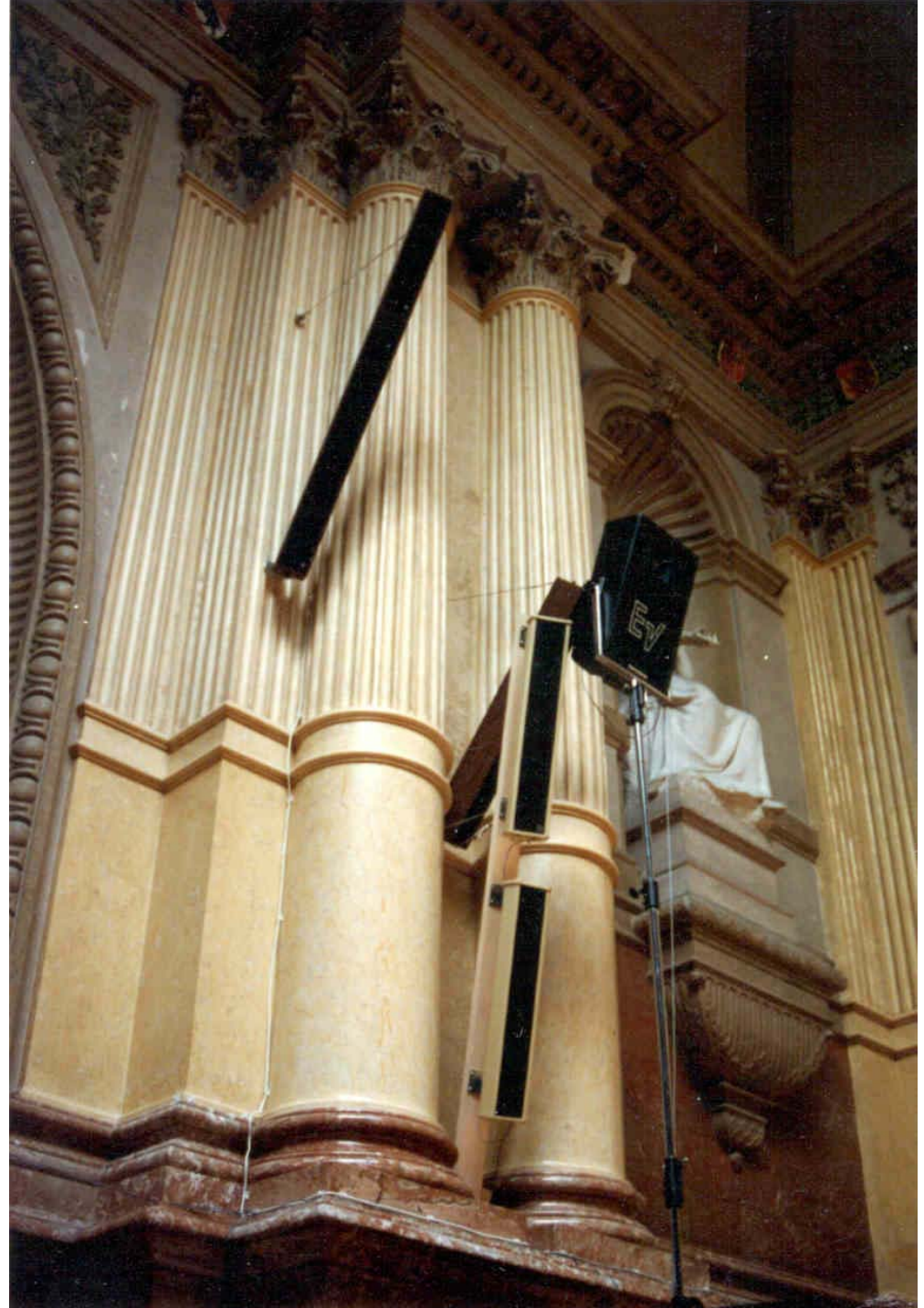


Beispiel
Nationalratssaal
Bern
1989





Beispiel
Nationalratssaal
Bern
1989



Häufige Mängel an Beschallungsanlagen für Sprache

- Nicht geeignete Lautsprecher
- Falsche Position der Lautsprecher
- Zu kompliziertes Layout
- Falscher Frequenzgang
- Keine Zeitverzögerung eingebaut
- Raumakustische Probleme
- Optimiert auf Musik statt Sprache

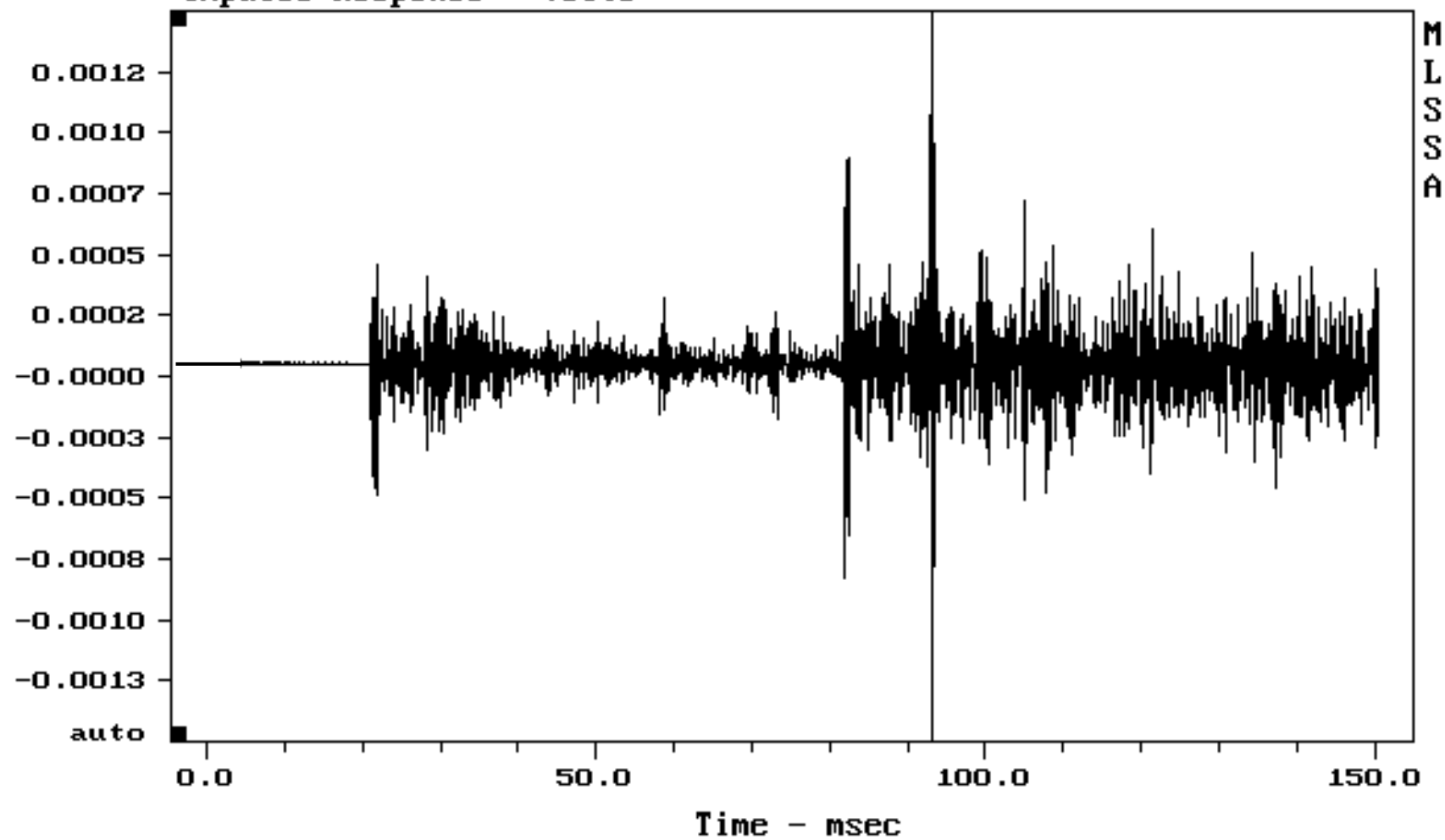
Häufige Mängel an Beschallungsanlagen für Sprache

- Kein Pflichtenheft
 - Anlage leistet zu wenig
 - Anlage leistet zu viel
 - Anlage leistet das Falsche
- Anlage zu kompliziert für Laien
- Keine geeignete Bedienungsanleitung
- Benutzer sind nicht instruiert
- Anlage für Schwerhörige funktioniert nicht
oder nur schlecht
-

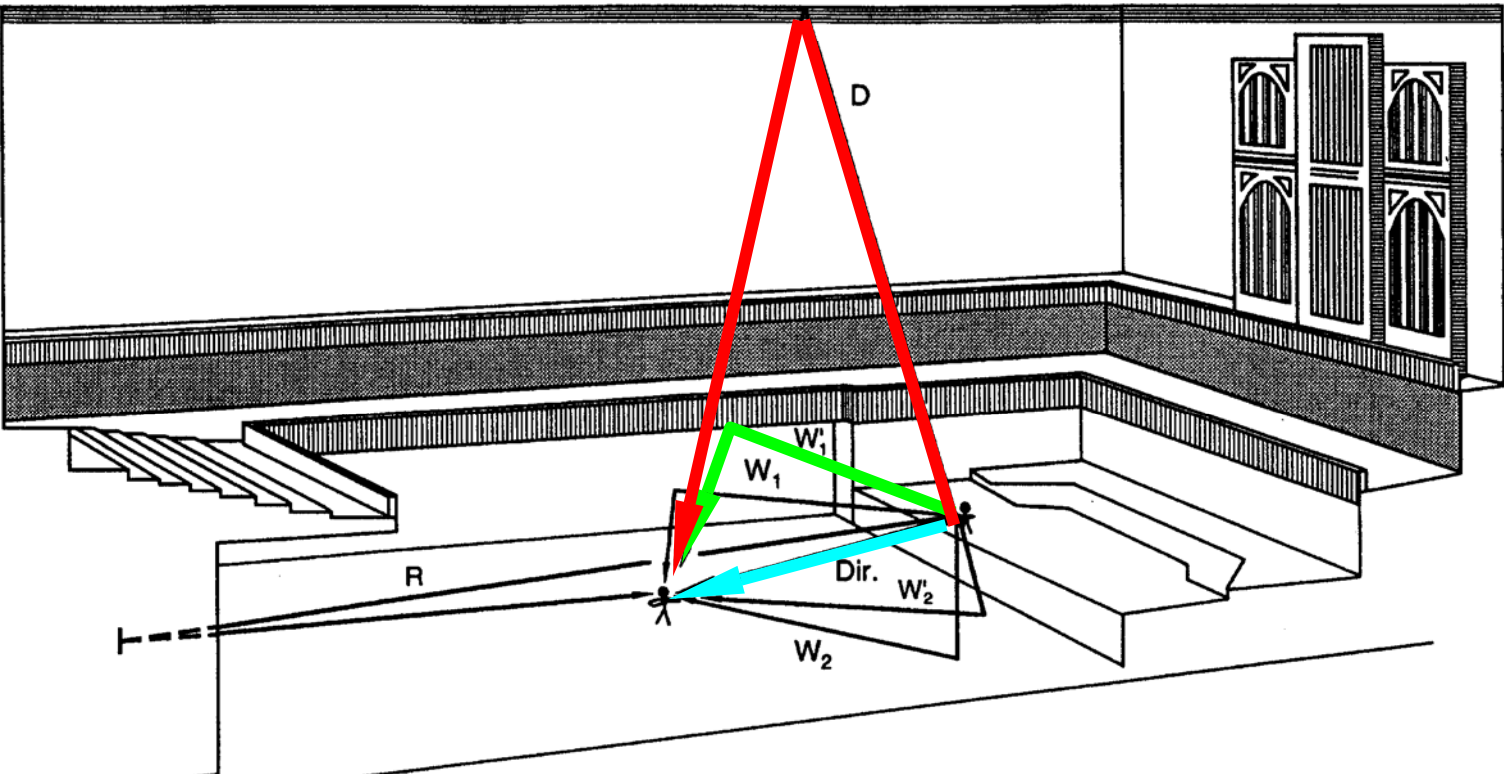
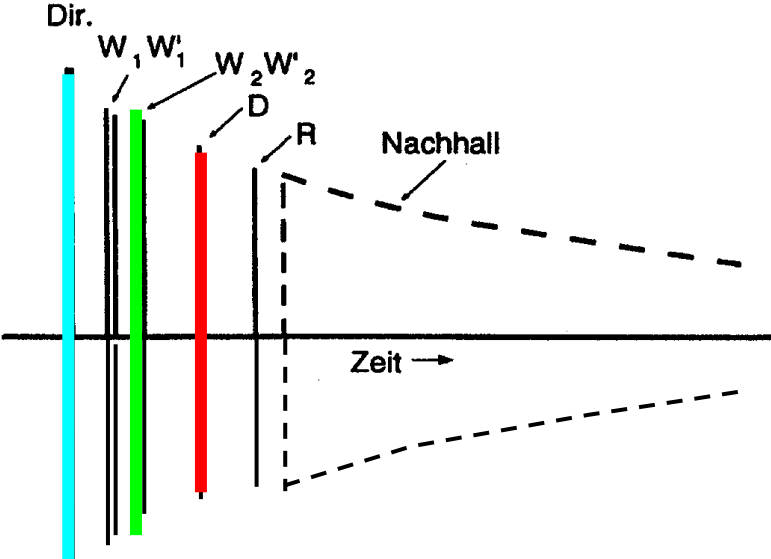
Ton-Beispiel einer misslungenen Beschallung

File: C:\MLSSA\157225\ANT-M-11.TIM 3-7-95 2:35 PM

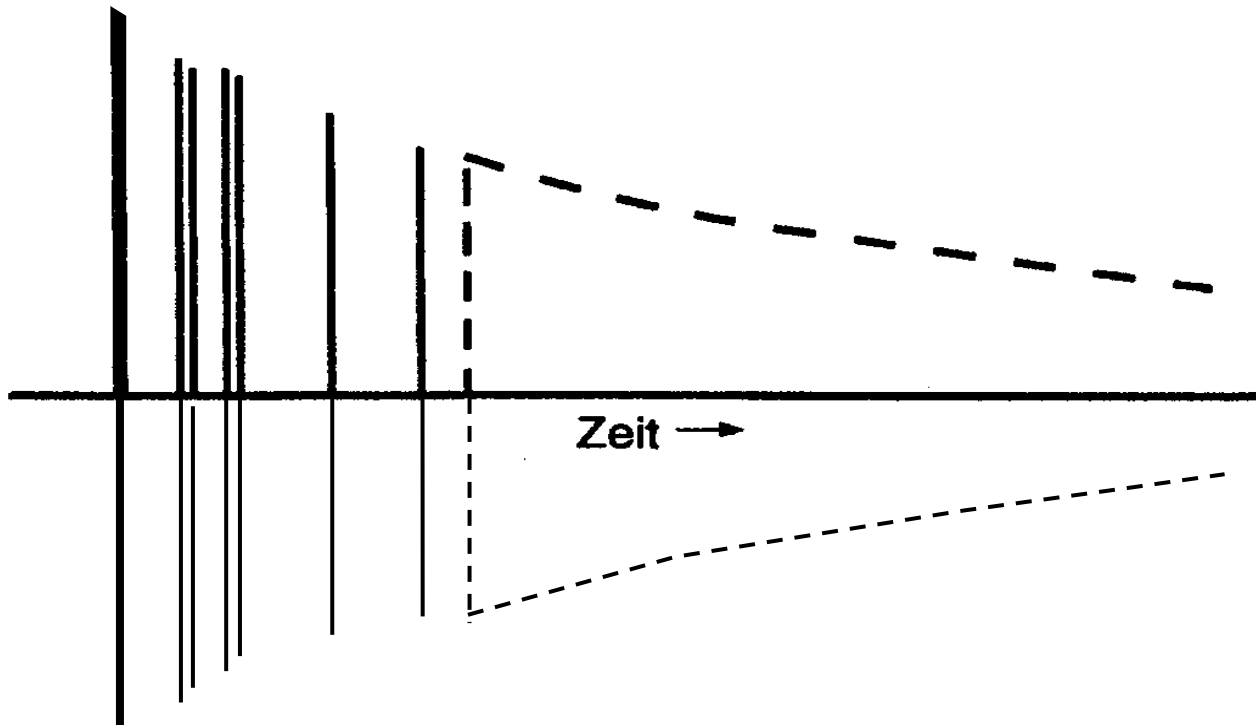
Impulse Response - volts



Raumimpulsantwort



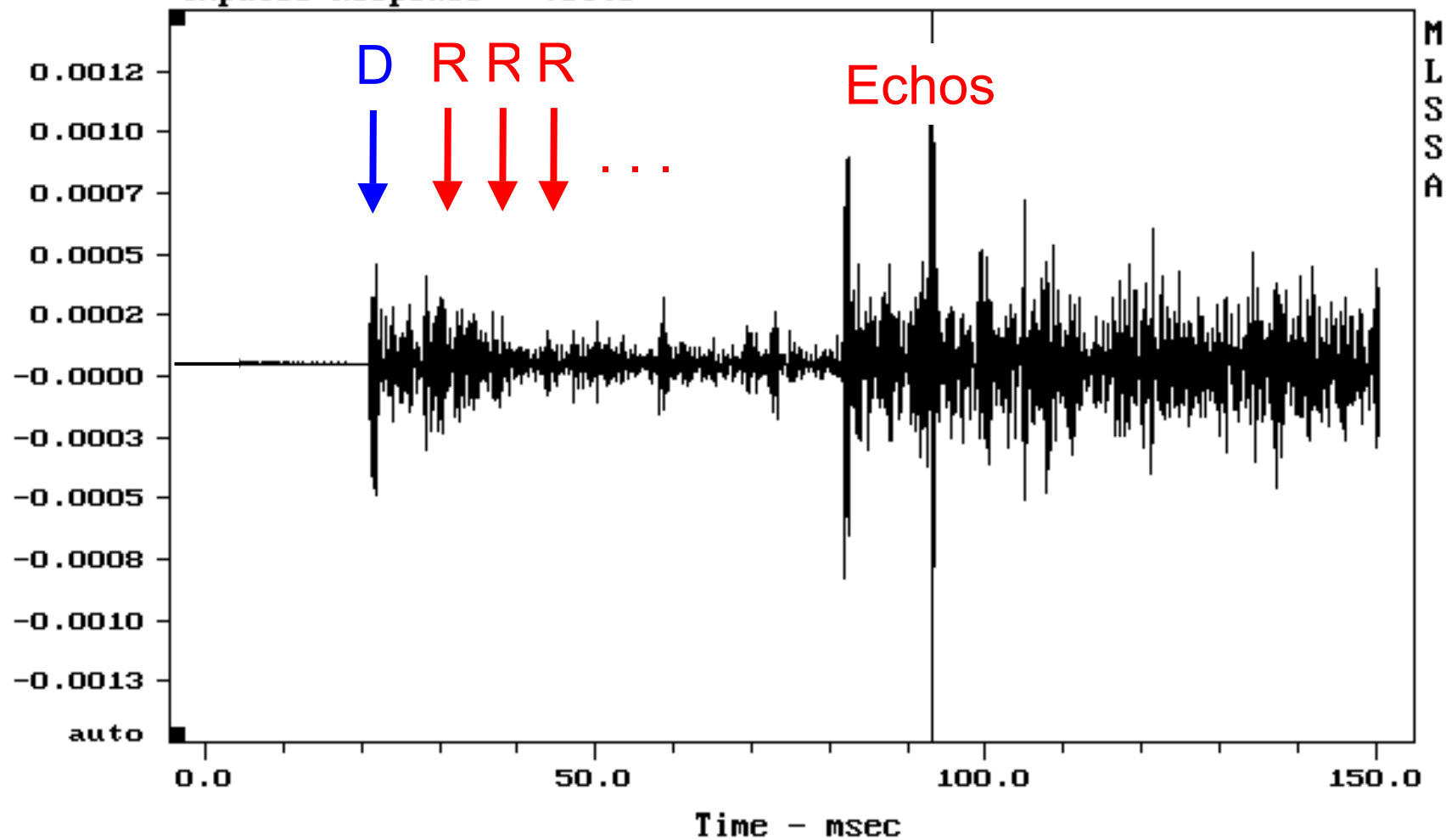
Raumimpulsantwort





File: C:\MLSSA\157225\ANT-M-11.TIM 3-7-95 2:35 PM

Impulse Response - volts



Beschallungsanlagen für Sprache 2001



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
c/o Suva Akustik, Luzern



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
Internet: www.sga-ssa.ch

Besch

Archite


Installations de sonorisation pour la parole


Recommandations
pour
les architectes et les Maîtres d'ouvrage

1ère édition, janvier 2001

→ www.sga-ssa.ch


Welches ist das Vorgehen bei
der Realisierung von
Beschallungsanlagen?

