

Herzlich Willkommen

Grundlagen der Audiotechnik

Inhaltsübersicht

- I. Grundlagen der Beschallung & Mikrofonie
- II. Raumakustik
- III. Lautsprechersysteme & Anwendung
- IV. Mikrofone & Anwendung
- V. Analoge & digitale Systemarchitektur
- VI. Qualitätssicherung

I. Grundlagen der Beschallung & Mikrofonie

Was ist Schall?

Funktionsprinzip
des
Lautsprechers

Funktionsprinzip
des
Mikrofons

Zusammenspiel
von
Lautsprecher
und Mikrofonen

Schwingung, Wellen, Medium, Vibration, Frequenz, Amplitude, Hörbereich, Infraschall, Ultraschall, Wahrnehmung

Signal, Strom, Magnetfeld, Spule, Membran, Schwingung, Luftdruck, Schall

Schall, Membran, Schwingung, Spule, Magnetfeld, Strom, Signal

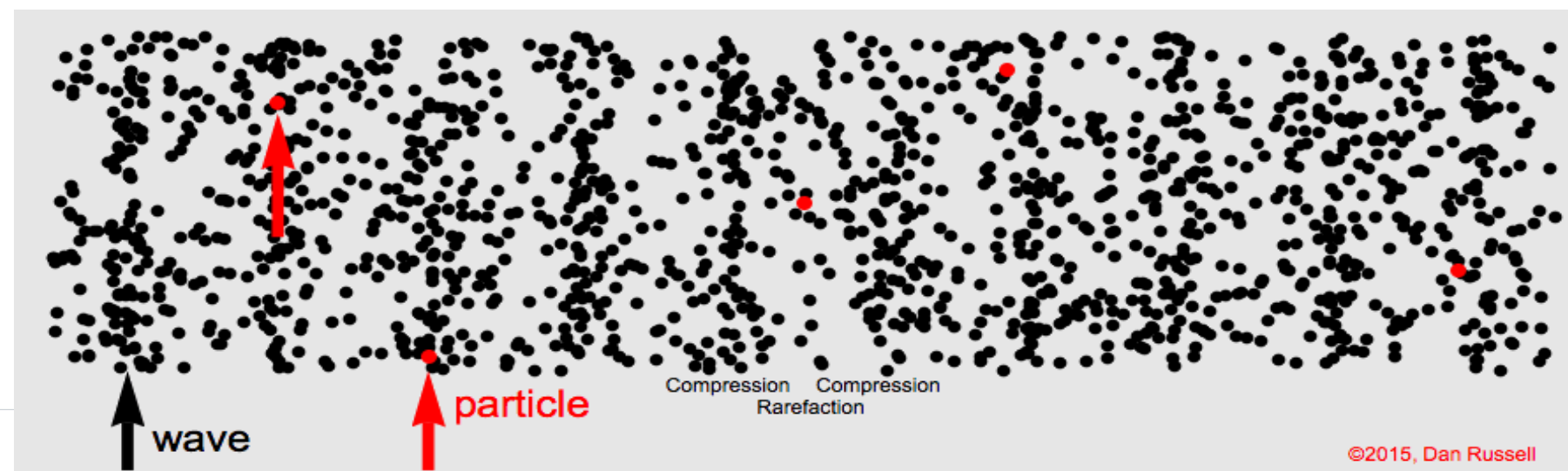
Mikrofon nimmt Schall auf, wandelt ihn in ein Signal, Lautsprecher gibt ihn wieder. Es entstehen Effekte wie Verzerrungen, Echos, Modulationen oder Rückkopplungen

Grundlagen der Audiotechnik

Was ist Schall?