- 
- Pflichtenheft erstellen
 - Raumakustik abklären
 - Konzept der Anlage
 - Eventuell Probebeschallung
 - Ausschreibung
 - Vergleich der Offerten
 - Realisierung
 - Abnahme der Anlage

- 
- **Pflichtenheft erstellen**
 - Raumakustik abklären
 - Konzept der Anlage
 - Eventuell Probebeschallung
 - Ausschreibung
 - Vergleich der Offerten
 - Realisierung
 - Abnahme der Anlage

Rohgerüst Pflichtenheft Mehrzwecksaal

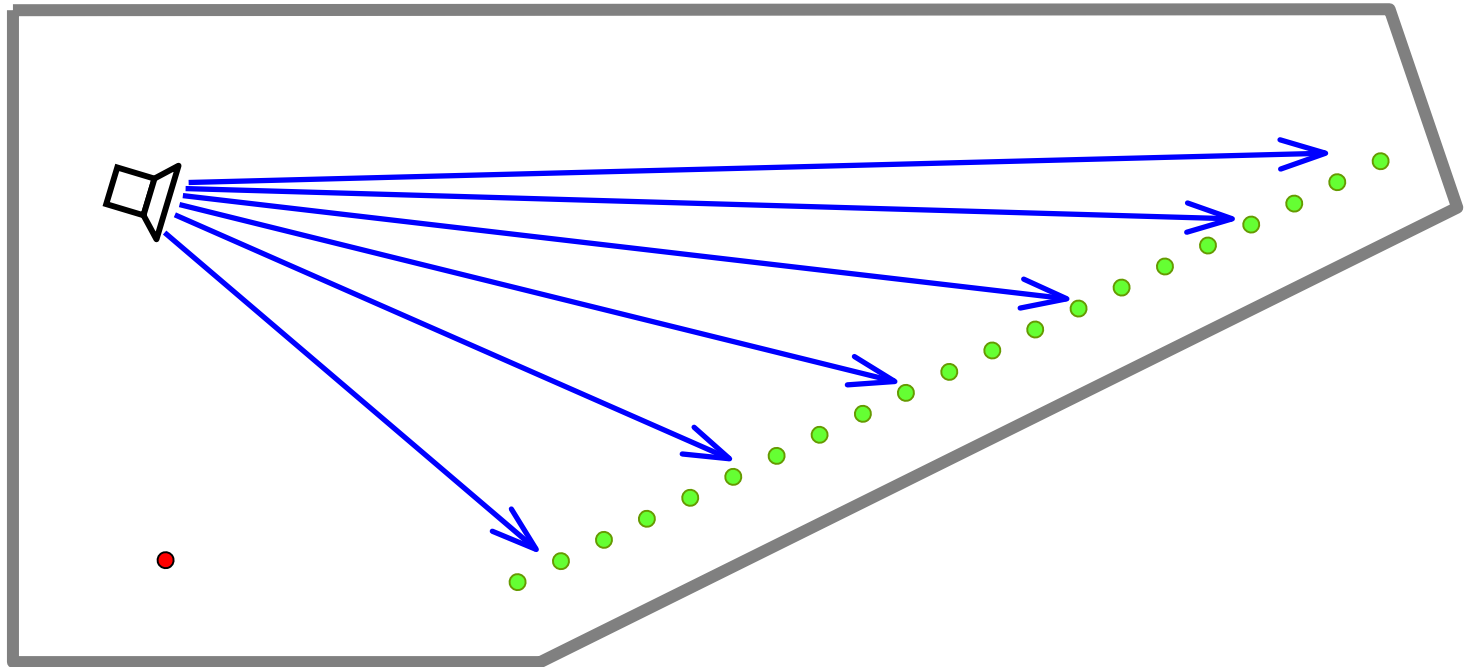
- Sprachbeschallung
 - Vorträge
 - Podiumsdiskussionen
 - Vereinsanlässe
 - Durchsagen
 - Ansagen bei Konzert
 - Theater
- Kino- und Dia-Vorführung
- Theatereffekte
- Musikberieselung

- 
- Pflichtenheft erstellen
 - **Raumakustik abklären**
 - Konzept der Anlage
 - Eventuell Probebeschallung
 - Ausschreibung
 - Vergleich der Offerten
 - Realisierung
 - Abnahme der Anlage

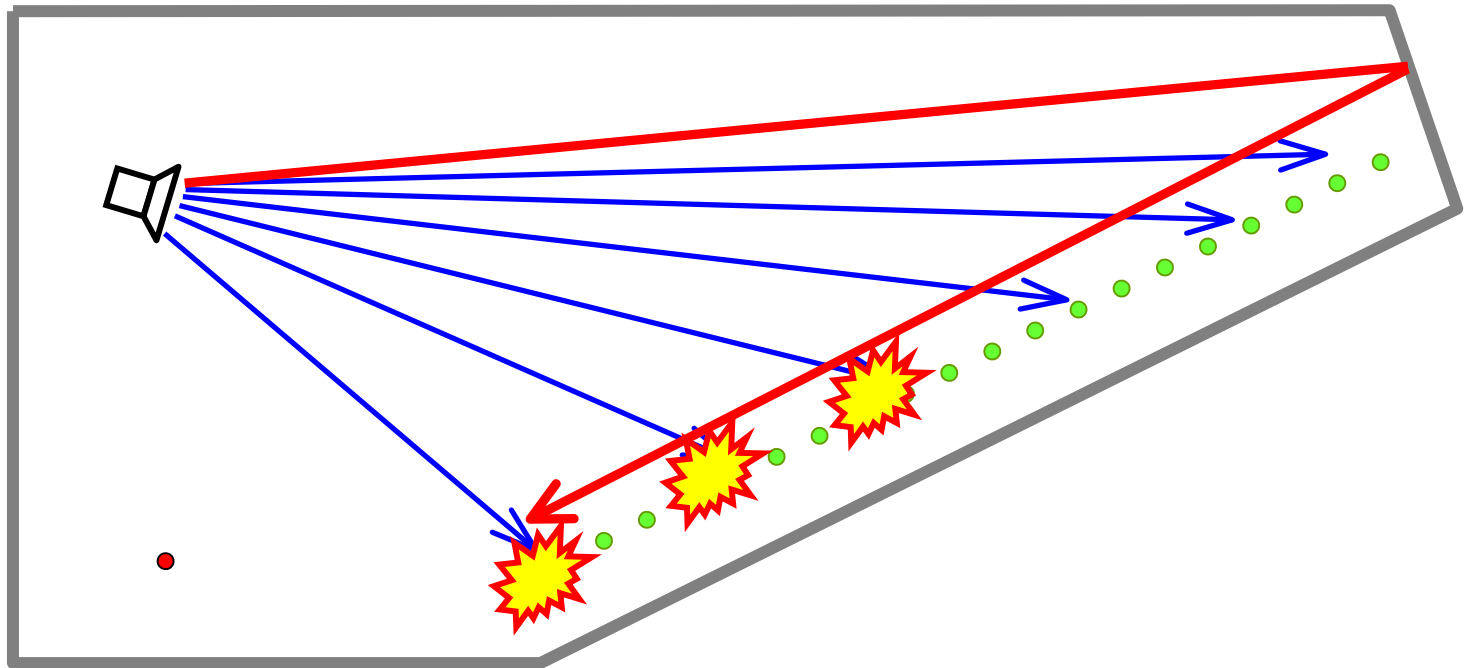
Raumakustik

- Nachhallzeit o.k.?
- Schädliche Reflexionen?
- Kenntnis der **raumakustischen Eckwerte** sind Vorbedingung für Dimensionierung der Beschallungsanlage

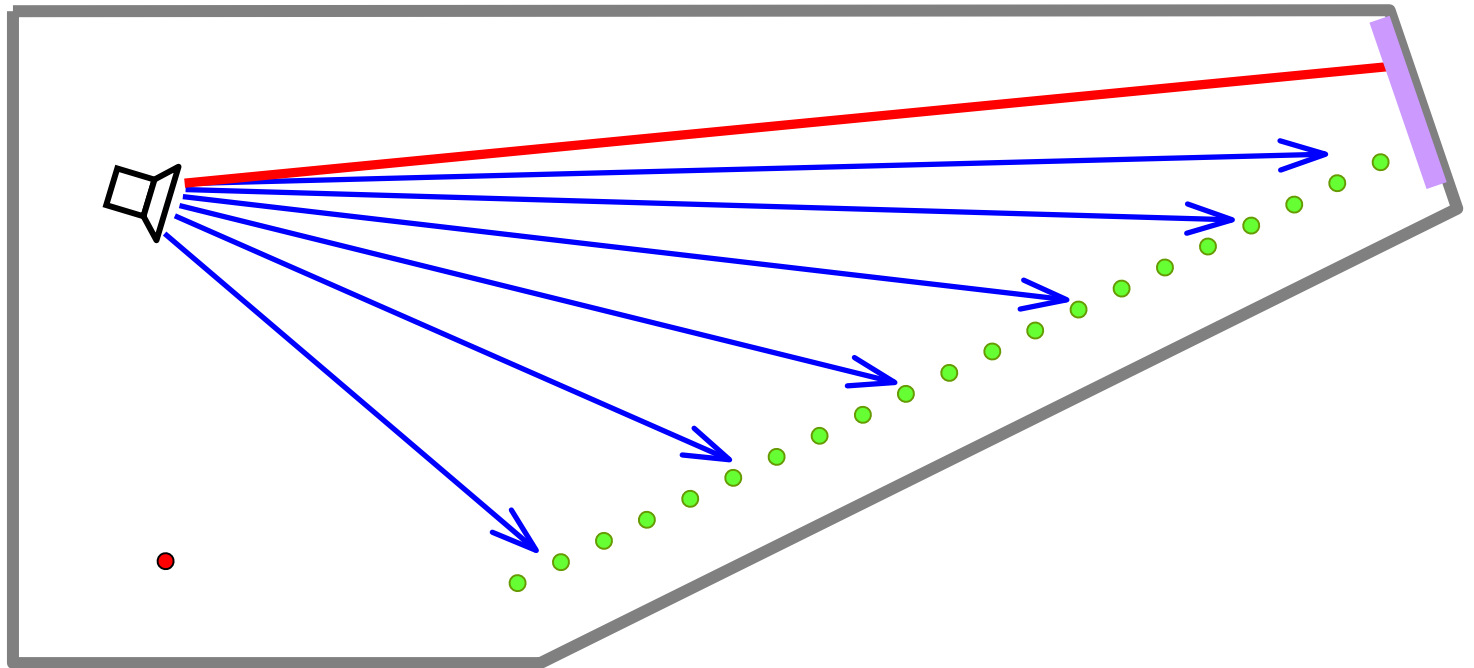
Beispiel Raumakustik



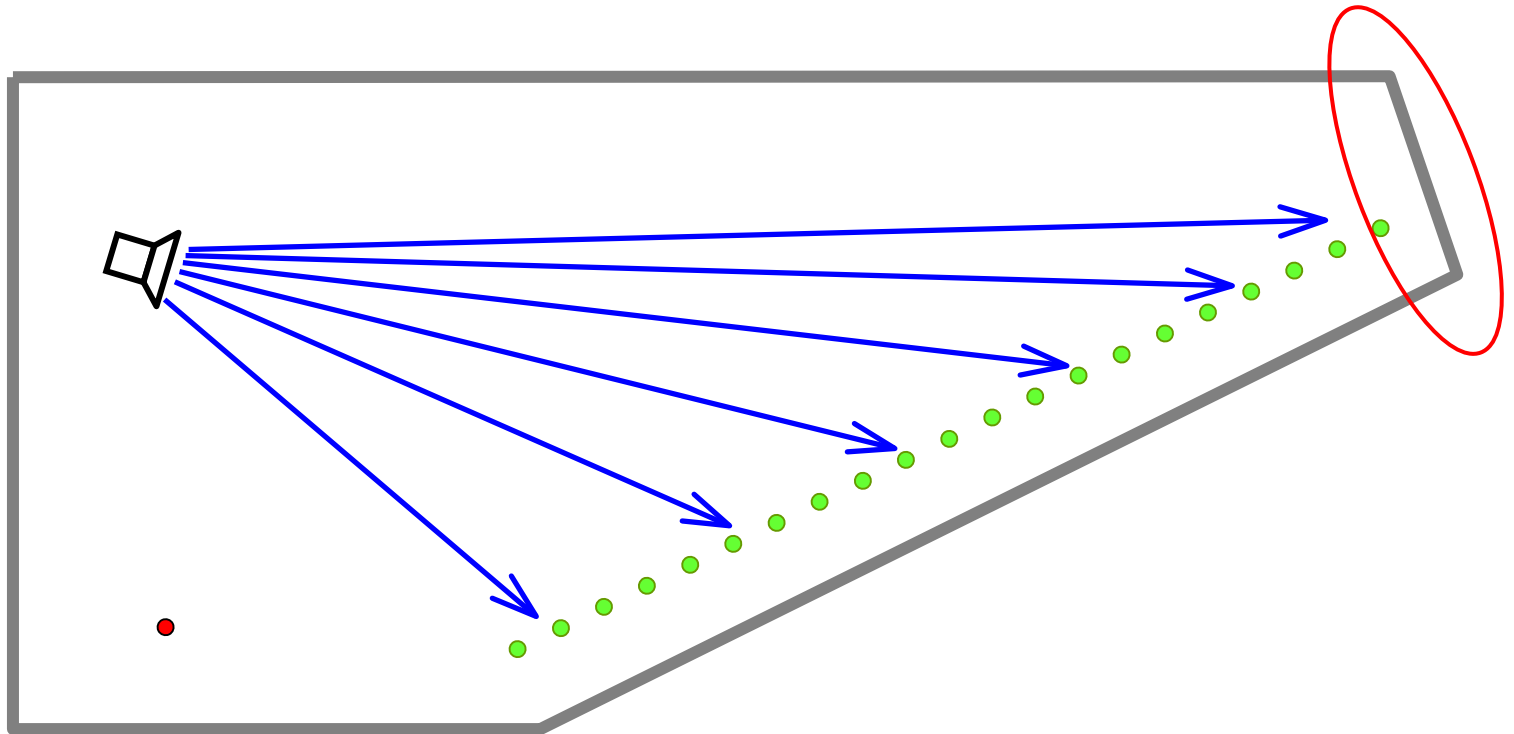
Beispiel Raumakustik



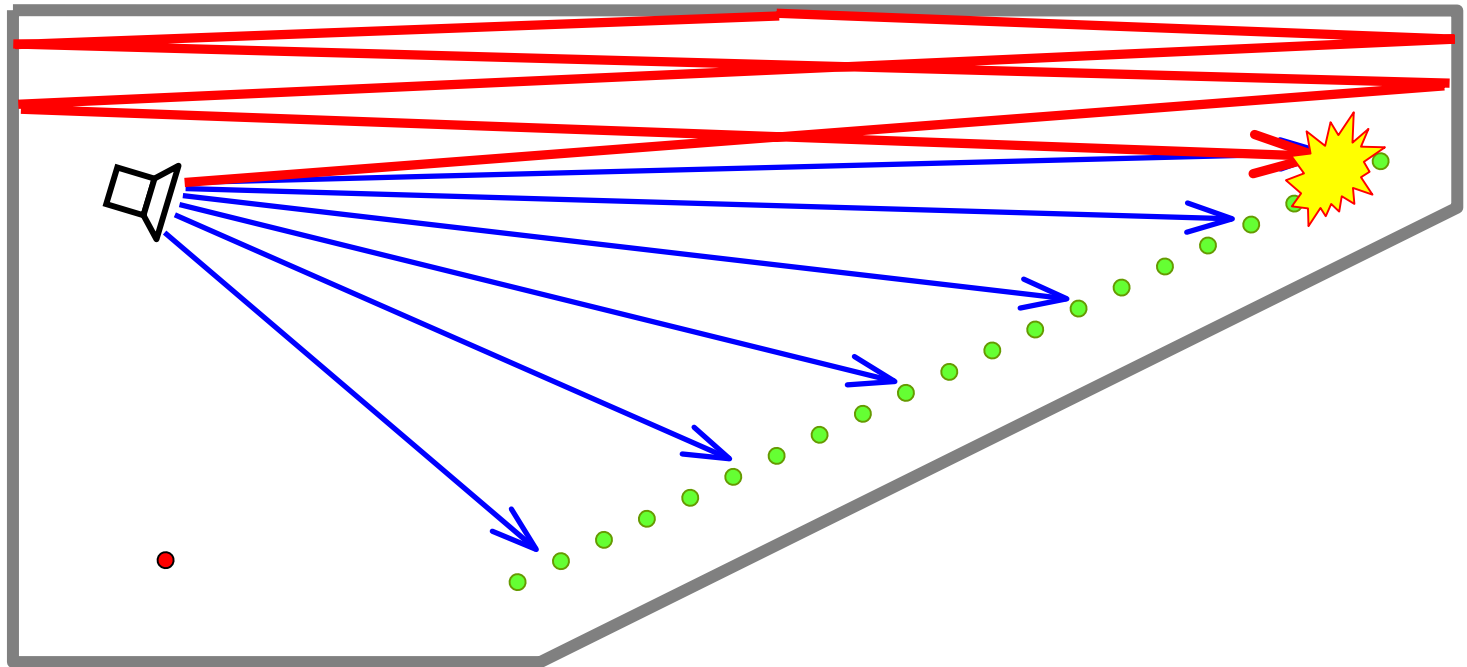
Beispiel Raumakustik



Beispiel Raumakustik



Beispiel Raumakustik



Schulzimmer, Vortragssaal, Theater Räume für Sprache

- Ziel: **Gute Sprachverständlichkeit**
- Volumen:
 - Klassenzimmer, etc.: **3 - 5 m³/Person**
 - Hörsäle, Kongressräume, Plenarsäle,
Sprechtheater: **4 - 6 m³/Person**
- Raumform: **optimale Lenkung des Schalls.**
- Nachhallzeit: je nach Raum **0.3 - 1.2 s**
- Störgeräusche: je nach Raum **< 30 - 35 dB(A)**

Raumakustik


DIN 18041 in Revision

- Grundregeln der alten Norm übernommen
- Kürzere Nachhallzeiten
- Angaben zum Störgeräusch
- Anforderungen an Beschallungsanlagen

Raumakustik

Raumakustische Untersuchung:

- Berechnung Nachhallzeiten mit Sabine-Formel
- Geometrische Untersuchungen
- Raumakustische Computer-Simulation


- 
- Pflichtenheft erstellen
 - Raumakustik abklären
 - **Konzept der Anlage**
 - Eventuell Probebeschallung
 - Ausschreibung
 - Vergleich der Offerten
 - Realisierung
 - Abnahme der Anlage

Konzept der Anlage

- Spezifikation der Lautsprecher
 - Richtcharakteristik
 - Bündelungsgrad
 - Leistung
 - Frequenzgang
- Anordnung und Ausrichtung der Lautsprecher
- Ansteuerung der Lautsprecher
- Blockdiagramm der Beschallungsanlage


Konzept der Anlage


- Spezifikation der notwendigen elektroakustischen Bausteine
- Beschreibung der Bedienung/Steuerung der Anlage
- Geometrie der Induktionsschleife der Höranlage für Hörbehinderte

- 
- Pflichtenheft erstellen
 - Raumakustik abklären
 - Konzept der Anlage
 - **Eventuell Probebeschallung**
 - Ausschreibung
 - Vergleich der Offerten
 - Realisierung
 - Abnahme der Anlage

Probebeschallung

- Begleitet von Messungen
- Visueller Eindruck abklären
- Urteil der Benutzer
- **Vorsicht** mit unsorgfältig geplanten Befragungen!

- 
- Pflichtenheft erstellen
 - Raumakustik abklären
 - Konzept der Anlage
 - Eventuell Probebeschallung
 - **Ausschreibung**
 - **Vergleich der Offerten**
 - **Realisierung**
 - Abnahme der Anlage

- 
- Pflichtenheft erstellen
 - Raumakustik abklären
 - Konzept der Anlage
 - Eventuell Probebeschallung
 - Ausschreibung
 - Vergleich der Offerten
 - Realisierung
 - **Abnahme der Anlage**

Wie wird eine maximale
Sprachverständlichkeit bei guter
Klangtreue und richtiger Ortung
der Originalquelle erreicht?

Beschallungsanlagen für Sprache

Anforderungen

Akustisch:

- Gute Sprachverständlichkeit
- Genügende Lautstärke, keine Rückkoppelung
- Gute Lautstärkeverteilung
- Angepasste Klangqualität
- Richtige Ortung

→ Richtlinien der SGA

Beschallungsanlagen für Sprache

Anforderungen

Nicht-Akustisch:

- Bedienung
- Betriebssicherheit
- Äussere Einflüsse
- Ästhetik
- Kosten

Grundprinzip der Sprachbeschallung

- Verbessern von Verhältnis
Direktschall / Diffusschall
- Erhöhen der Lautstärke

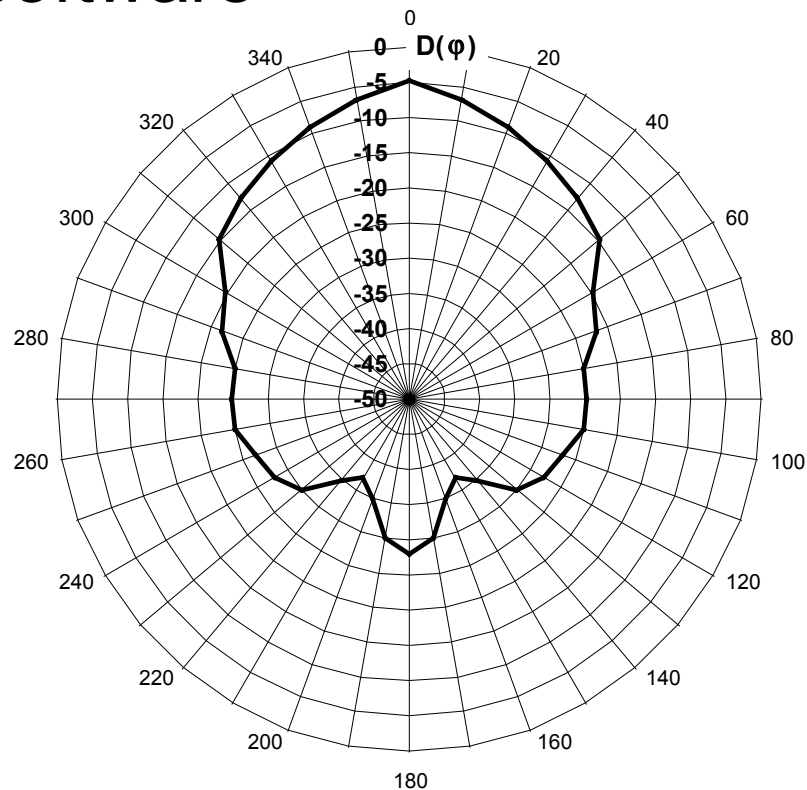
Lautsprecher?

Deutlichsprecher!!

→ Lautsprecher mit starker Richtwirkung

Richtwirkung von Lautsprecher

- Beurteilung auf Grund von Messdaten
- Spezifikation im Datenblatt / in Datenbanken von Simulationssoftware



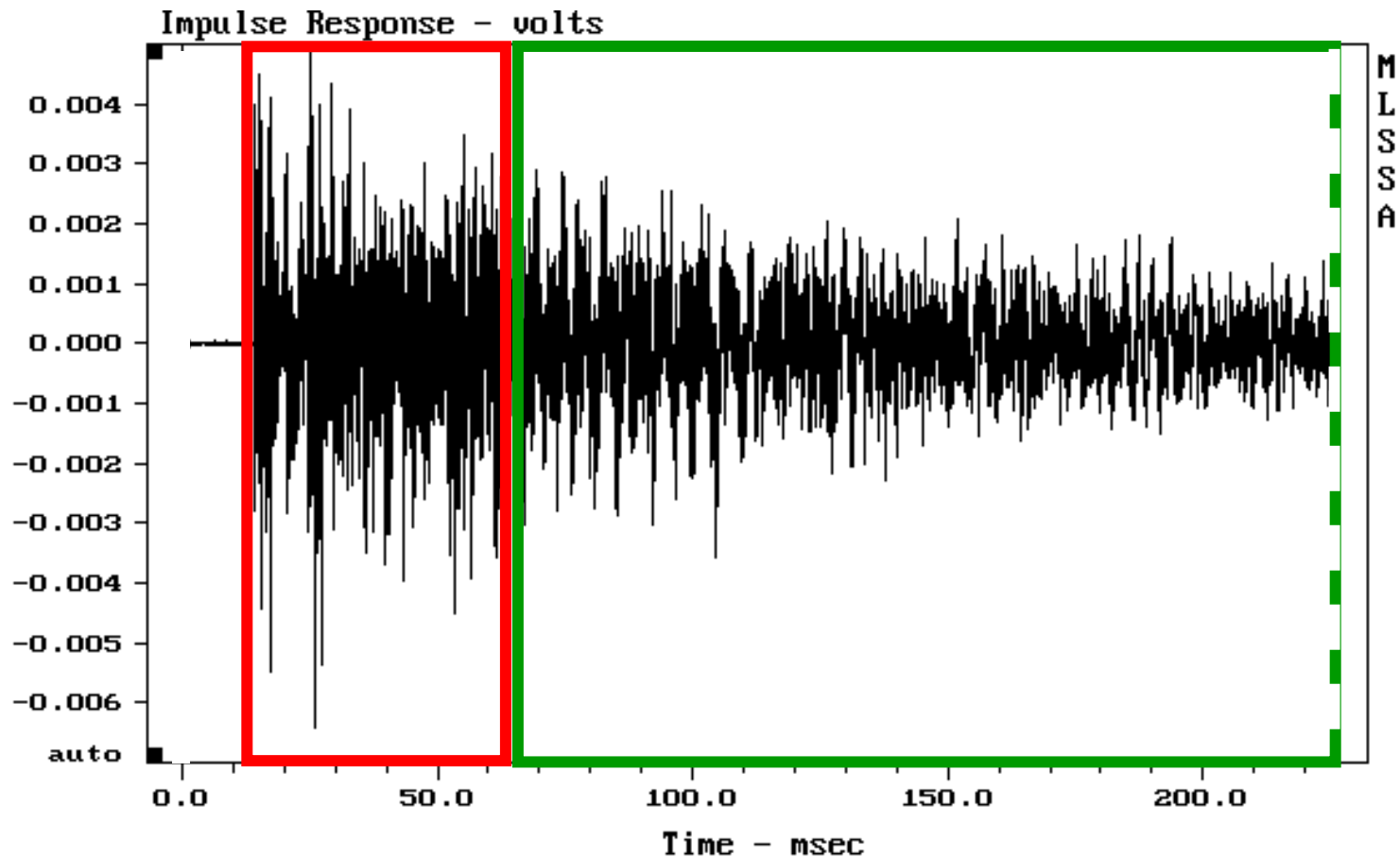
Ziel einer Beschallung für Sprache

Richtiges Verhältnis
Direktschall / Diffusschall

Ziel einer Beschallung für Sprache

Richtiges Verhältnis

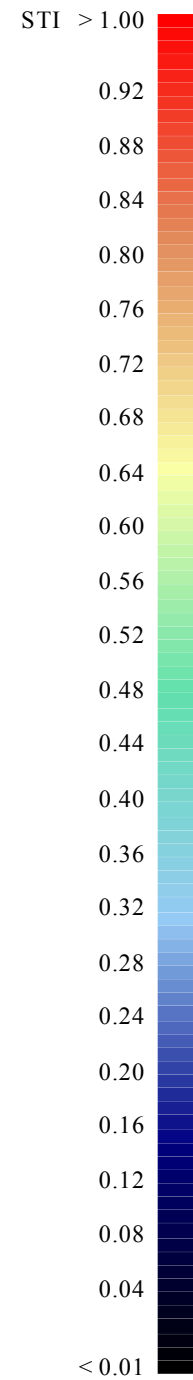
Direktschall / Diffusschall



Einfluss der Nachhallzeit

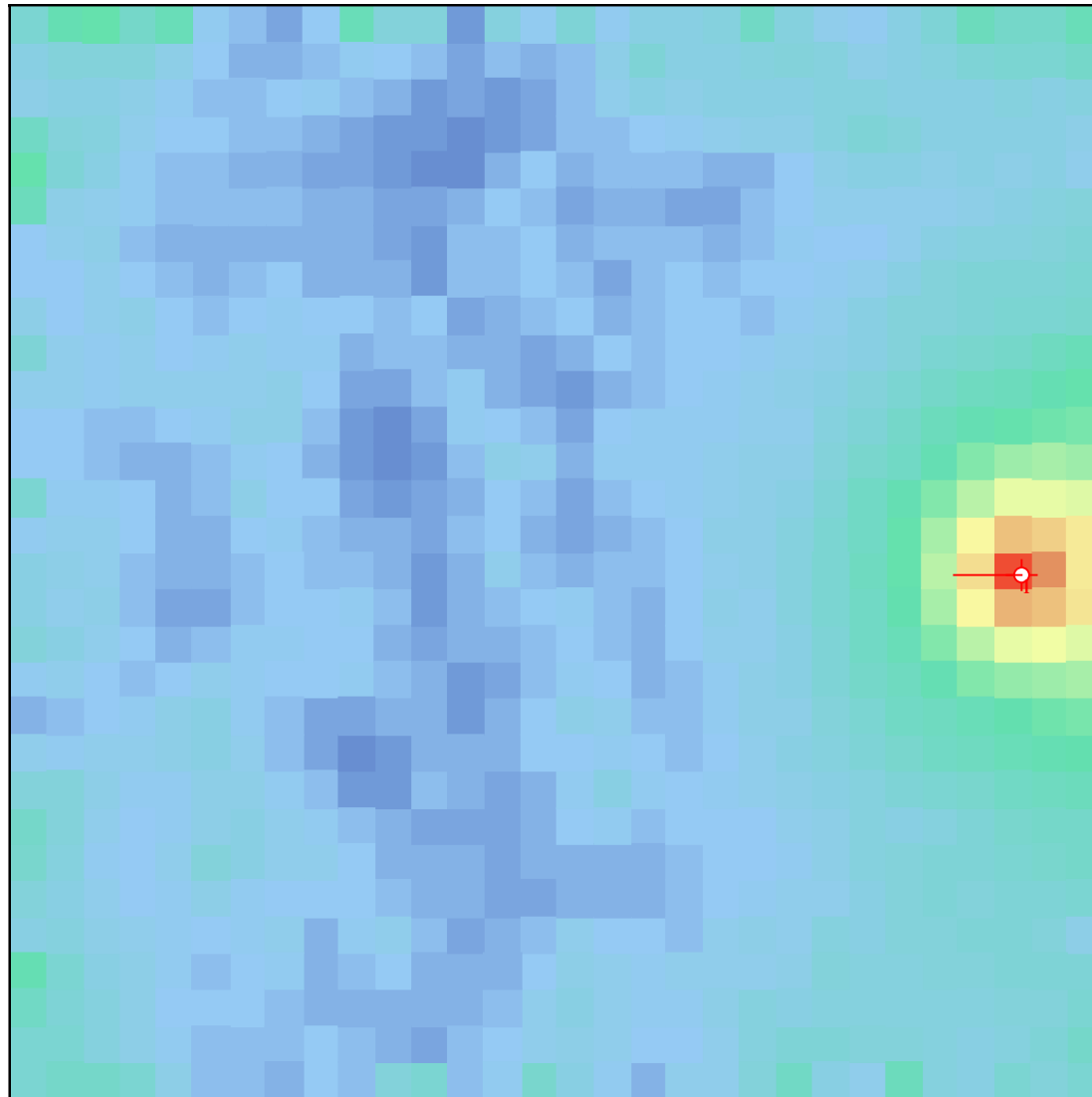
- je kürzer die Nachhallzeit um so besser die Sprachverständlichkeit

Speech Transmission Index STI



$T \approx 4 \text{ s}$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres

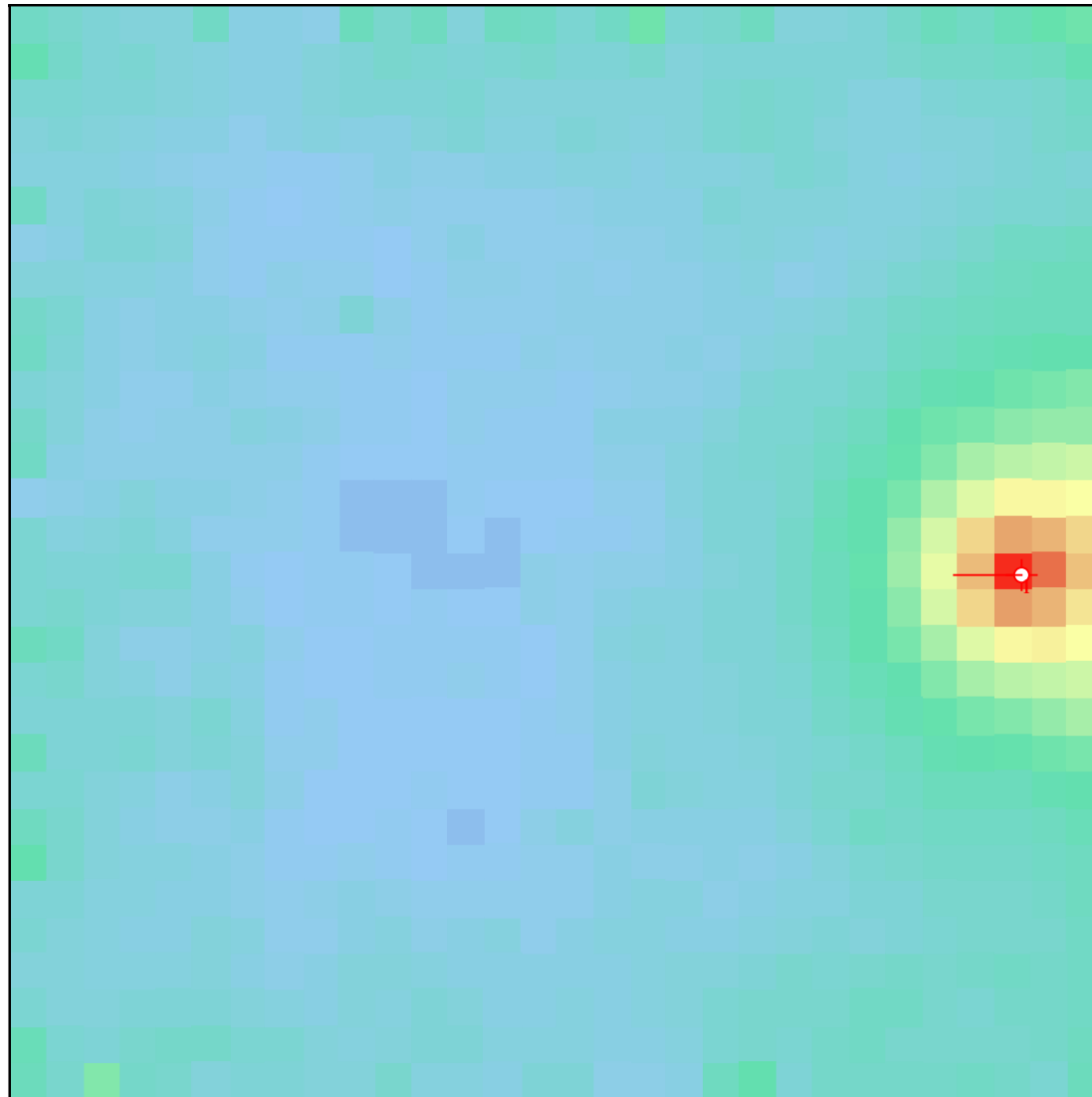


STI > 1.00

- 0.92
- 0.88
- 0.84
- 0.80
- 0.76
- 0.72
- 0.68
- 0.64
- 0.60
- 0.56
- 0.52
- 0.48
- 0.44
- 0.40
- 0.36
- 0.32
- 0.28
- 0.24
- 0.20
- 0.16
- 0.12
- 0.08
- 0.04
- < 0.01

$T \approx 3 \text{ s}$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 1.00

0.92

0.88

0.84

0.80

0.76

0.72

0.68

0.64

0.60

0.56

0.52

0.48

0.44

0.40

0.36

0.32

0.28

0.24

0.20

0.16

0.12

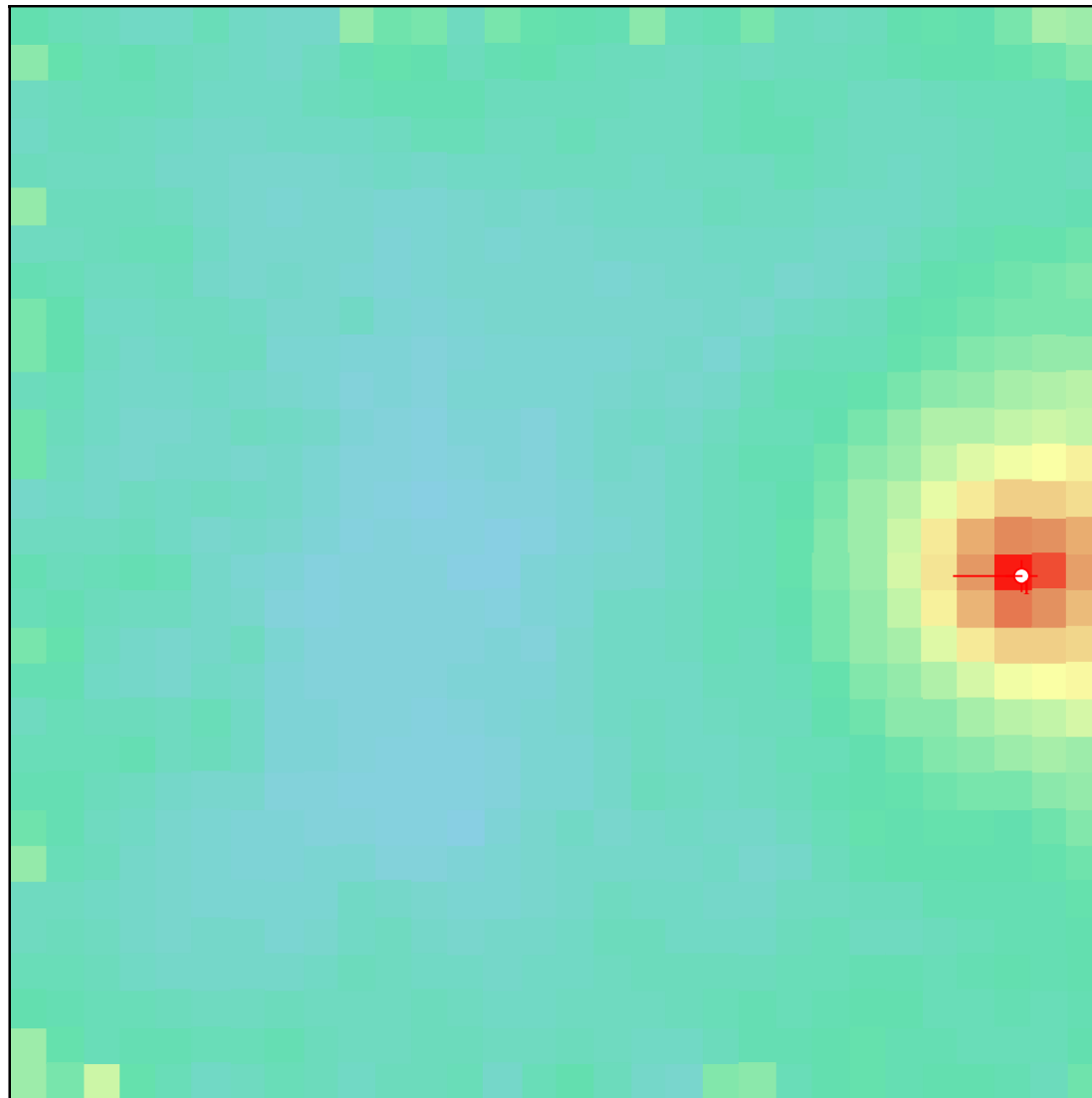
0.08

0.04

< 0.01

$T \approx 2 \text{ s}$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 1.00

0.92

0.88

0.84

0.80

0.76

0.72

0.68

0.64

0.60

0.56

0.52

0.48

0.44

0.40

0.36

0.32

0.28

0.24

0.20

0.16

0.12

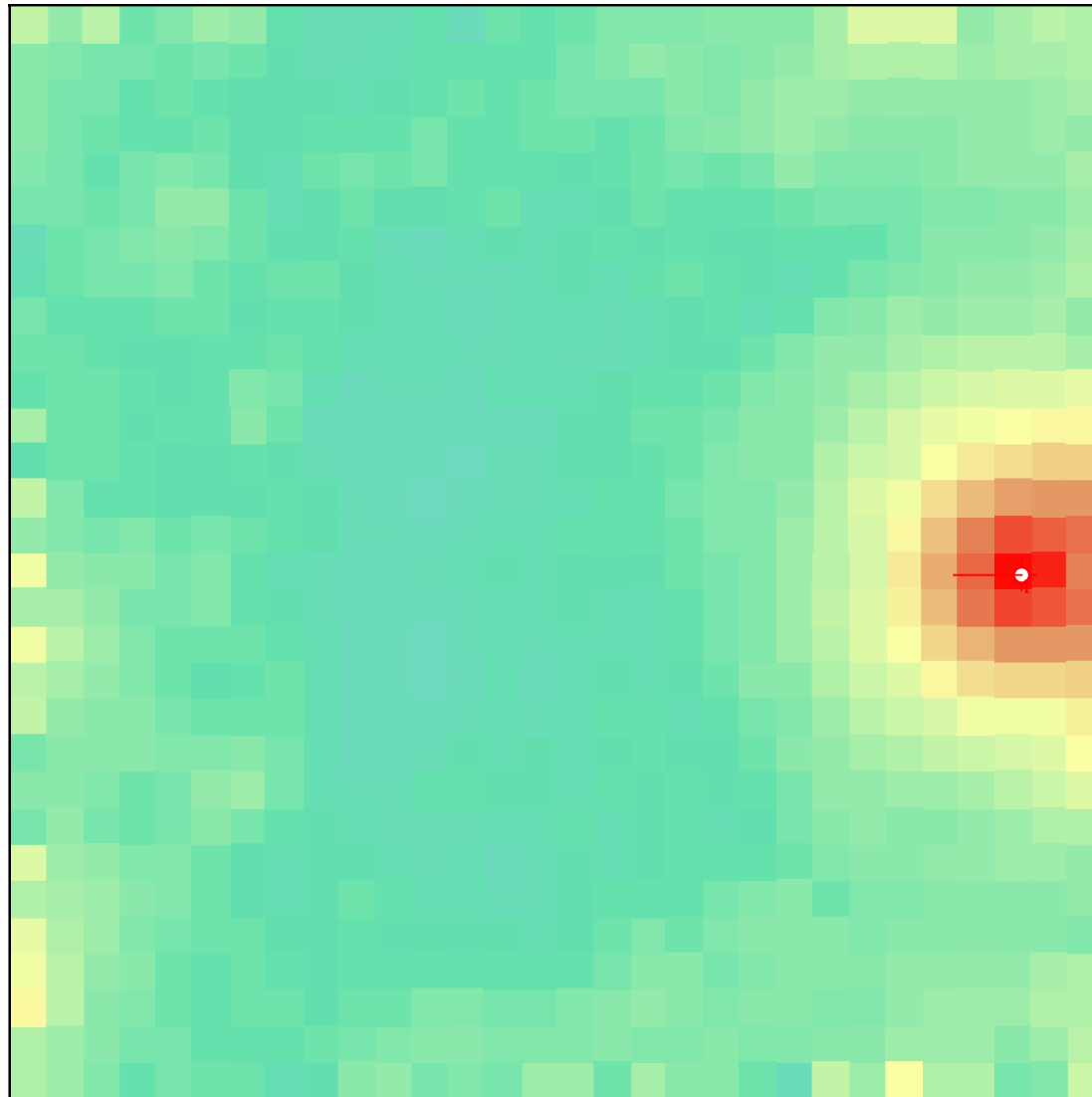
0.08

0.04

< 0.01

$T \approx 1.5 \text{ s}$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 1.00