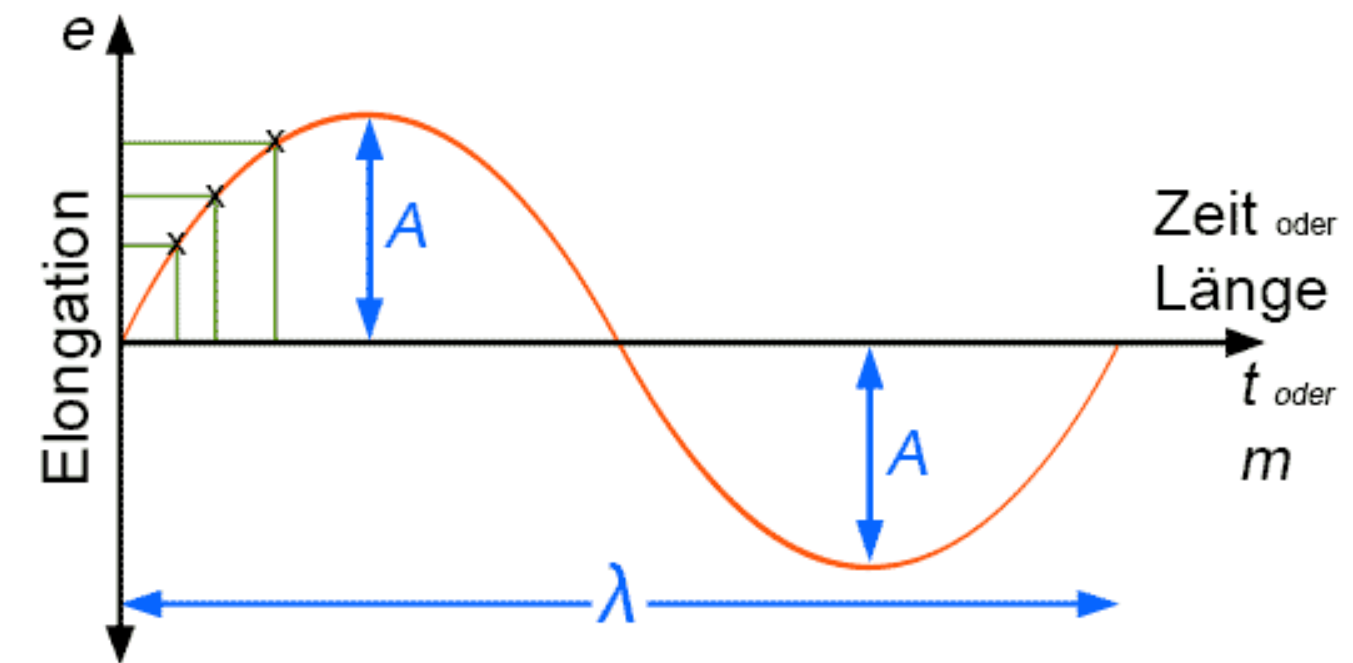
Definition und Entstehung

- Schall ist eine mechanische Welle, die durch Schwingungen von Teilchen entsteht
- wenn ein Objekt (Lautsprecher, Stimmbänder, Gitarrensaite) vibriert, geraten die benachbarten Luftteilchen in Bewegung
- Teilchen stoßen sich gegenseitig an
→ es entstehen abwechselnd Verdichtungen (Überdruck) und Verdünnungen (Unterdruck)
- die Abfolge dieser Druckunterschiede breitet sich als Longitudinalwelle aus
- da Schall auf molekulare Teilchen angewiesen ist, kann er sich nur in einem Medium ausbreiten



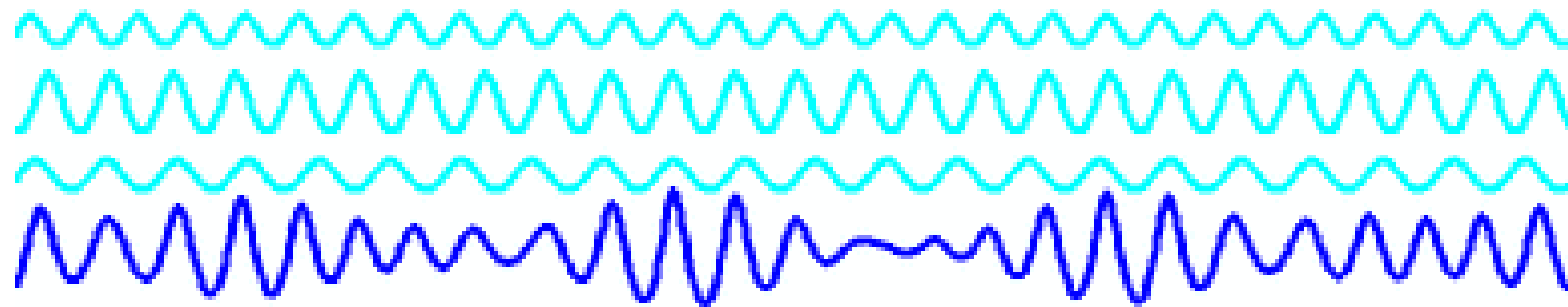
Eigenschaften des Schalls

- Frequenz (Hz)
 - Anzahl der Schwingungen pro Sekunde
 - bestimmt die Tonhöhe
- Amplitude
 - Ausmaß der Schwingung
 - bestimmt die Lautstärke
- Wellenlänge (λ)
 - Abstand zwischen zwei vollständigen Sinuswellen
 - längere Wellen = tiefere Töne, kürzere Wellen = höhere Töne
- Schallgeschwindigkeit
 - wie schnell sich die Welle im Medium ausbreitet
 - abhängig vom Medium: Luft ca. 343 m/s, Wasser ca. 1.500 m/s, Stahl ca. 5.000 m/s