0.92

0.88

0.84

0.80

0.76

0.72

0.68

0.64

0.60

0.56

0.52

0.48

0.44

0.40

0.36

0.32

0.28

0.24

0.20

0.16

0.12

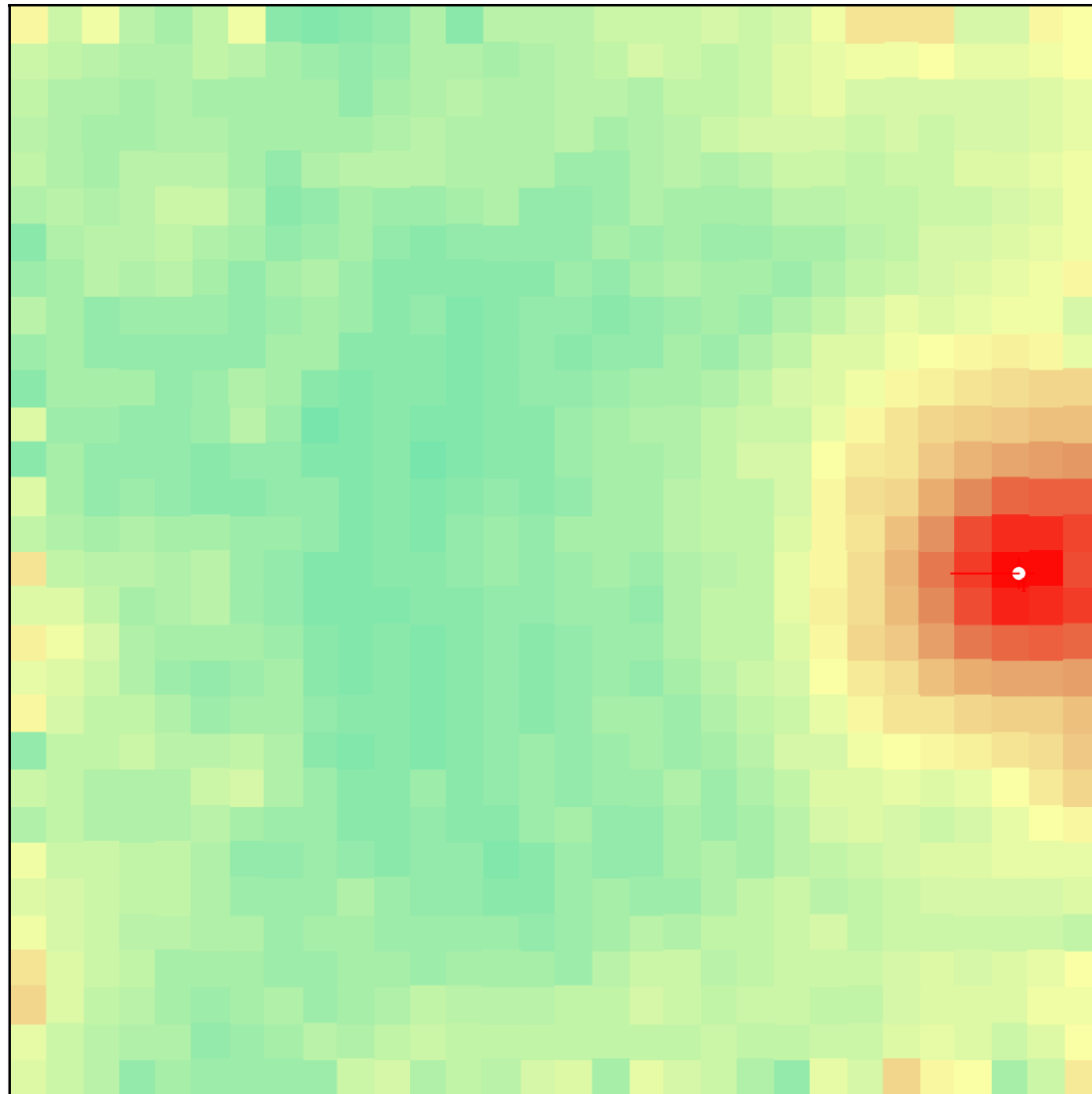
0.08

0.04

< 0.01

$T \approx 1 \text{ s}$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 1.00

0.92

0.88

0.84

0.80

0.76

0.72

0.68

0.64

0.60

0.56

0.52

0.48

0.44

0.40

0.36

0.32

0.28

0.24

0.20

0.16

0.12

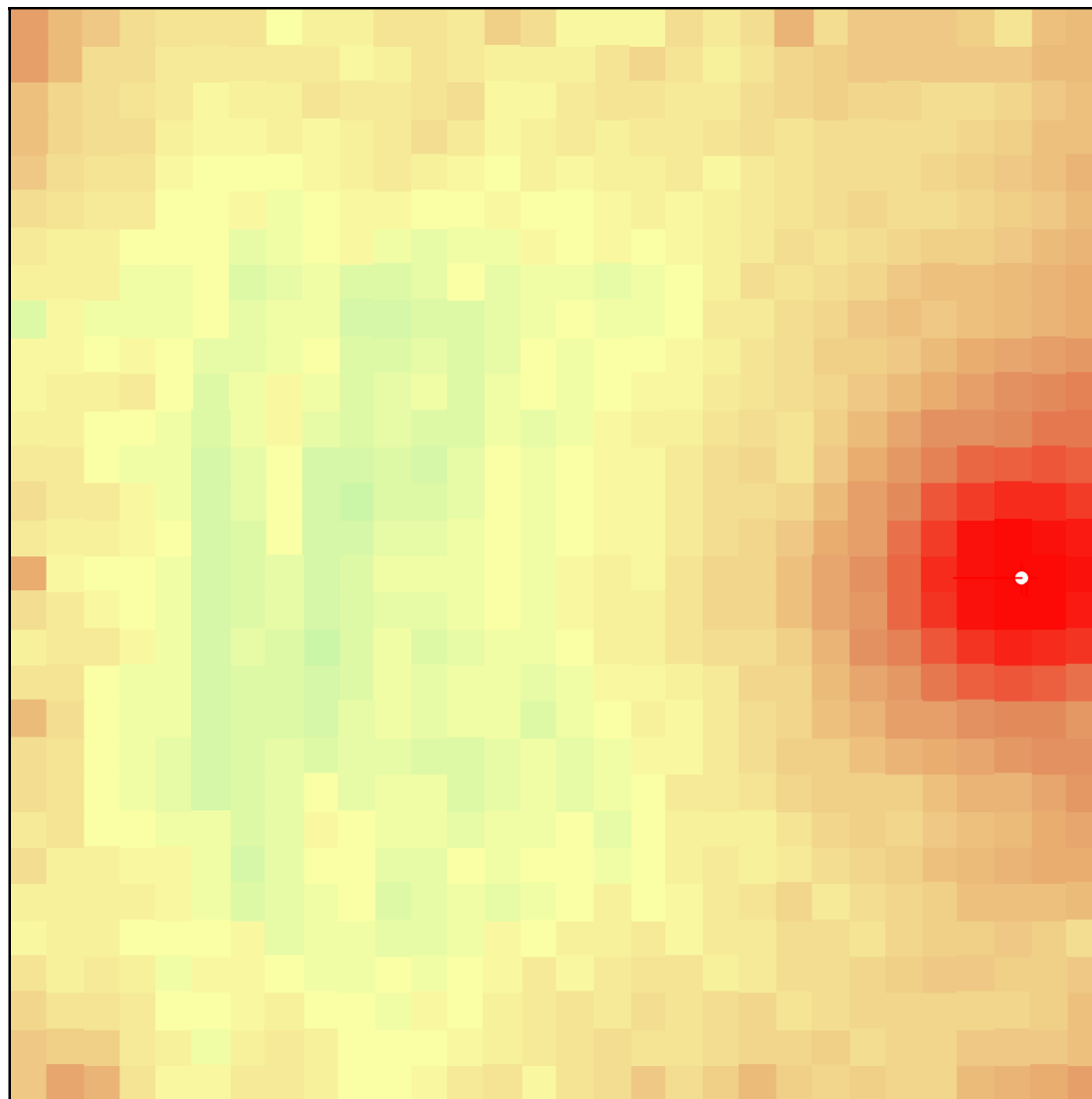
0.08

0.04

< 0.01

$T \approx 0.8 \text{ s}$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 1.00

0.92

0.88

0.84

0.80

0.76

0.72

0.68

0.64

0.60

0.56

0.52

0.48

0.44

0.40

0.36

0.32

0.28

0.24

0.20

0.16

0.12

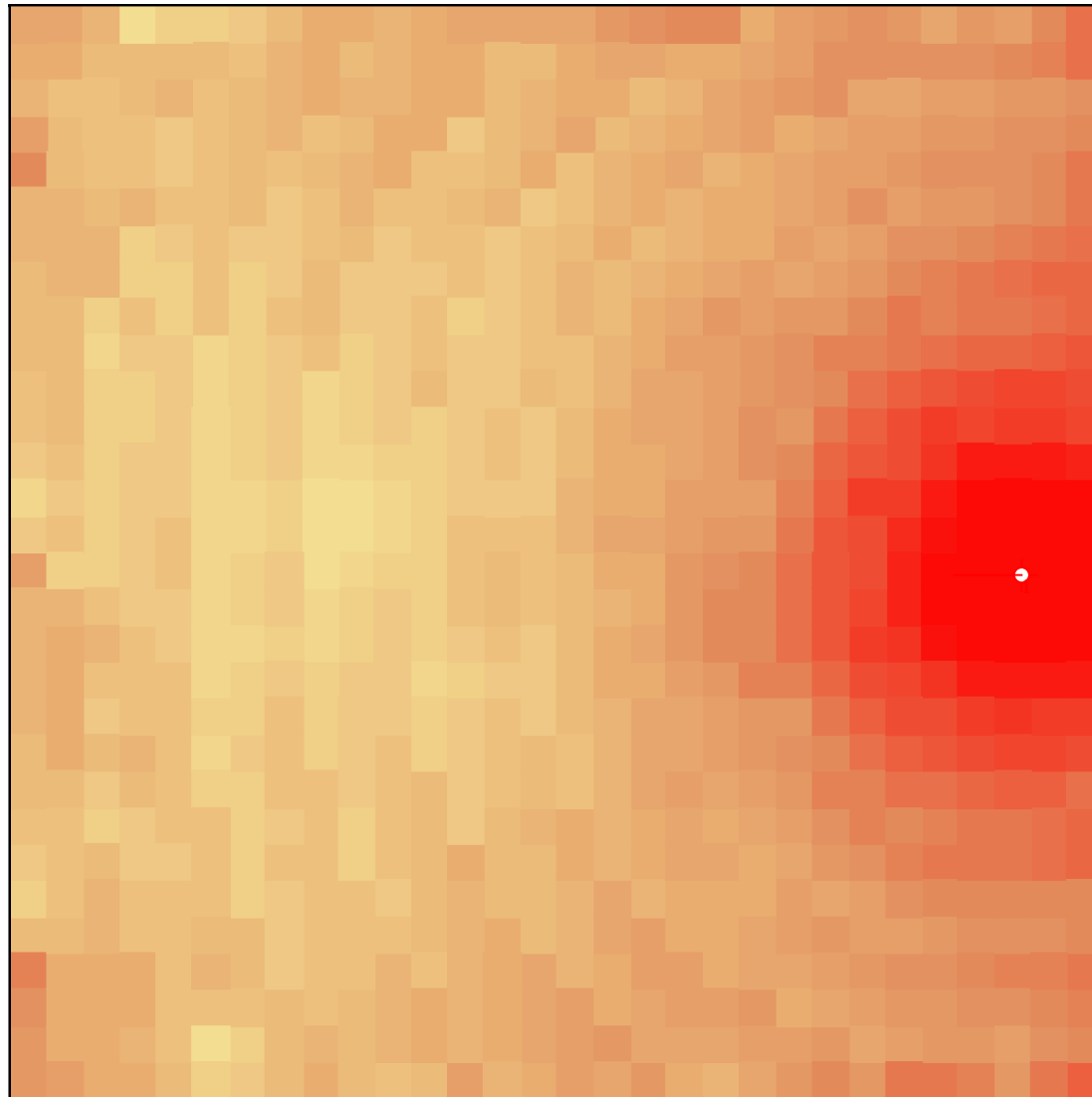
0.08

0.04

< 0.01

$T \approx 0.6 \text{ s}$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 1.00

0.92

0.88

0.84

0.80

0.76

0.72

0.68

0.64

0.60

0.56

0.52

0.48

0.44

0.40

0.36

0.32

0.28

0.24

0.20

0.16

0.12

0.08

0.04

< 0.01

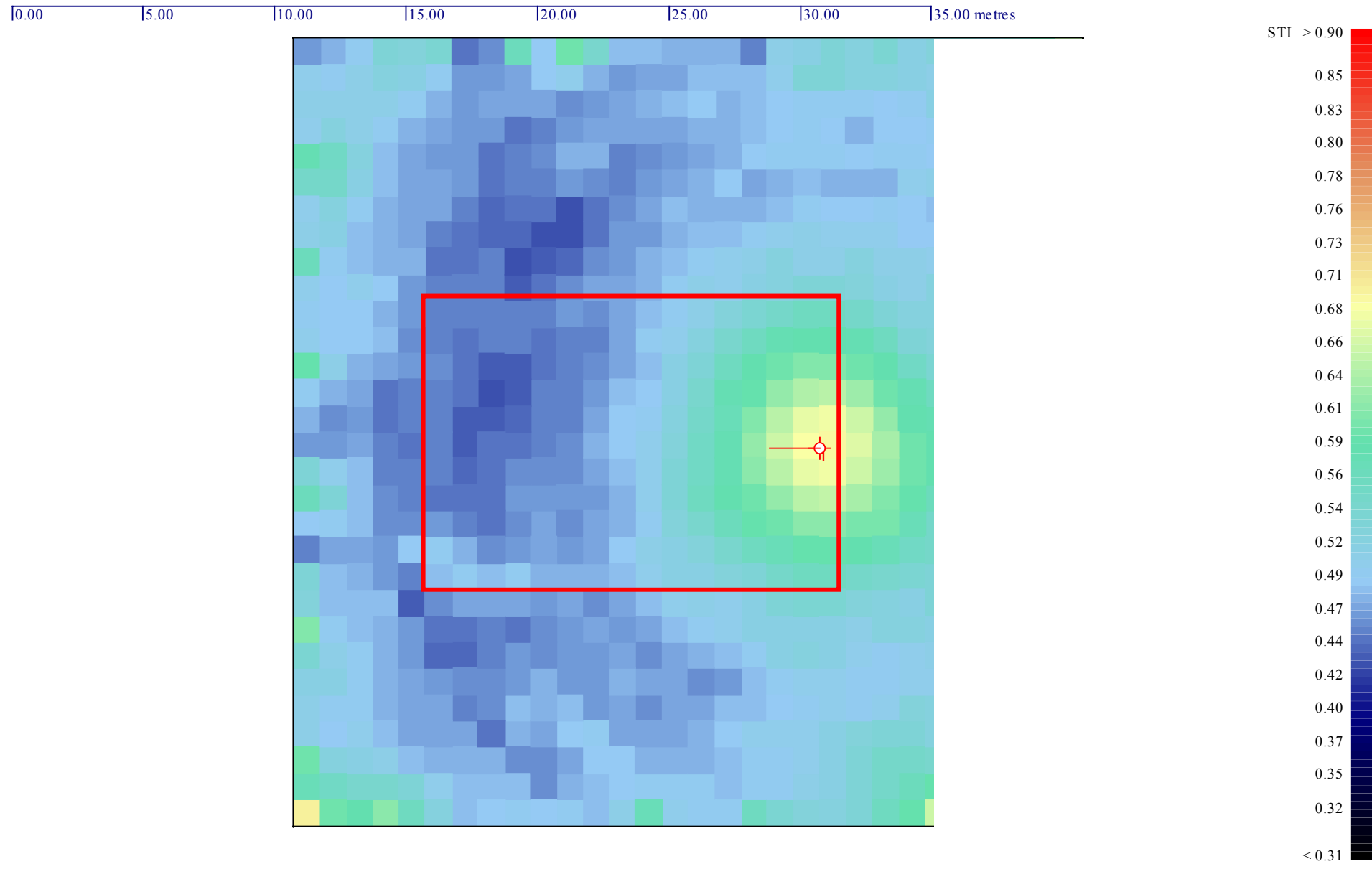
Einfluss der Richtcharakteristik

- Je besser der Lautsprecher den Schall bündelt,
um so besser ist die Sprachverständlichkeit im Zielbereich



$T \approx 1.5$ s

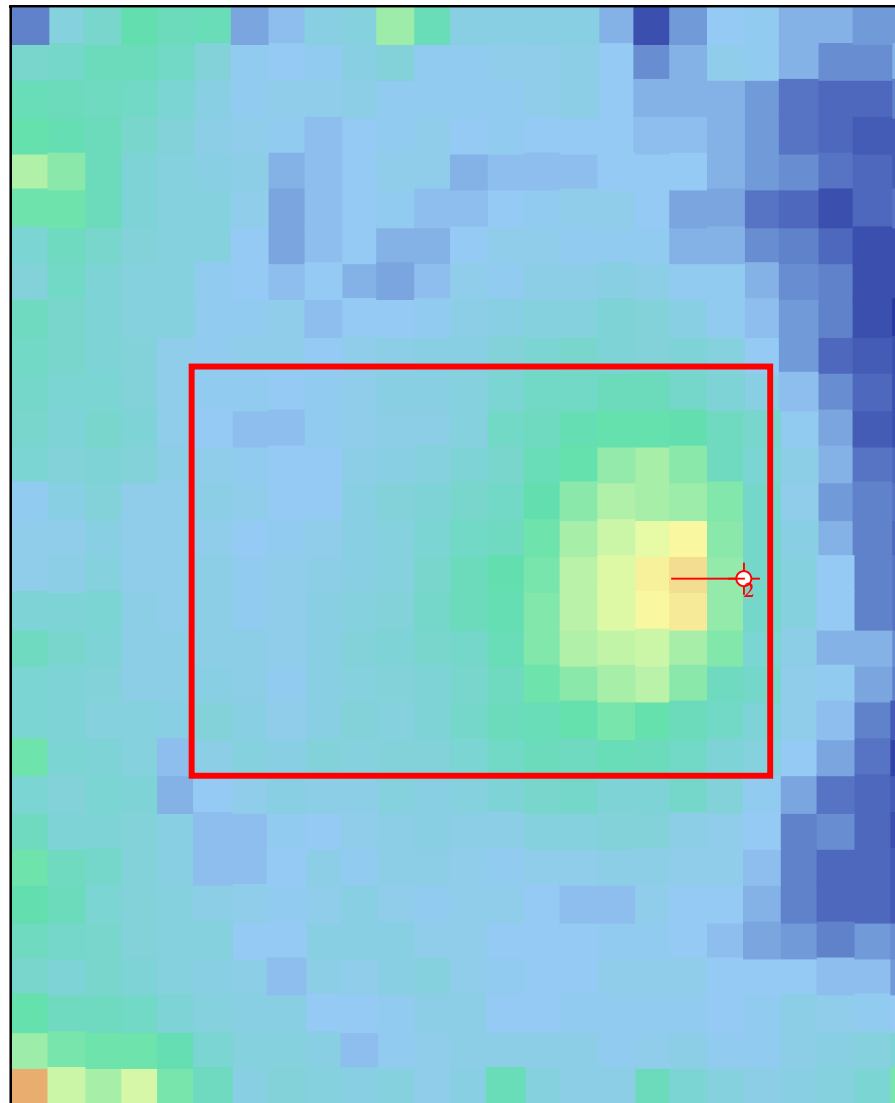
Lautsprecher = Rundstahler



$T \approx 1.5$ s

Lautsprecher 1

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 0.90

0.85

0.83

0.80

0.78

0.76

0.73

0.71

0.68

0.66

0.64

0.61

0.59

0.56

0.54

0.52

0.49

0.47

0.44

0.42

0.40

0.37

0.35

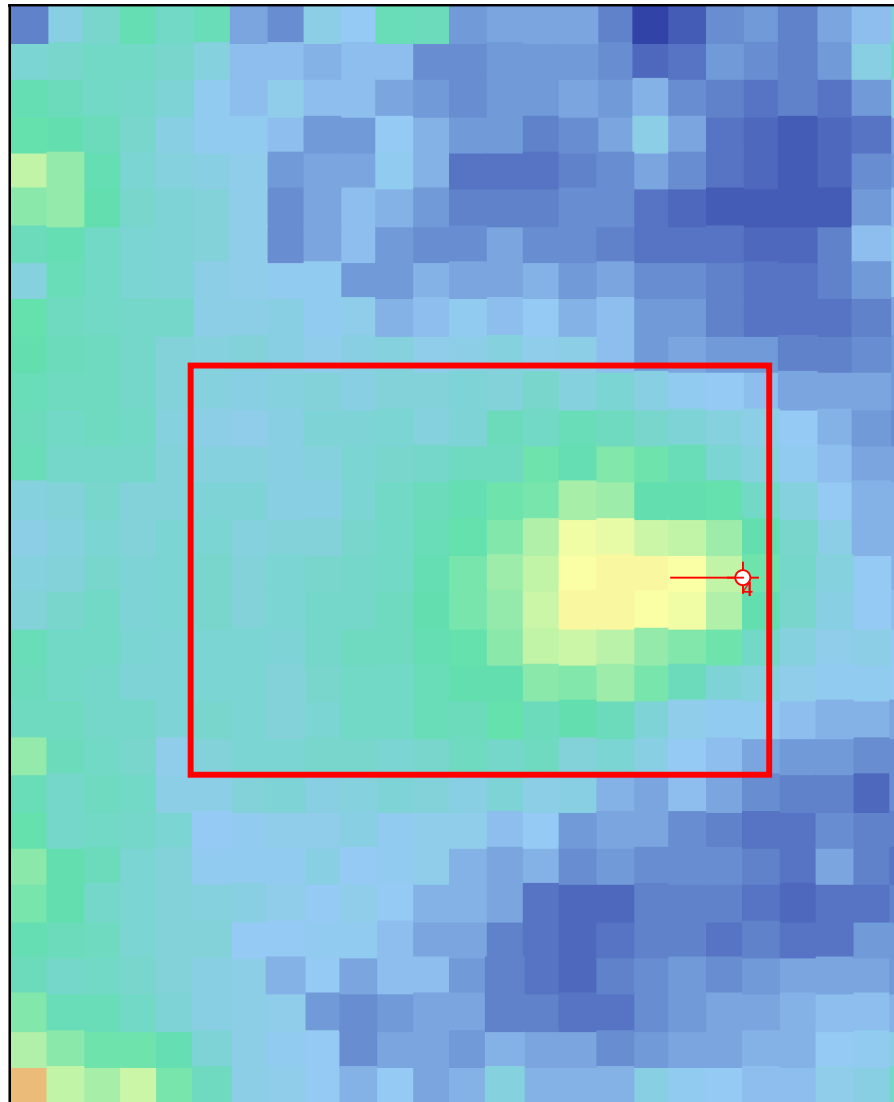
0.32

< 0.31

$T \approx 1.5$ s

Lautsprecher 2

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 0.90

0.85

0.83

0.80

0.78

0.76

0.73

0.71

0.68

0.66

0.64

0.61

0.59

0.56

0.54

0.52

0.49

0.47

0.44

0.42

0.40

0.37

0.35

0.32

< 0.31

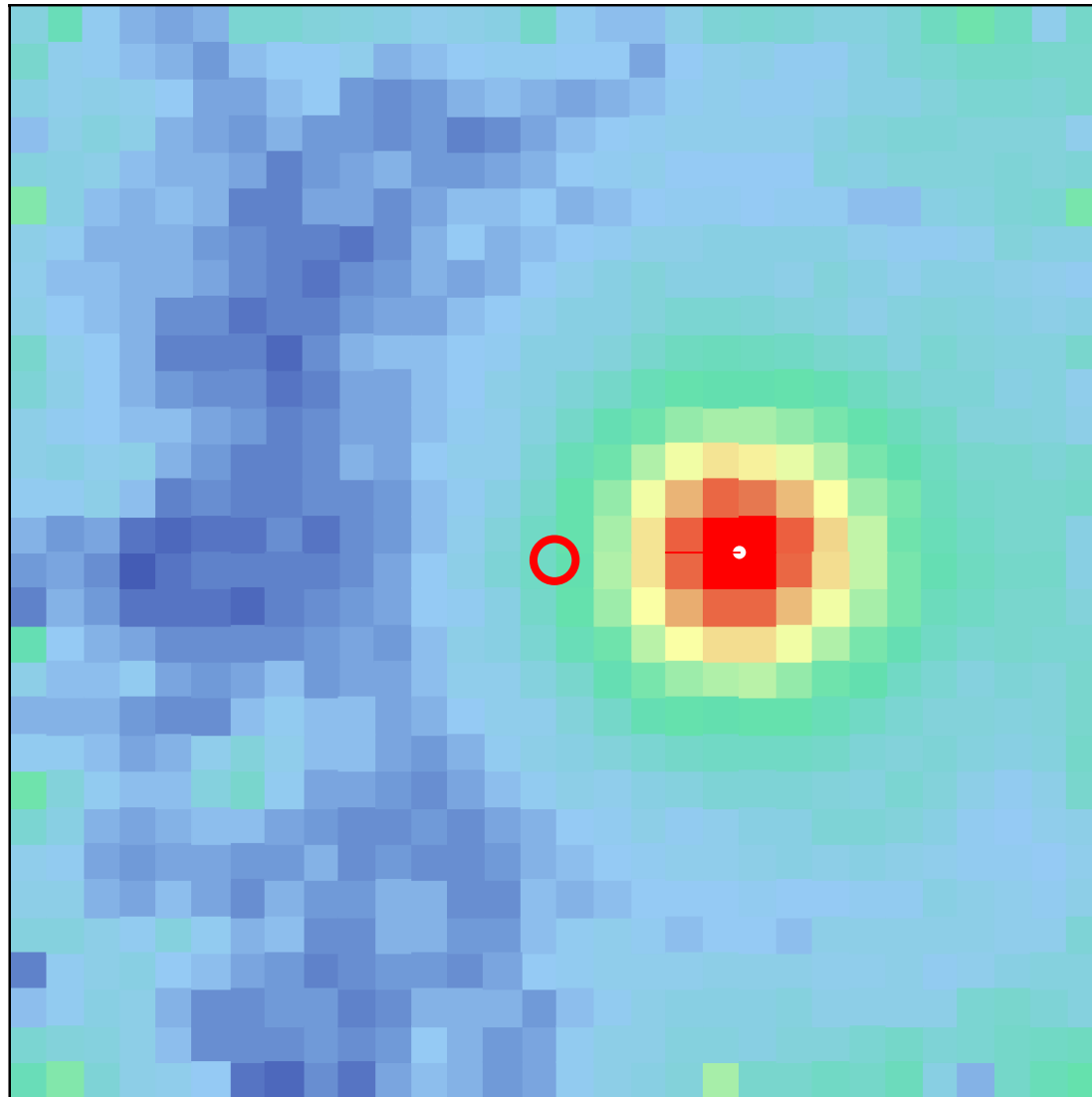
Einfluss der Anzahl Lautsprecher

- Je grösser die Anzahl Lautsprecher, um so stärker das Diffusfeld

$T \approx 1.5 \text{ s}$

1 Lautsprecher (Rundstahler)

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 0.90

0.85

0.83

0.80

0.78

0.76

0.73

0.71

0.68

0.66

0.64

0.61

0.59

0.56

0.54

0.52

0.49

0.47

0.44

0.42

0.40

0.37

0.35

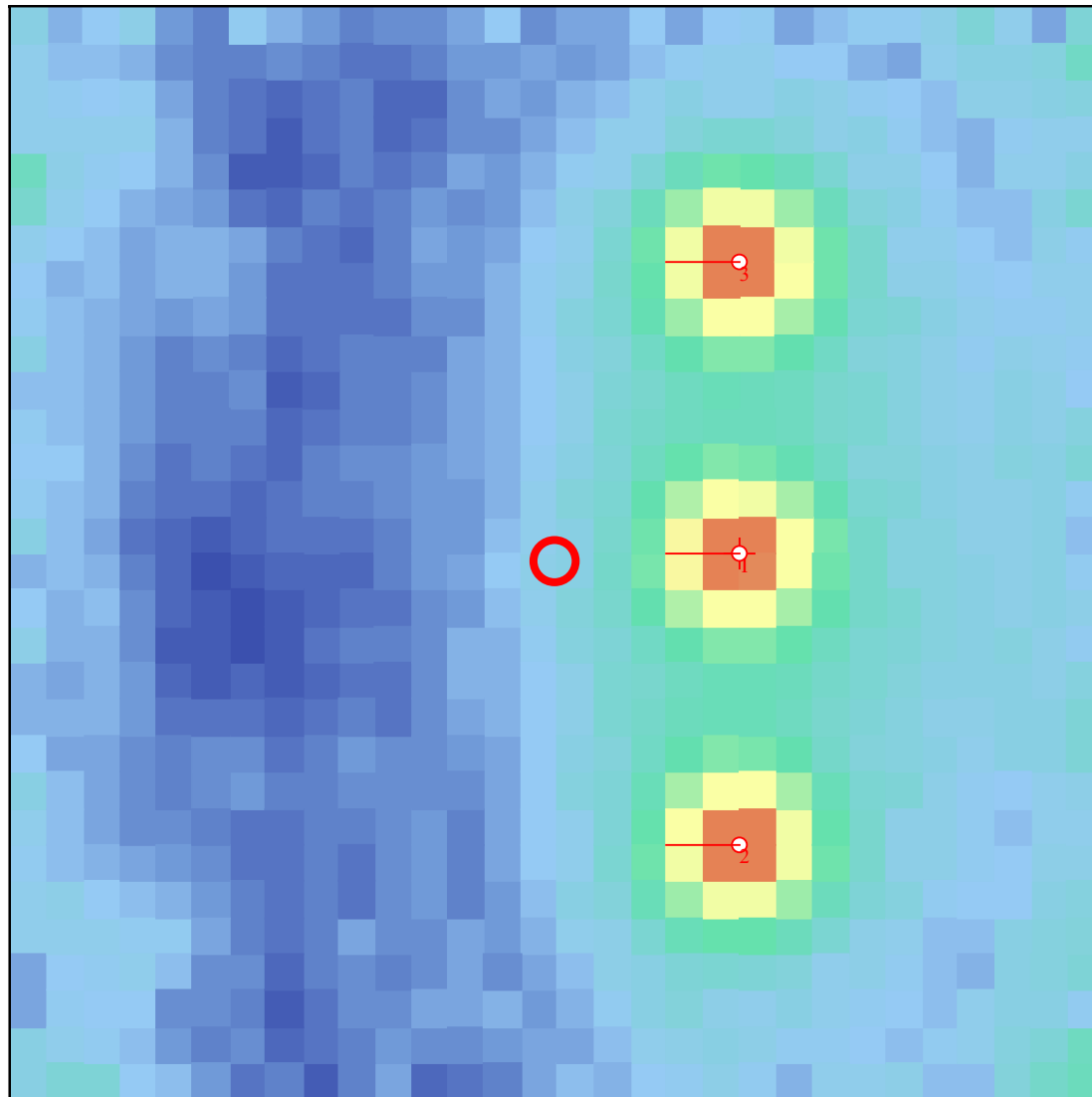
0.32

< 0.31

$T \approx 1.5$ s

3 Lautsprecher (Rundstahler)

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 0.90

0.85

0.83

0.80

0.78

0.76

0.73

0.71

0.68

0.66

0.64

0.61

0.59

0.56

0.54

0.52

0.49

0.47

0.44

0.42

0.40

0.37

0.35

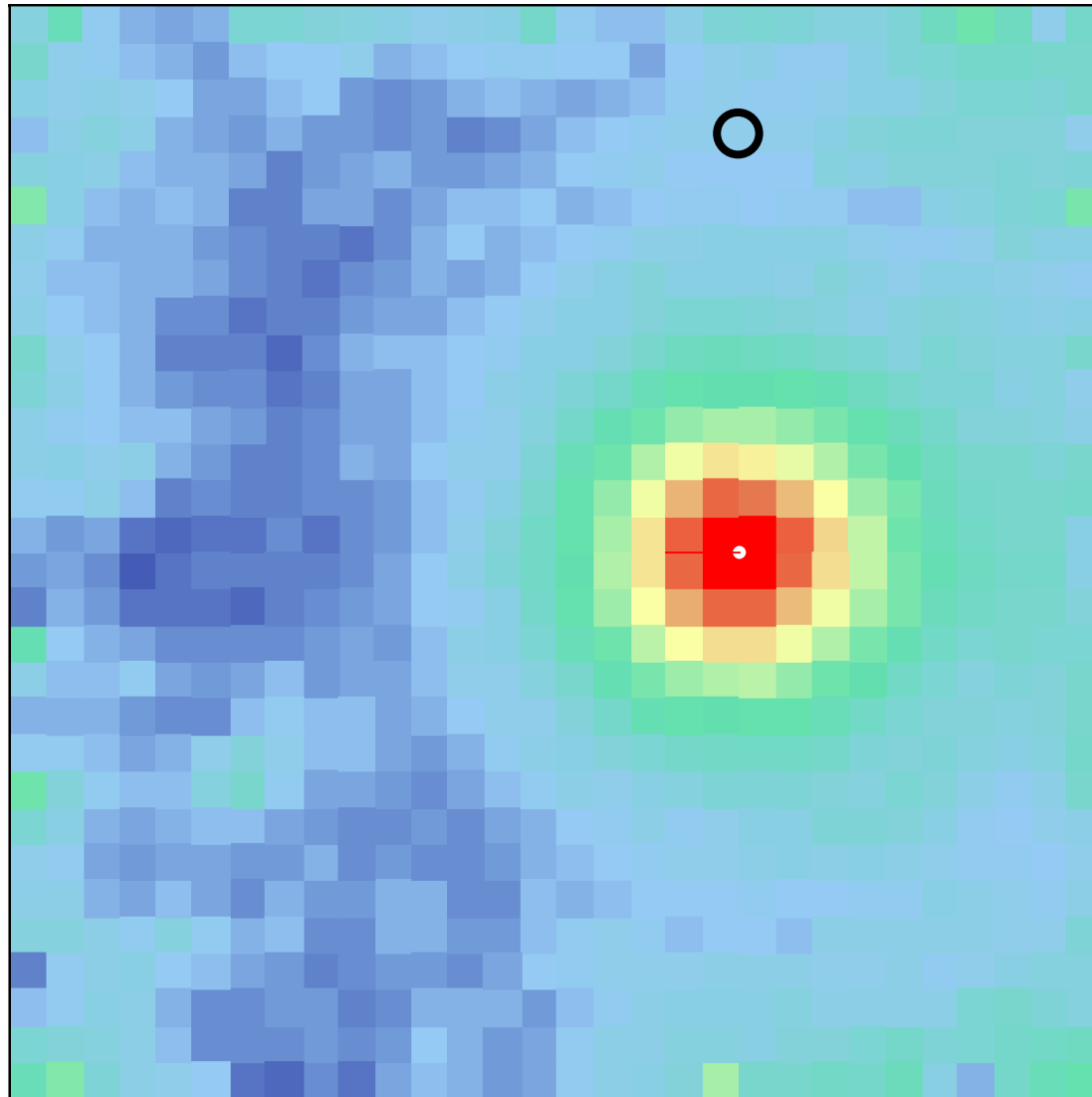
0.32

< 0.31

$T \approx 1.5 \text{ s}$

1 Lautsprecher (Rundstahler)

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 0.90

0.85

0.83

0.80

0.78

0.76

0.73

0.71

0.68

0.66

0.64

0.61

0.59

0.56

0.54

0.52

0.49

0.47

0.44

0.42

0.40

0.37

0.35

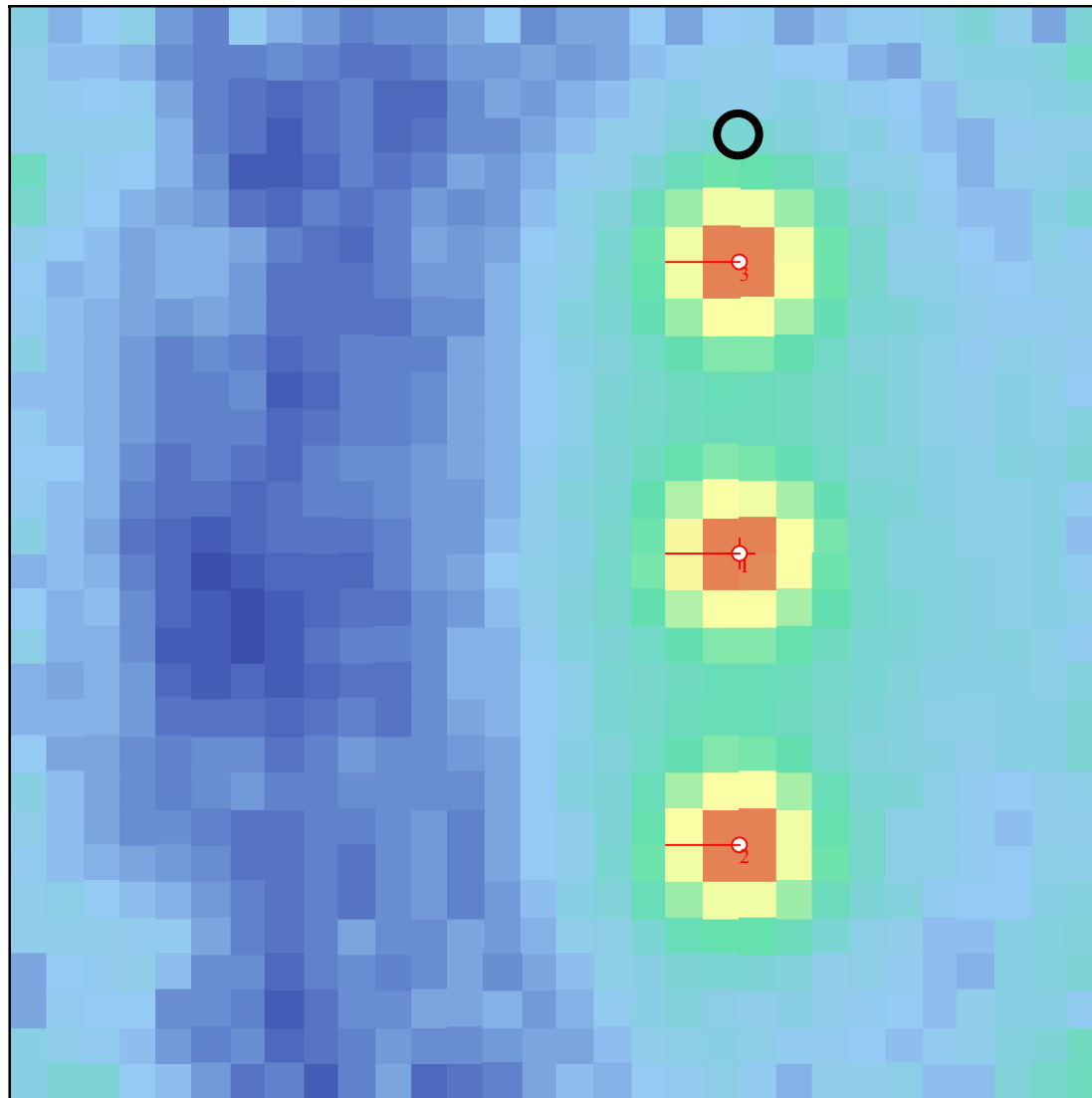
0.32

< 0.31

$T \approx 1.5$ s

3 Lautsprecher (Rundstahler)

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 metres



STI > 0.90

0.85

0.83

0.80

0.78

0.76

0.73

0.71

0.68

0.66

0.64

0.61

0.59

0.56

0.54

0.52

0.49

0.47

0.44

0.42

0.40

0.37

0.35

0.32

< 0.31

Sprachverständlichkeit

- Kurze Nachhallzeit
- Lautsprecher mit guter Richtwirkung
 - bis möglichst tiefe Frequenzen
 - Bündelungsgrad, Richtcharakteristik
- Kleine Anzahl Lautsprecher oder sehr viele
Lautsprecher
- Distanz Lautsprecher-Empfänger kurz
- Mikrofone mit guter Richtwirkung
- Kleine Anzahl Mikrofone gleichzeitig
- Distanz Sprecher-Mikrofon klein

Genügende Verstärkung

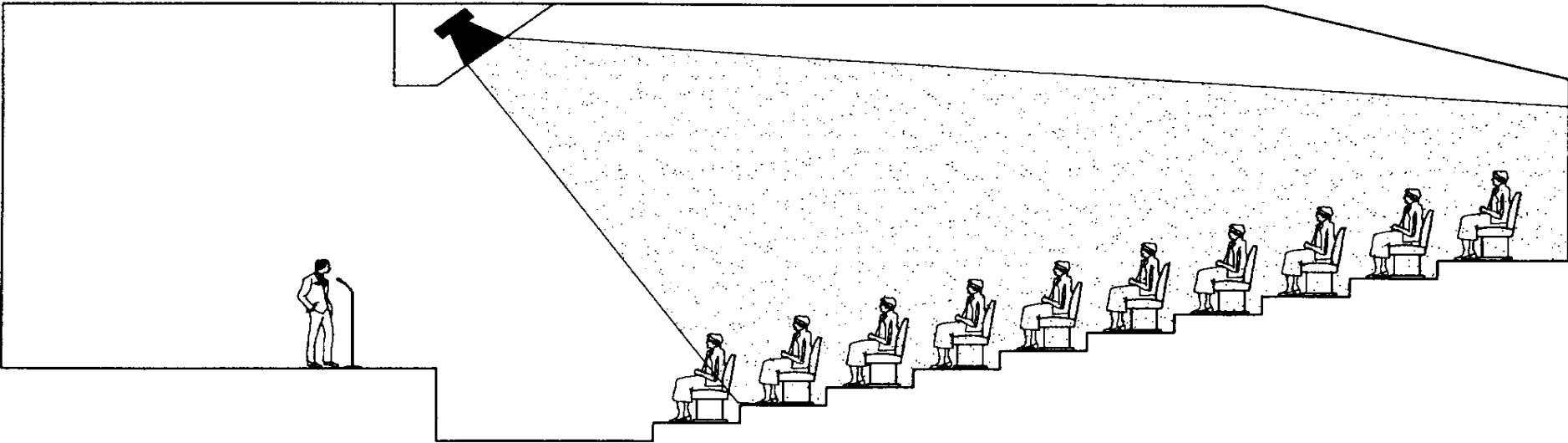
- Kurze Nachhallzeit
- Lautsprecher mit "richtiger" Richtwirkung
 - bis möglichst tiefe Frequenzen
 - Bündelungsgrad, Richtcharakteristik
- Kleine Anzahl Lautsprecher
- Mikrofone mit guter Richtwirkung
- Kleine Anzahl Mikrofone
- Distanz Sprecher-Mikrofon klein

Welche Beschallungskonzepte
sind sinnvoll?

Kein allgemeingültiges Rezept

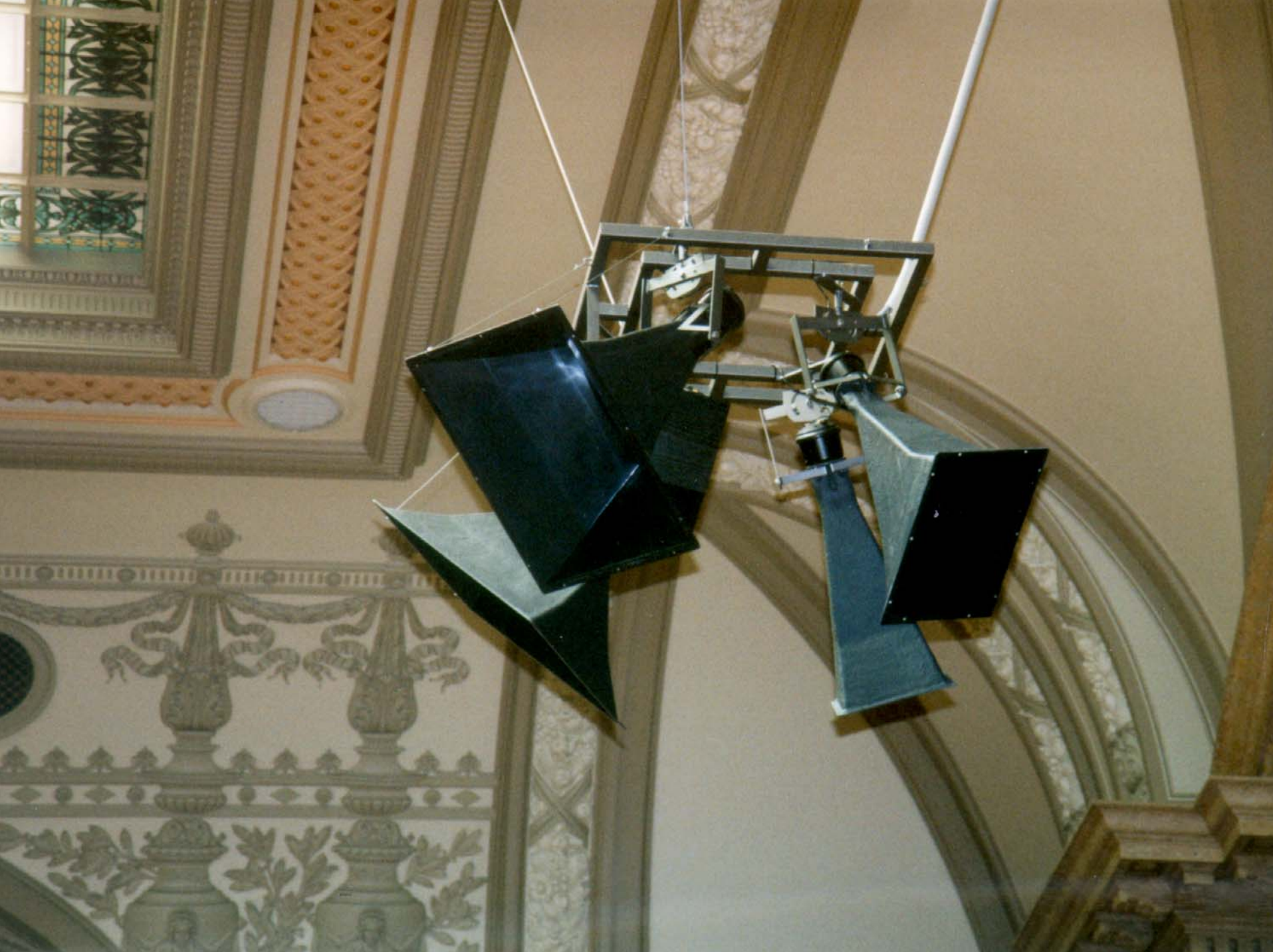
⇒ Seriöse Planung mit
modernen Werkzeugen

Zentralbeschallung

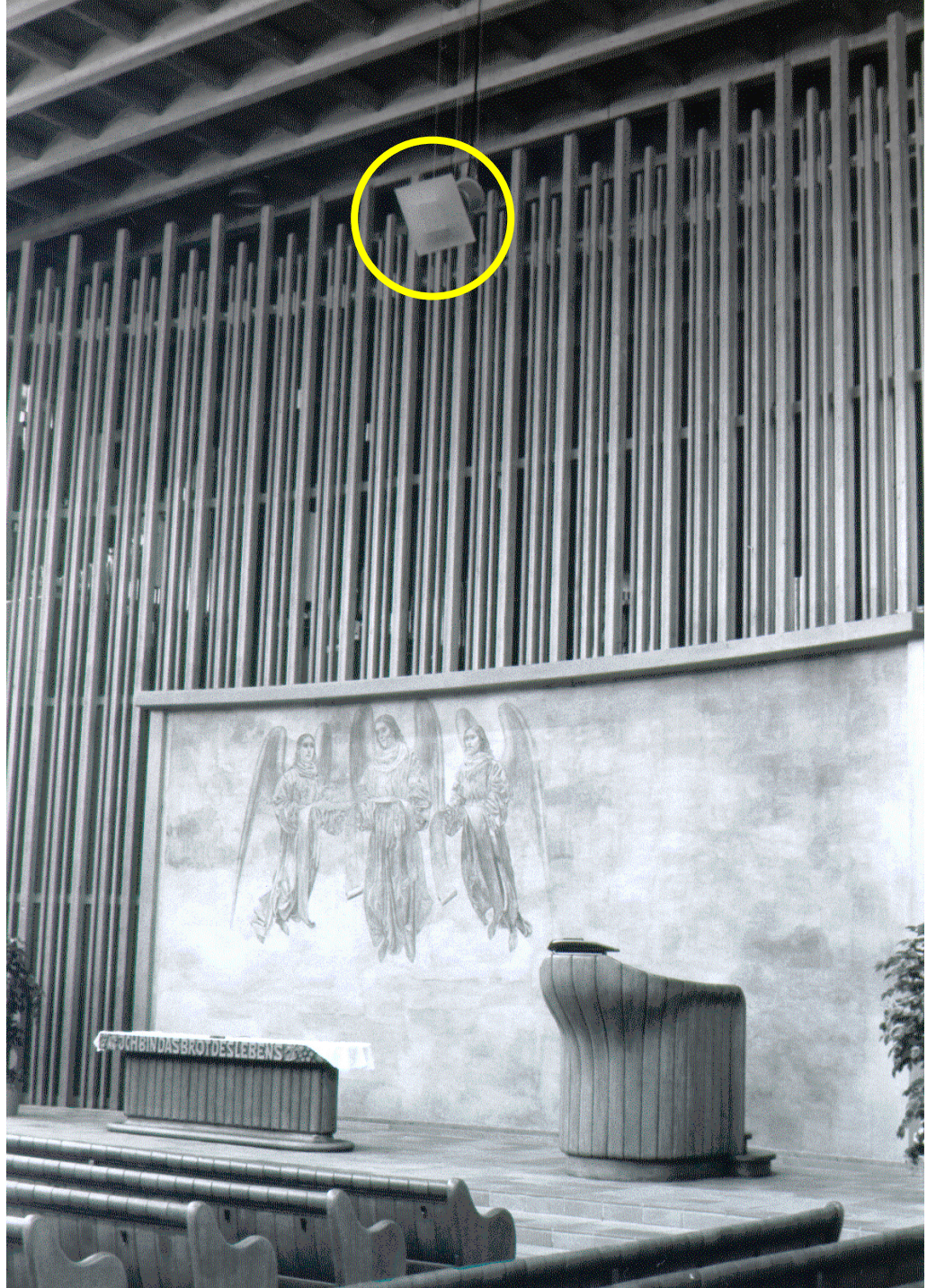


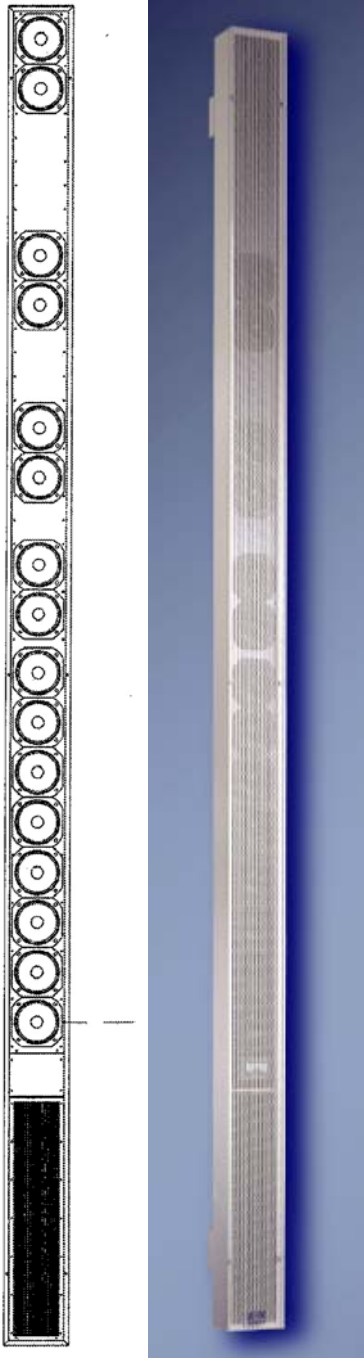
Nationalratssaal
Bern
Neue Zentral-
beschallung



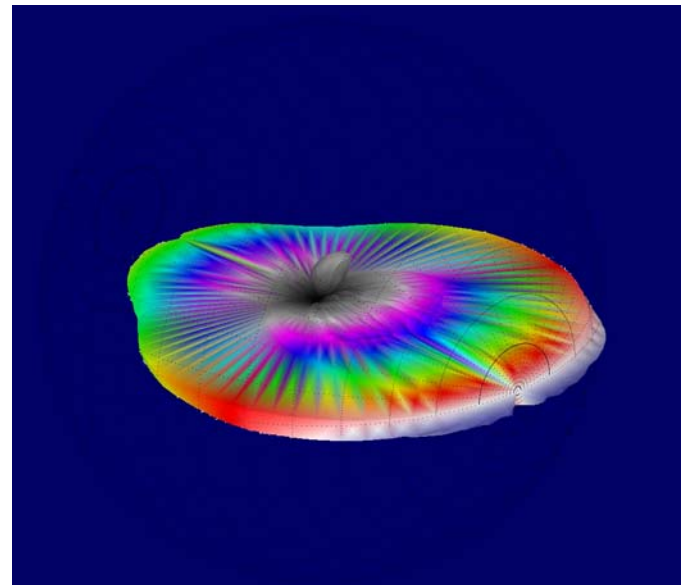


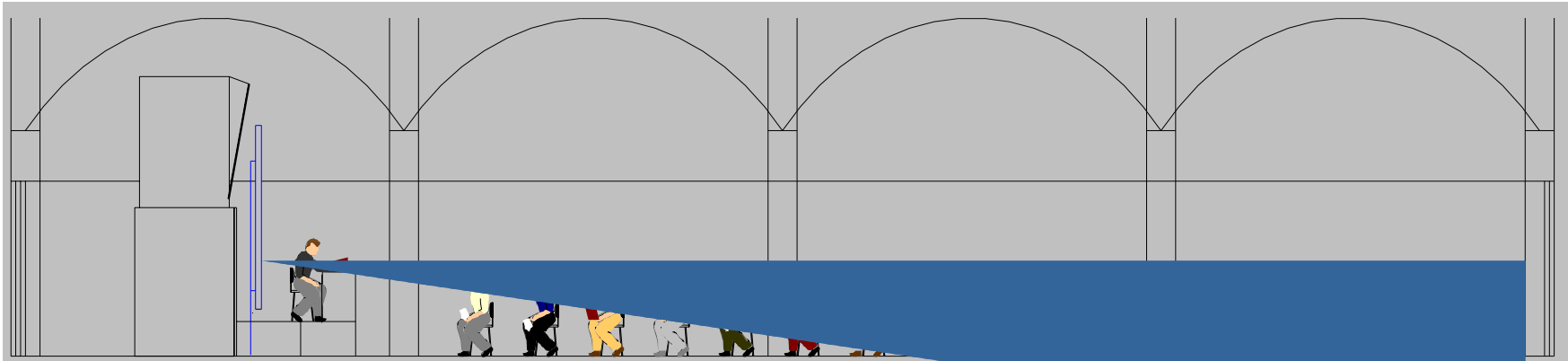
Ev. Kirche
auf der Egg,
Zürich Enge





- Öffnungswinkel
 - vertikal 4° - 20°
 - horizontal 140°
- senkrechte Montage
- Eingebaute Kontroll- und Leistungselektronik



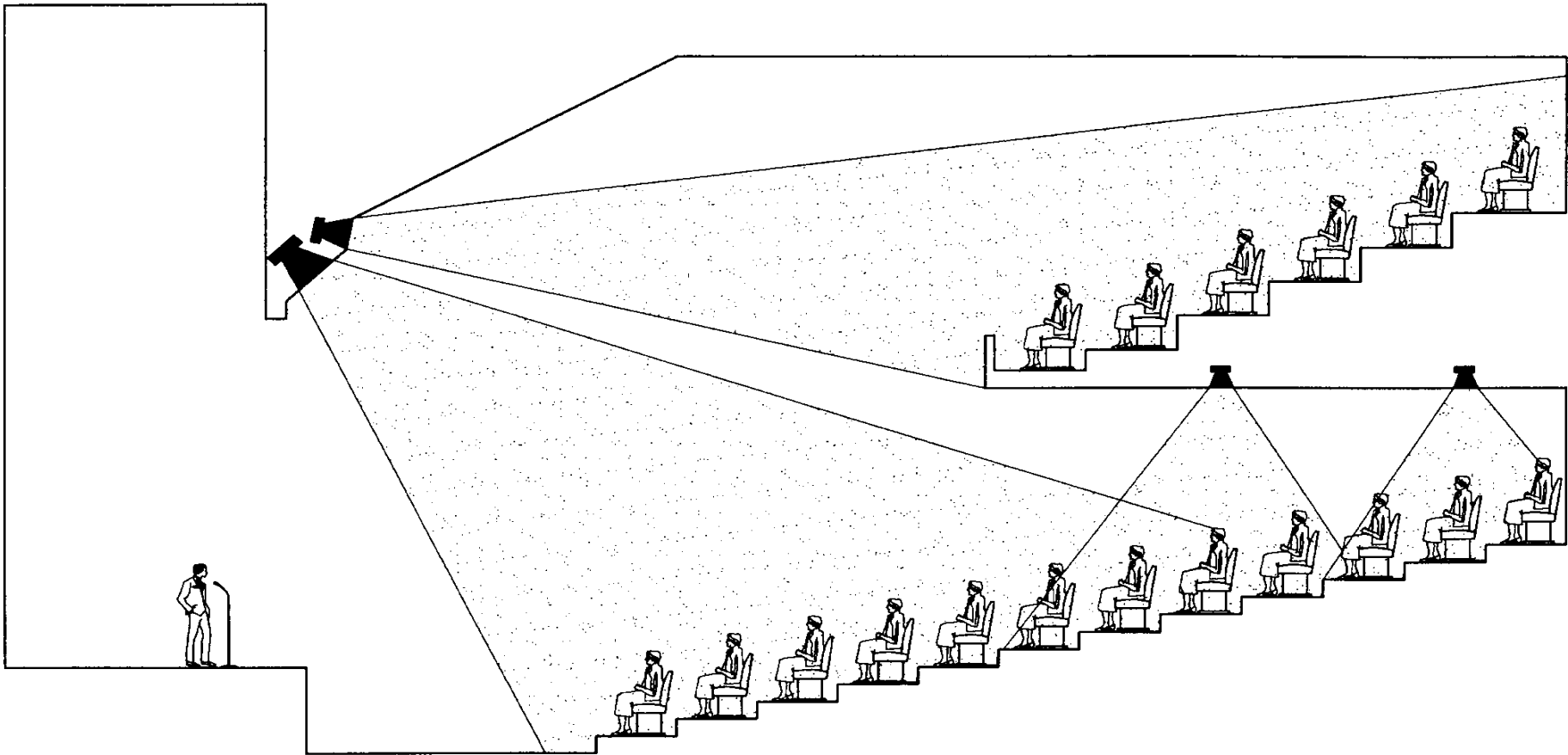


Kath. Kirche Oberwil



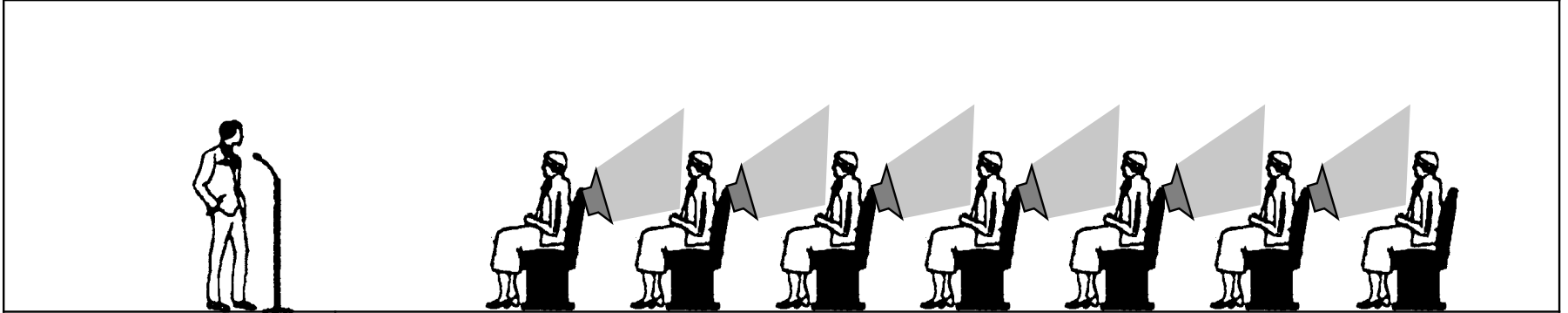


Zentralbeschallung





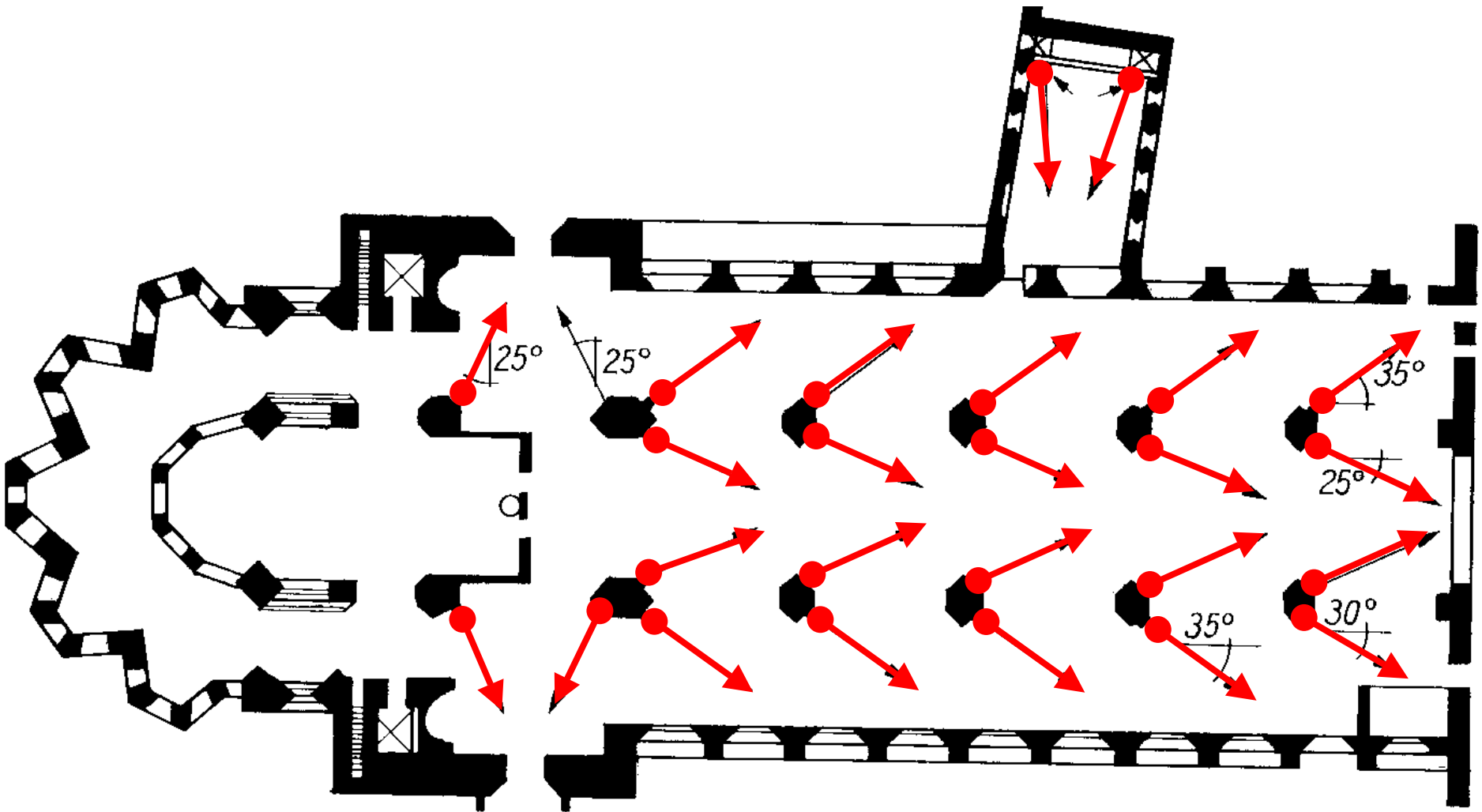
Nahbeschallung







Folgebeschallung



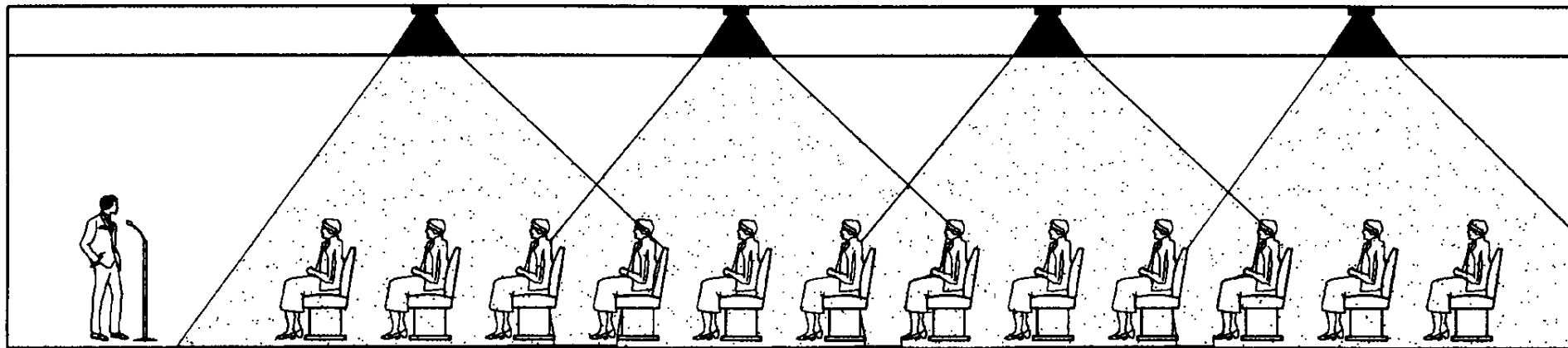
Folgebeschallung in kath. Kirche Zufikon







Deckenbeschallung



Beschallungskonzept ergibt sich aus

- Anforderungen (Pflichtenheft)
- Geometrischen Bedingungen
- Raumakustische Bedingungen
- Störschall

Stand der Technik: Verwendung von spezieller Software zur Simulation

Welches sind die überprüfbaren
Anforderungen?

Überprüfbare Anforderungen

- **→ Sprachverständlichkeit**
 - Common intelligibility index CIS
 - Speech transmission index STI
 - Articulation loss of consonants Alcons
- **Lautstärke / Lautstärkeverteilung**
 - Schalldruckpegel (dB, dB(A))
- **Klangqualität**
 - Spektrum des Schalldruckpegels
- **Akustische Ortung**

Sprachverständlichkeit

CIS \geq 0.70

oder

STI \geq 0.50

oder

Alcons $<$ 12%

Lautstärke

65 - 75 dB(A)

aber

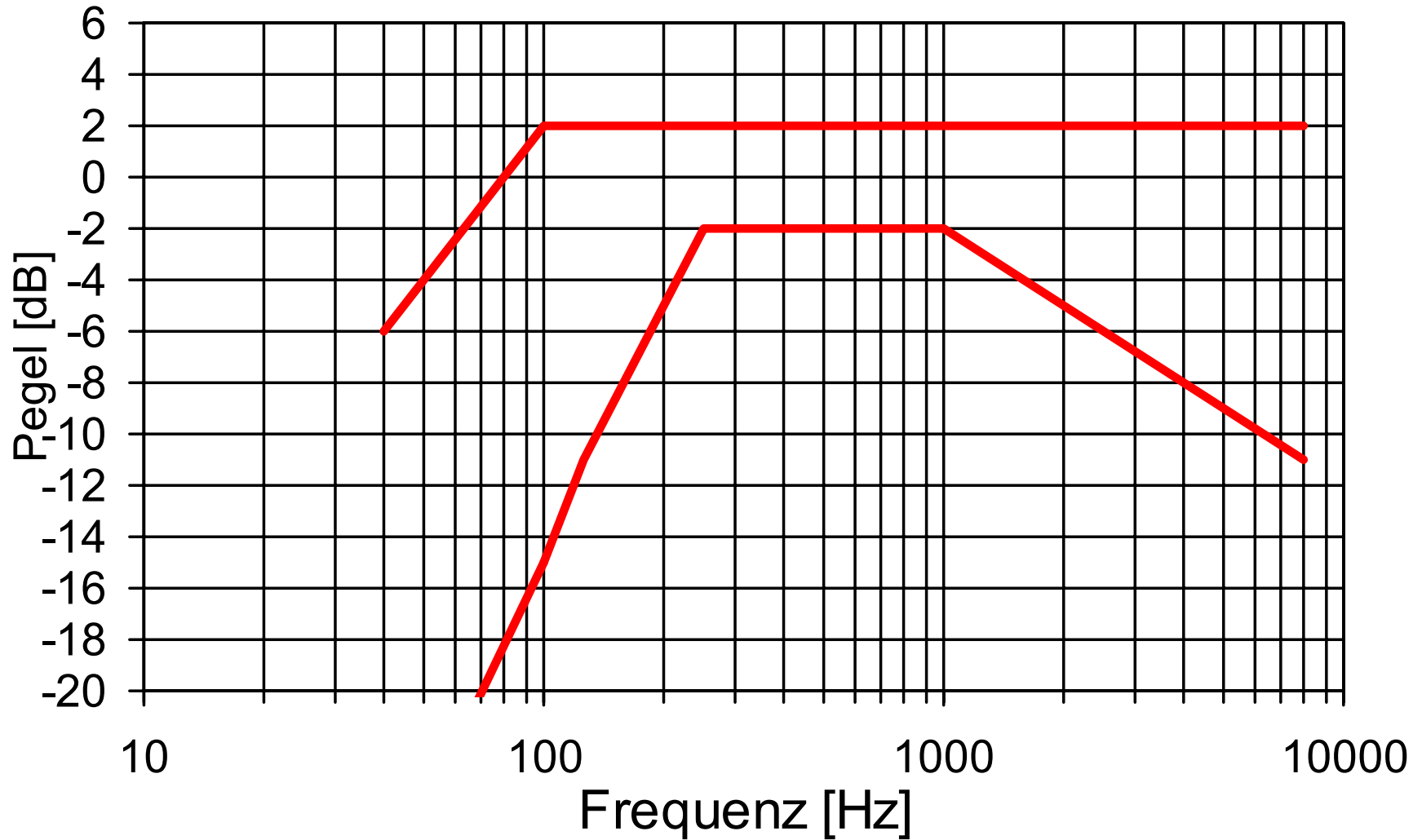
auf jeden Fall

Sprachverständlichkeit o.k.

Pegeldifferenz in Publikumsfläche

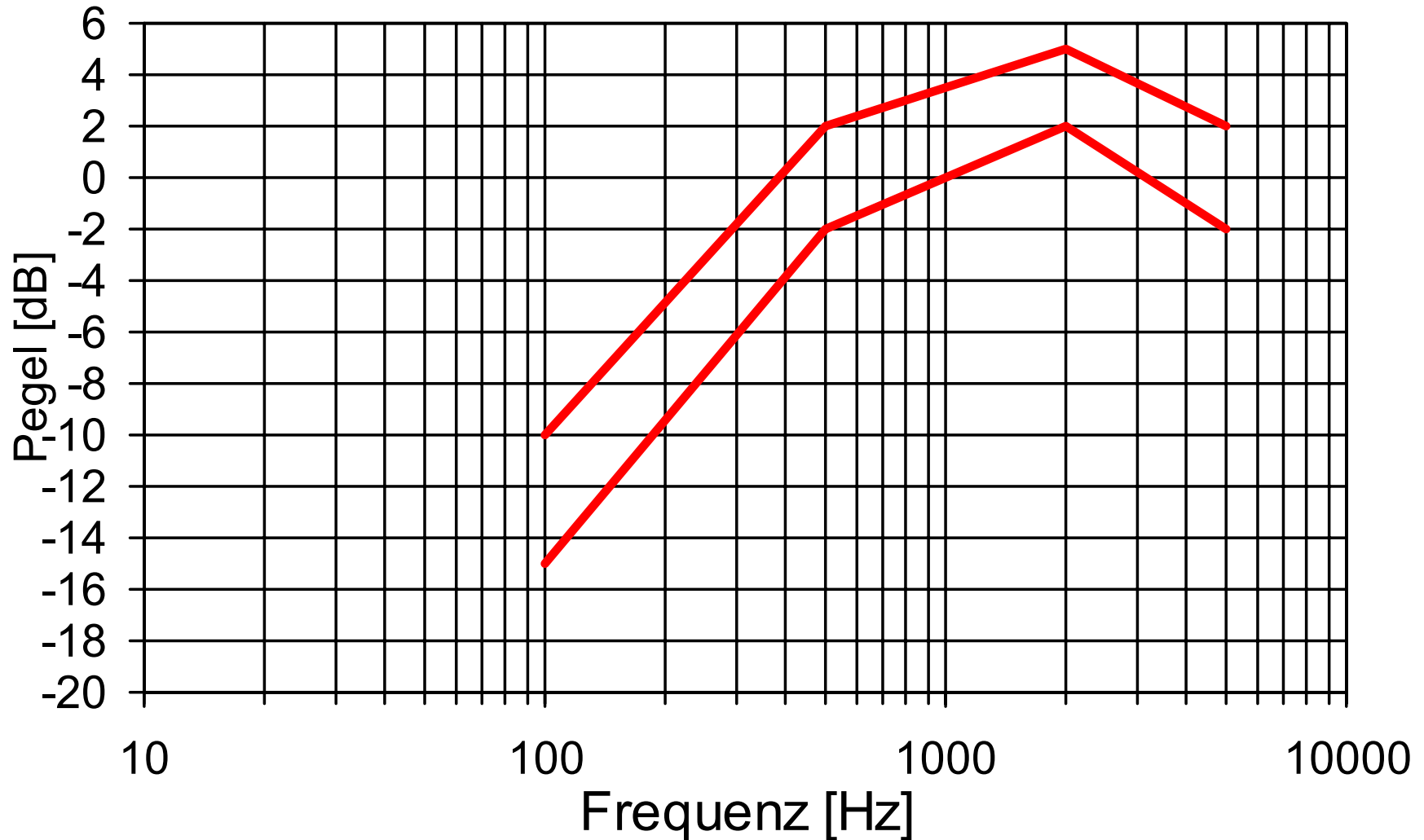
≤ 6 dB(A)

Klangqualität



Klangqualität

Hoher Störgeräuschpegel / langer Nachhall



Notrufanlagen

SN EN 60849:1988

IEC 60849:1998

Tonsysteme für Notrufzwecke

Wie werden die Anforderungen
überprüft?

Überprüfung der Anforderungen

- Messung der Raumimpulsantwort an Empfangspositionen
 - MLSSA
 - DIRAC
 - ...



Wie werden Höranlagen für
Hörbehindert ausgelegt?

Höranlagen für Hörbehinderte

- Induktive Anlagen
- IR
- FM

Höranlagen für Hörbehinderte

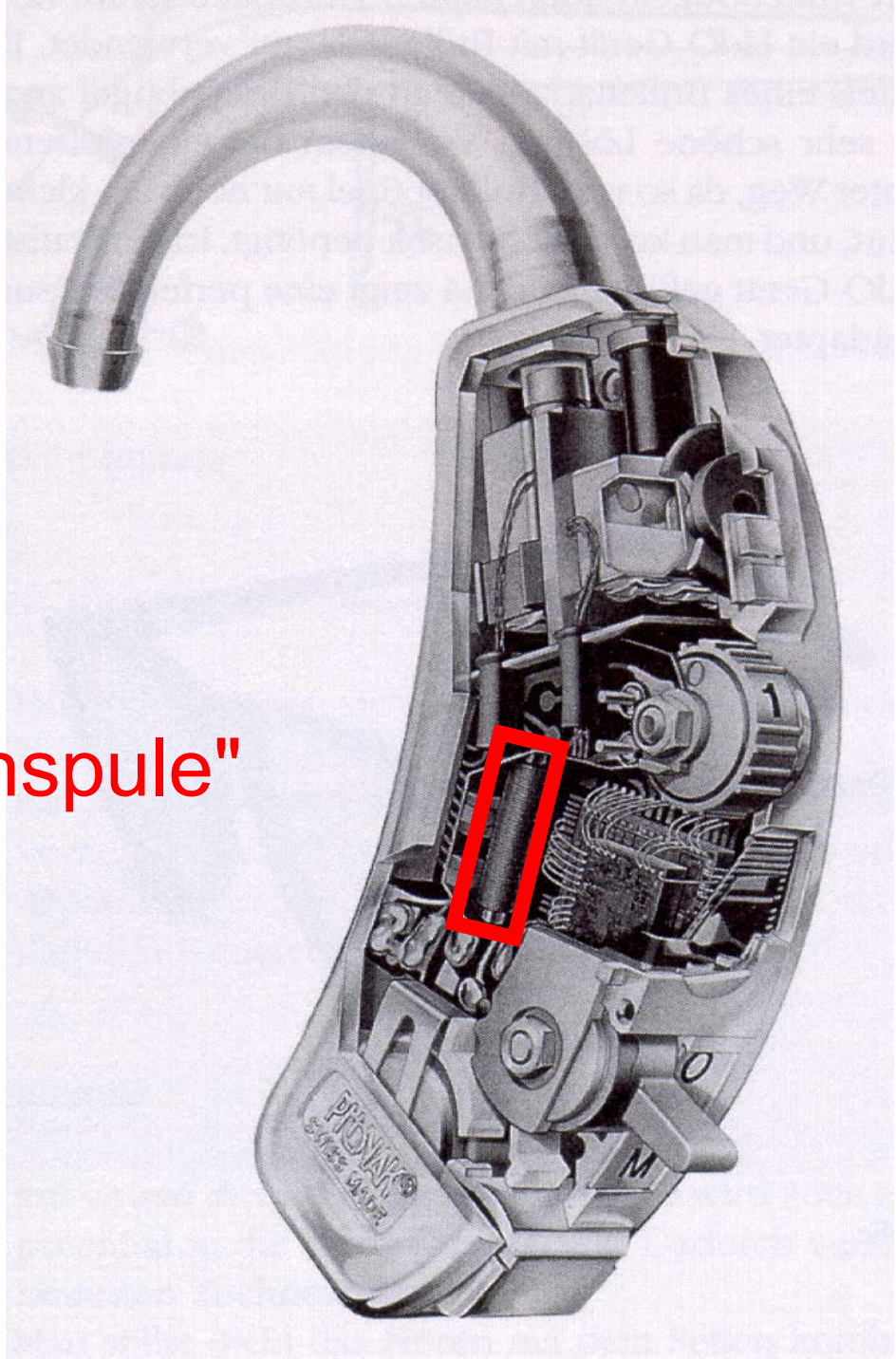
- Induktive Anlagen
- IR
- FM

Induktive Höranlage

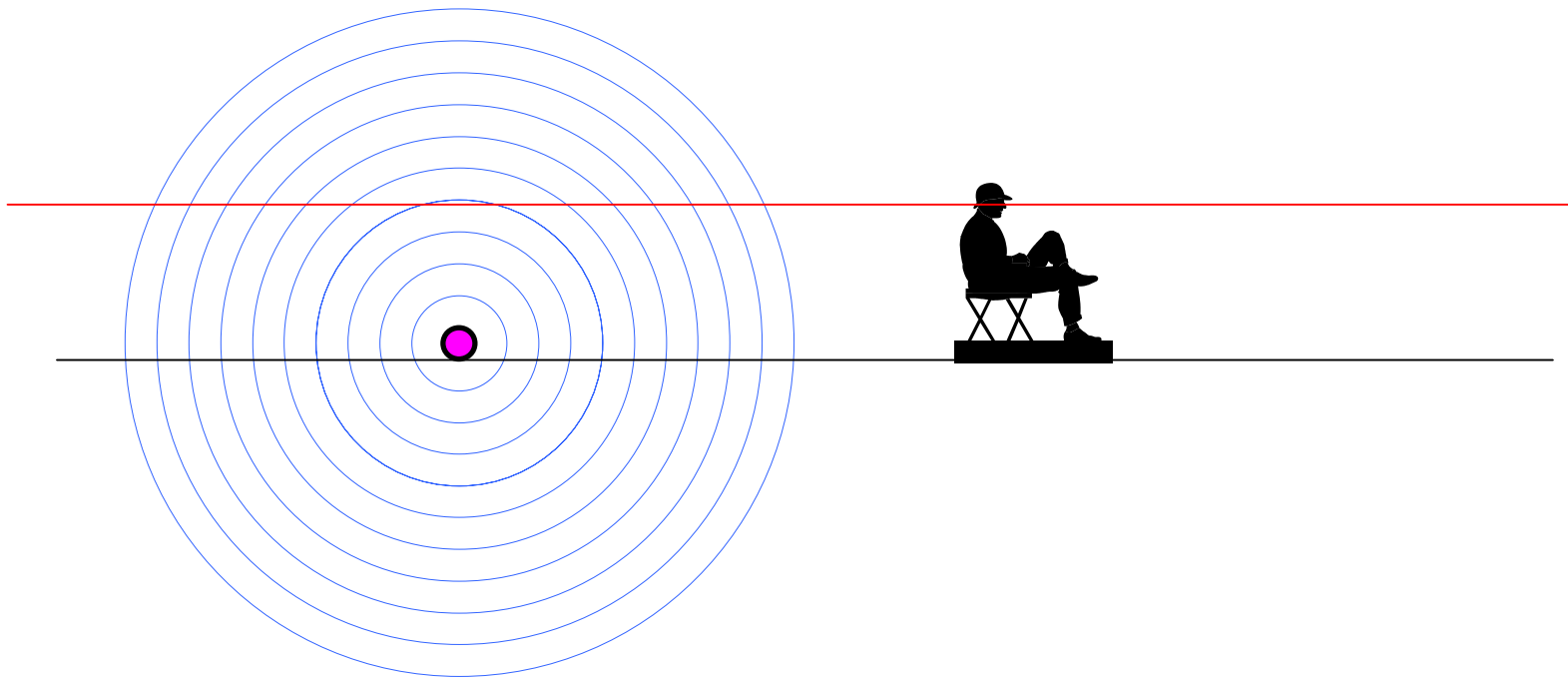


Induktionsspule im Hörgerät

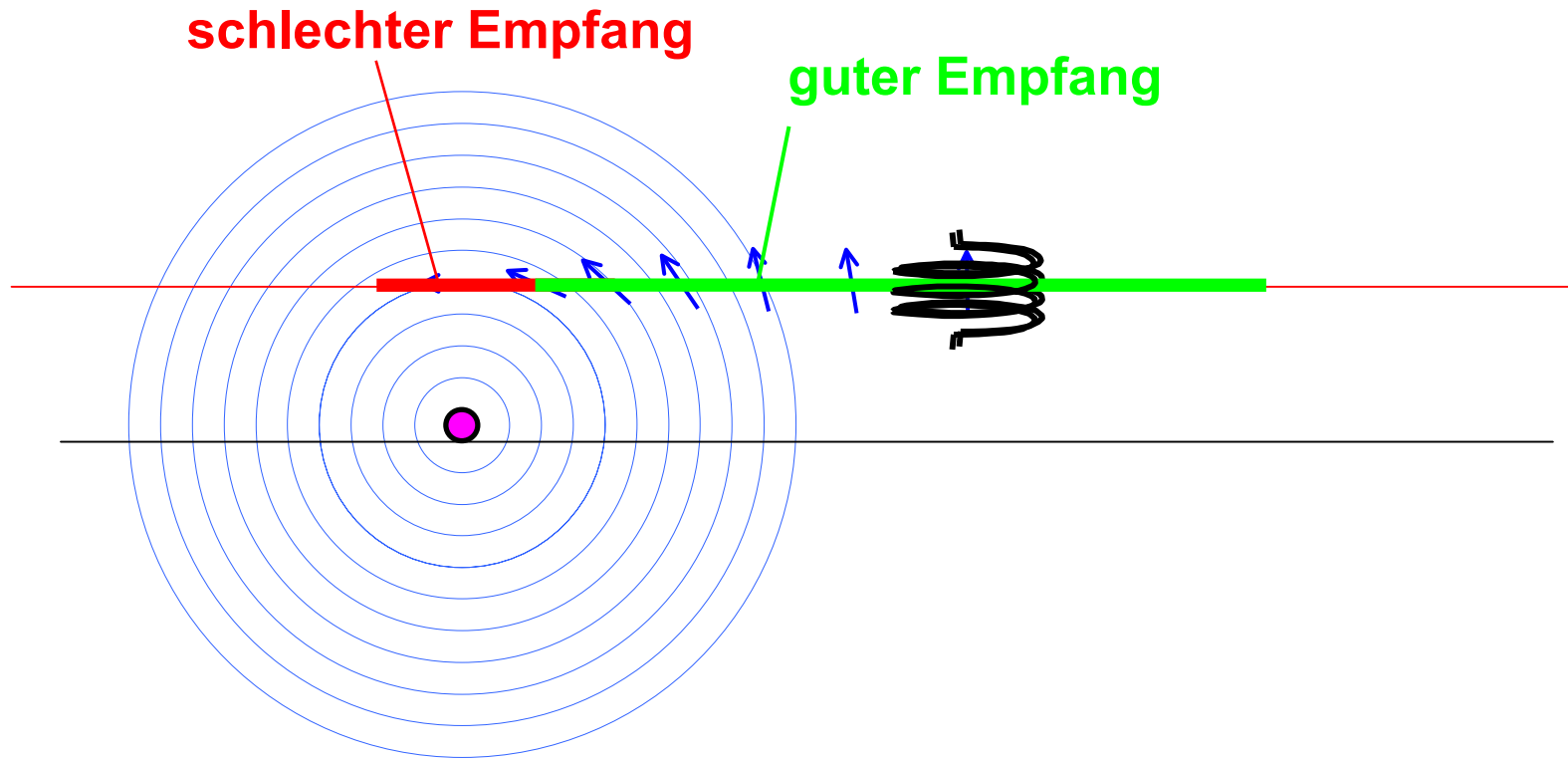
"Telefonspule"



Induktive Höranlage

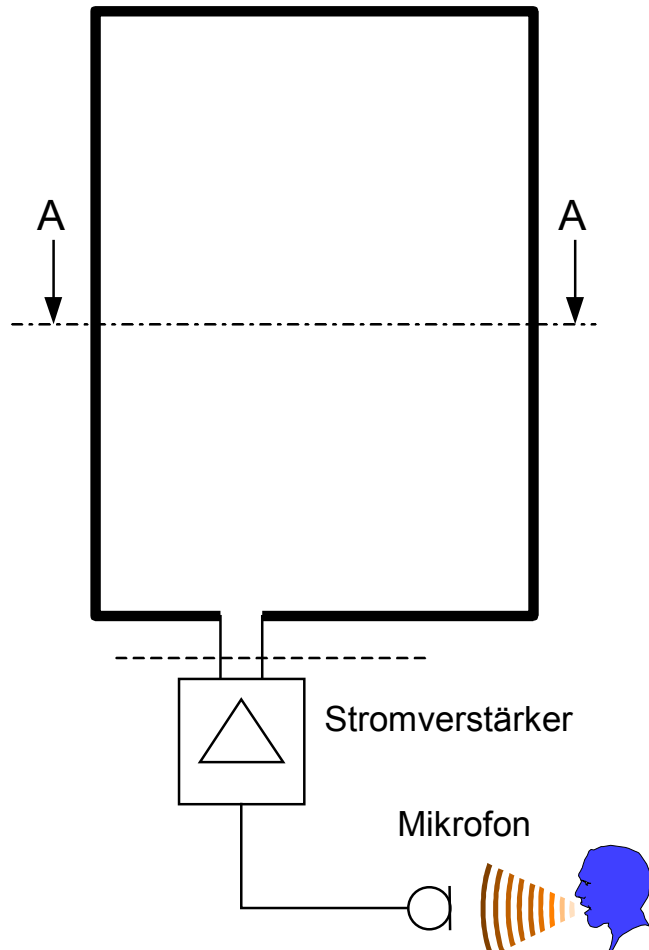


Induktive Höranlage



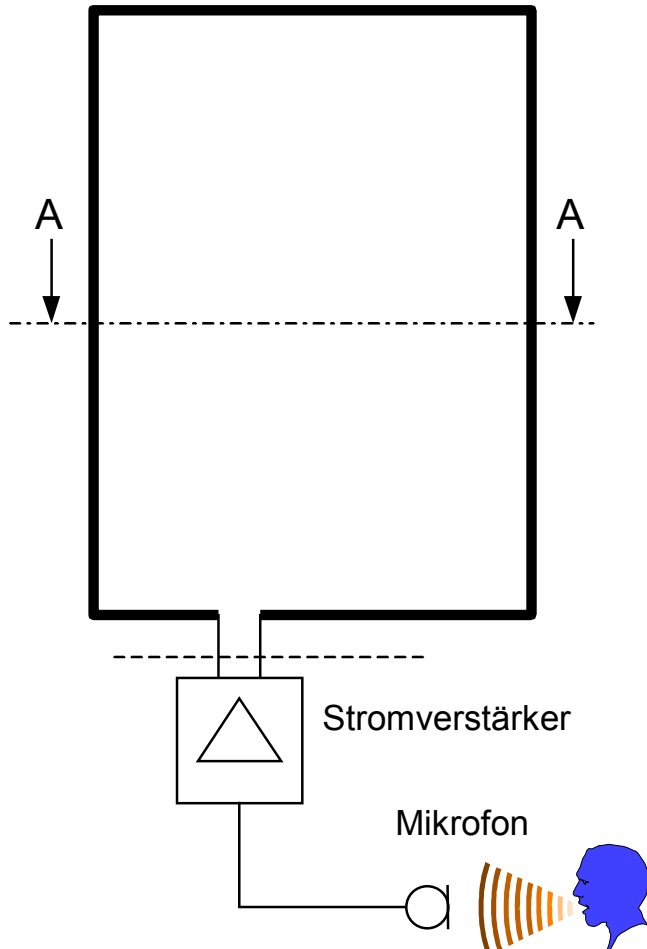
Induktive Höranlage

Induktionsschleife rund um
den Raum verlegt.

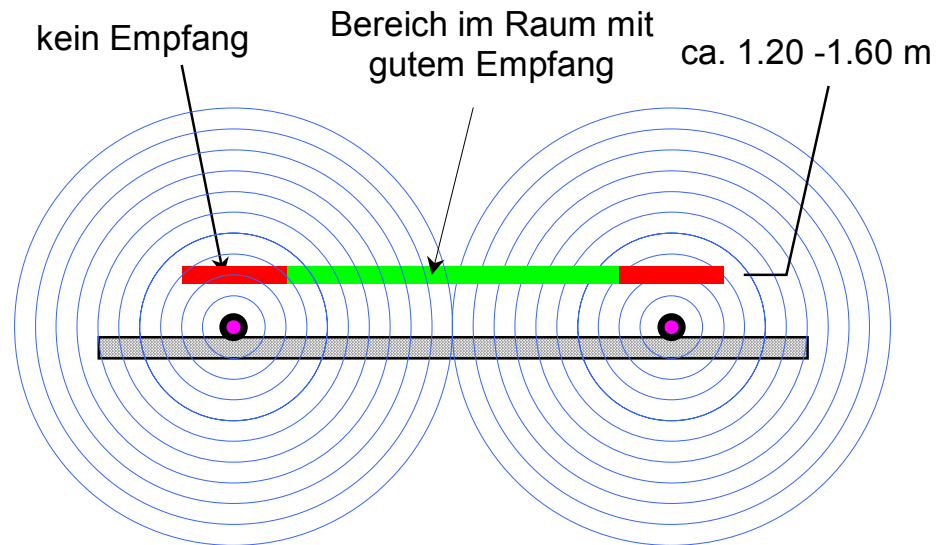


Induktive Höranlage

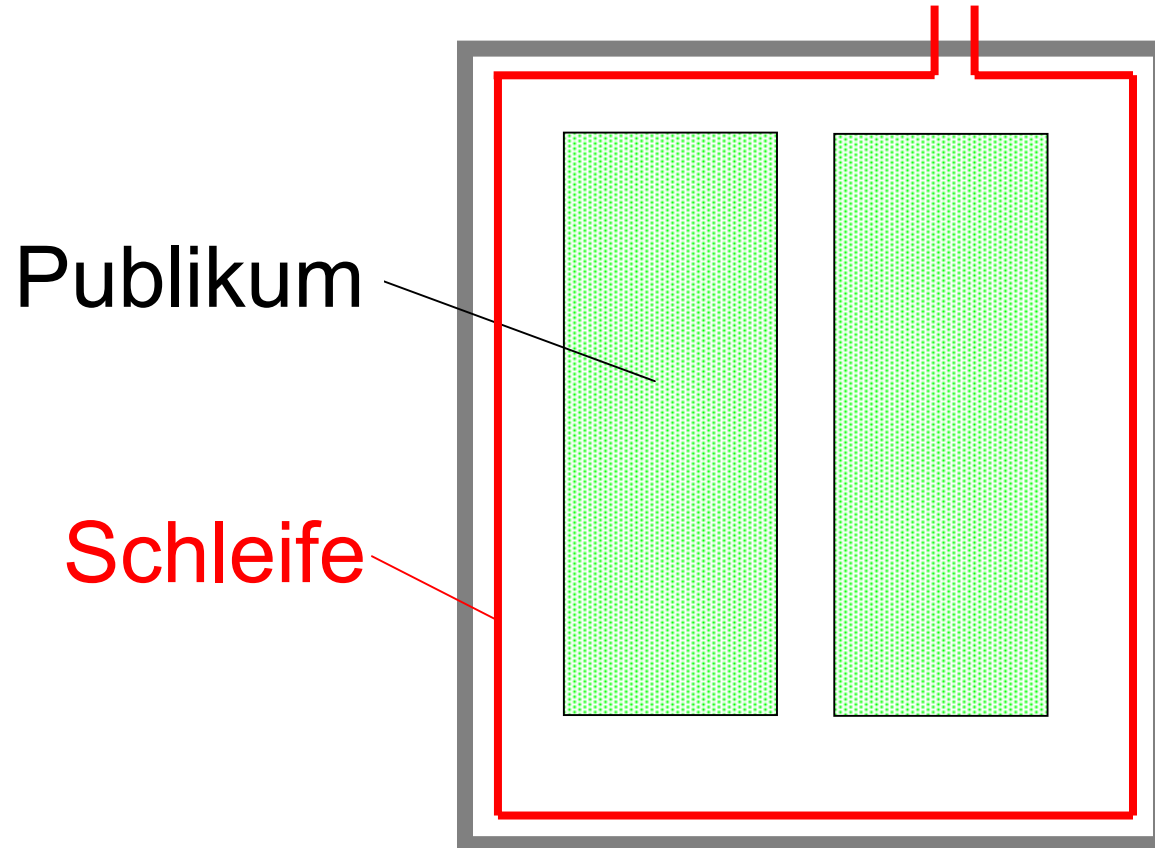
Induktionsschleife rund um den Raum verlegt.



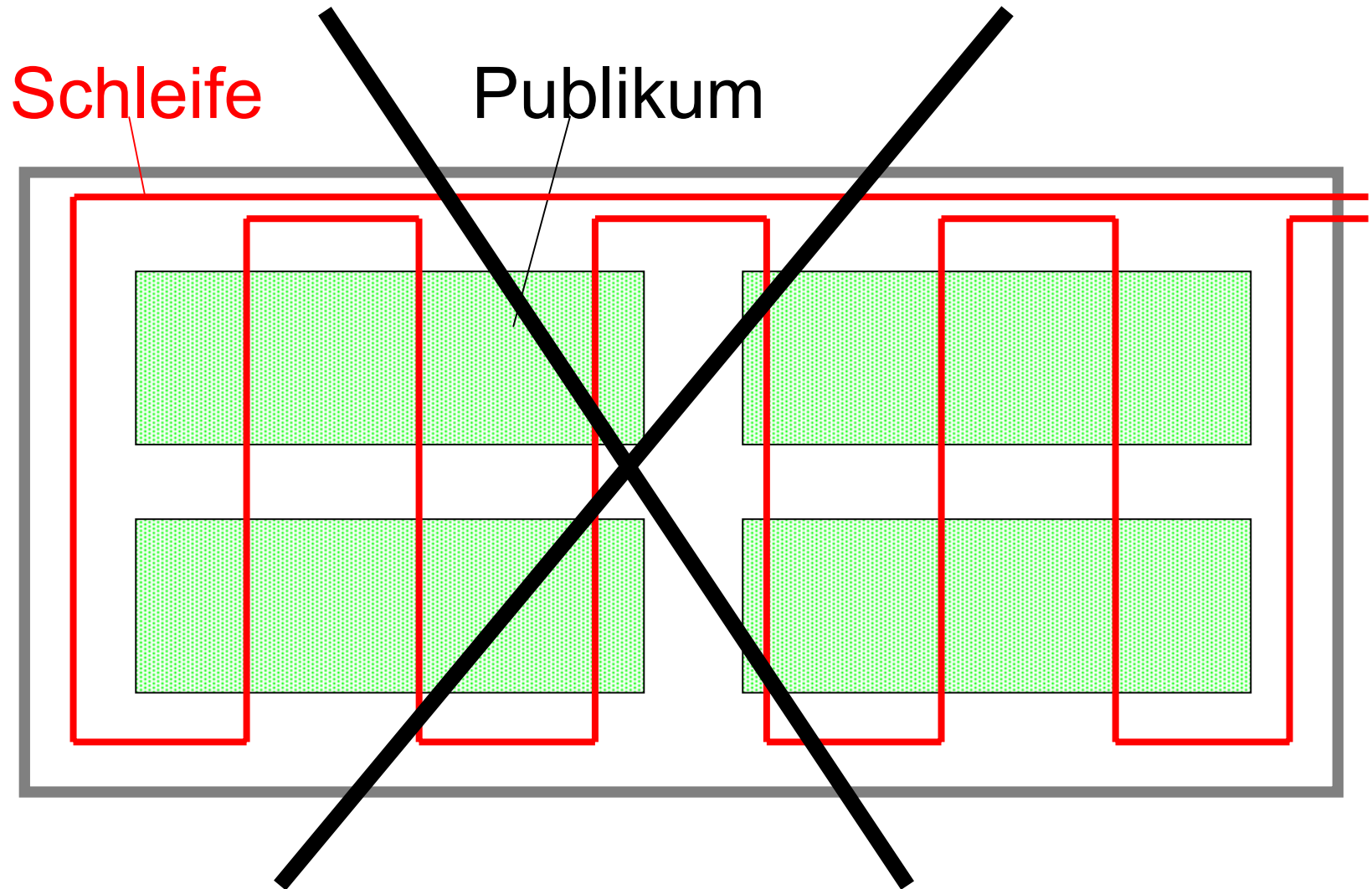
Schnitt A-A



Verlegen der Schleife



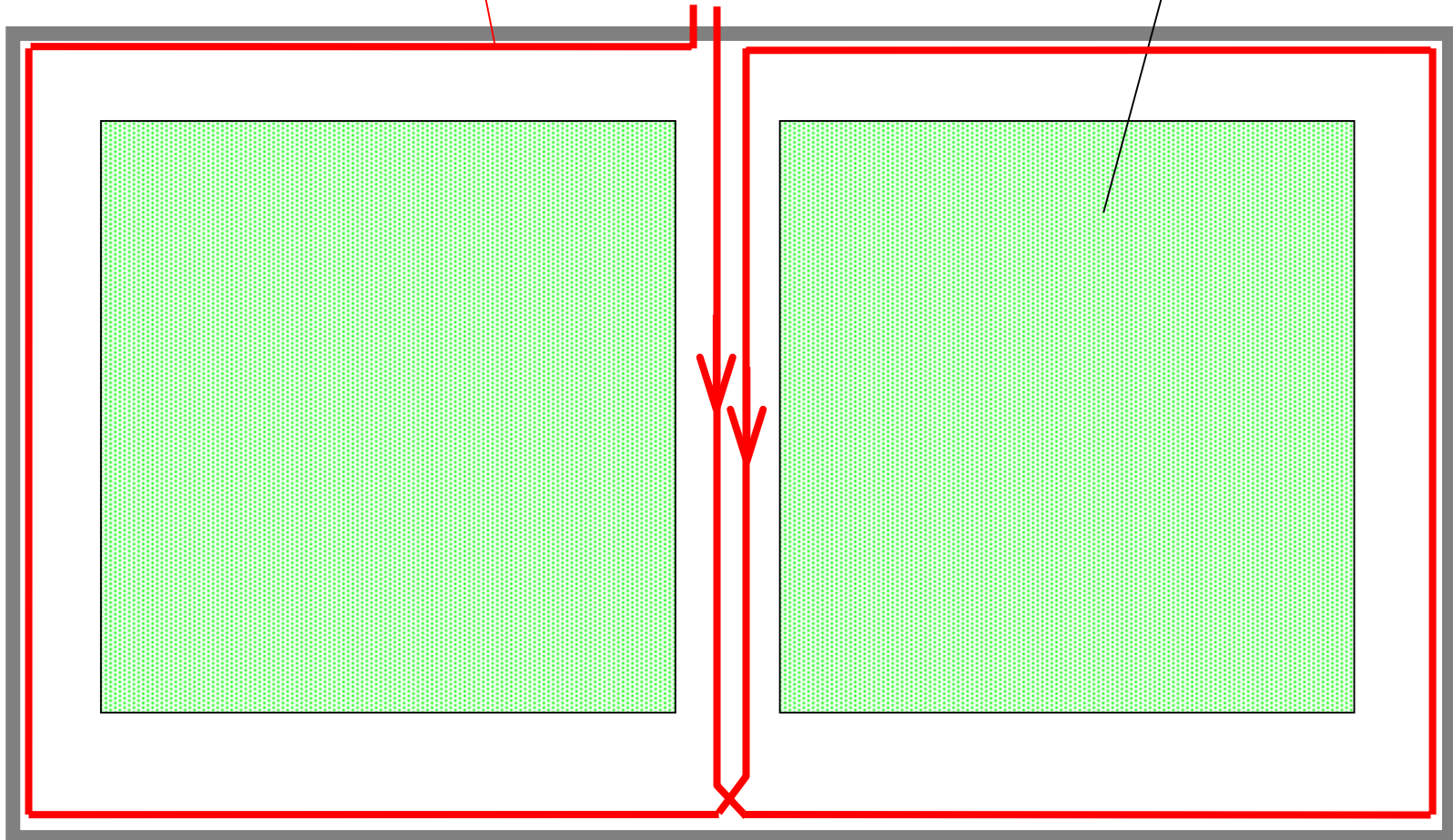
Falsches Verlegen der Schleife



Verlegen der Schleife

Schleife

Publikum



Induktive Höranlage

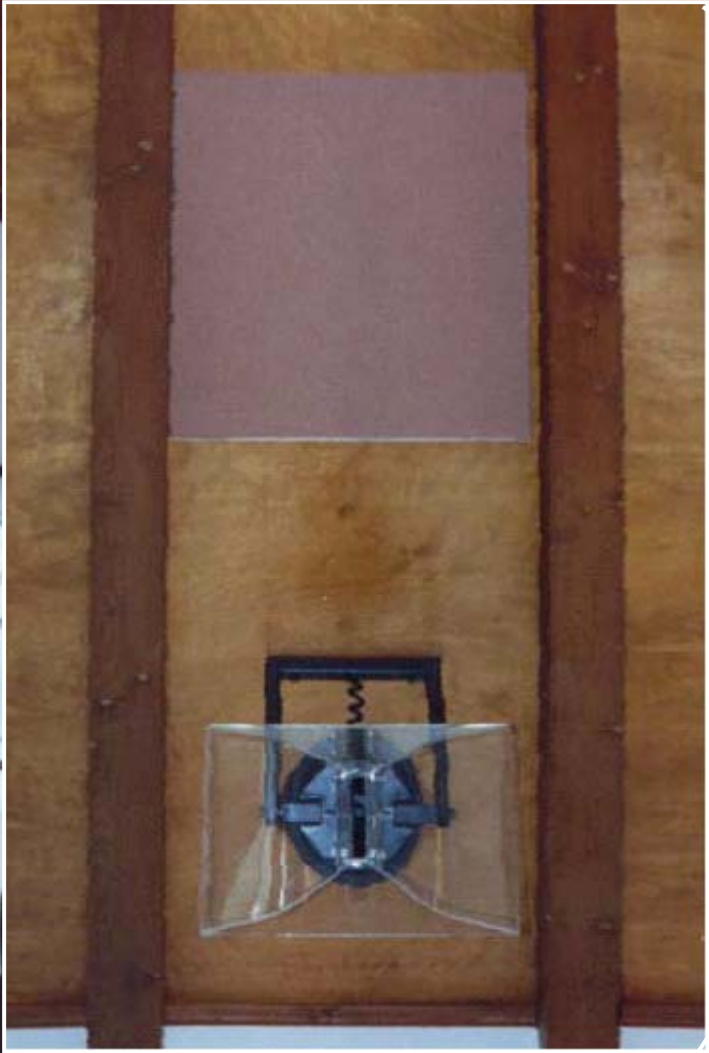
- Schleife verlegen
 - möglichst weit ausserhalb Publikum
 - Verlegen auf Bodenniveau
 - ev. in Decke
- Achtung bei Stahlkonstruktionen
- Überprüfen: Störfelder?
- Dimensionierung mit spezieller Software

Induktive Höranlage

- ~~Schleifentrafo~~ → Verluste bei hohen Freq.
- Stromverstärker
- AGC Automatic Gain Control
- Bandpassfilter
- Kompensationsmöglichkeit für Armierungs-
verluste

Beschallungsanlagen für Sprache

- Planungsziel: Gute Sprachverständlichkeit
- "Mindest"-Anforderungen:
 - Richtlinien der SGA
 - SN EN 60849 Tonysysteme für Notrufzwecke
- Moderne Planungsmittel verwenden
- Überlegter Einsatz von Elektronik
- Nicht vergessen:
 - Einfache Bedienung
 - Ästhetik





CHRISTUS SPRUCHT SICH BIN DIE
WER AN MICH GLAUBT WIRD LEBEN
DER LEBT UND AN MICH GLAUBT

ALIFERSTEHUNG UND DAS LEBEN
AUCH WENN ER STIRBT UND JEE
WIRD IN EWIGKEIT NICHT STERBE

Evangelisch-reformierte Kirche Eschlikon

Imhof Akustik



Heiliggeistkirche Bern: Beschallungsanlage



Heiliggeistkirche Bern: Beschallungsanlage

Beschallungsanlagen für Sprache 2001



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
c/o Suva Akustik, Luzern



Swiss Acoustical Society
Société Suisse d'Acoustique
Schweizerische Gesellschaft für Akustik
Società Svizzera di Acustica
Internet: www.sga-ssa.ch

Besch

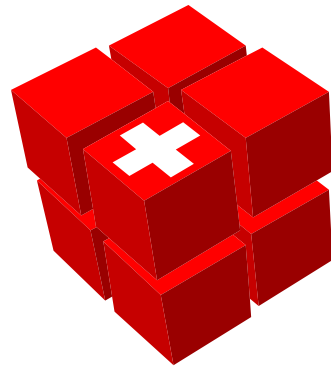
Archite

**Installations de sonorisation
pour la parole**

Recommandations
pour
les architectes et les Maîtres d'ouvrage

1ère édition, janvier 2001

→ www.sga-ssa.ch



EMPA