Eigenschaften des Schalls

Schall um uns herum besteht nicht aus einer einzelnen Sinuswelle, sondern aus der Überlagerung vieler unterschiedlicher Frequenzen, deren Intensität, Frequenz und Amplitude sich ständig verändern

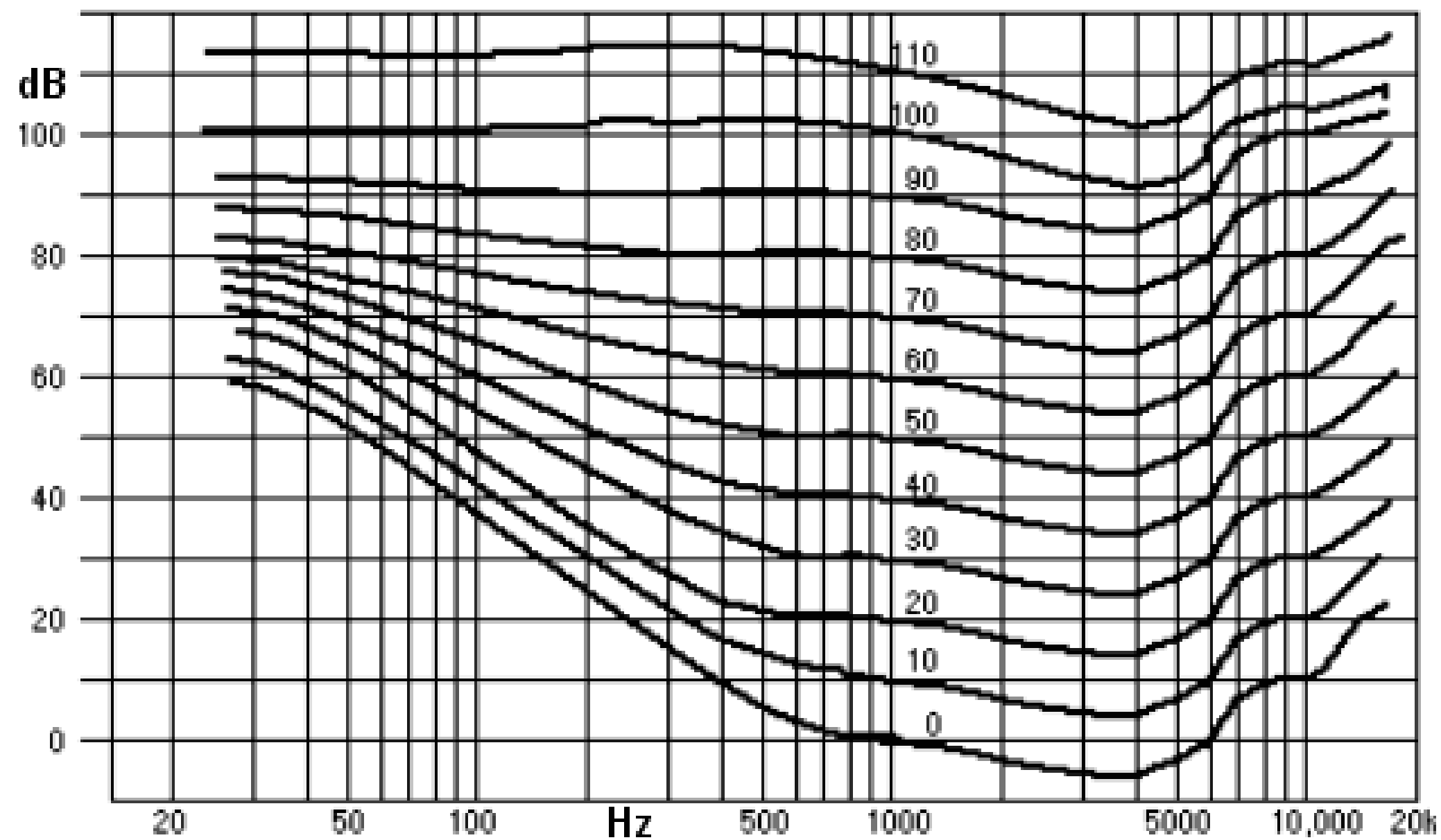


Hörbereich und akustische Effekte

- Mensch: 20 Hz – 20.000 Hz
- unter 20 Hz = Infraschall (z. B. Erdbeben, Windturbinen)
- über 20000 Hz = Ultraschall (z. B. Fledermäuse, medizinische Bildgebung)
- Schall kann reflektiert (Echo), abgeschwächt (Dämpfung) oder verstärkt (Rückkopplung) werden
- Wahrnehmung von Schall hängt stark von Frequenz und Lautstärke ab
→ nicht jeder Ton wird gleich laut empfunden

Wahrnehmung von Schall

Lautstärkewahrnehmung nach Fletcher-Munson

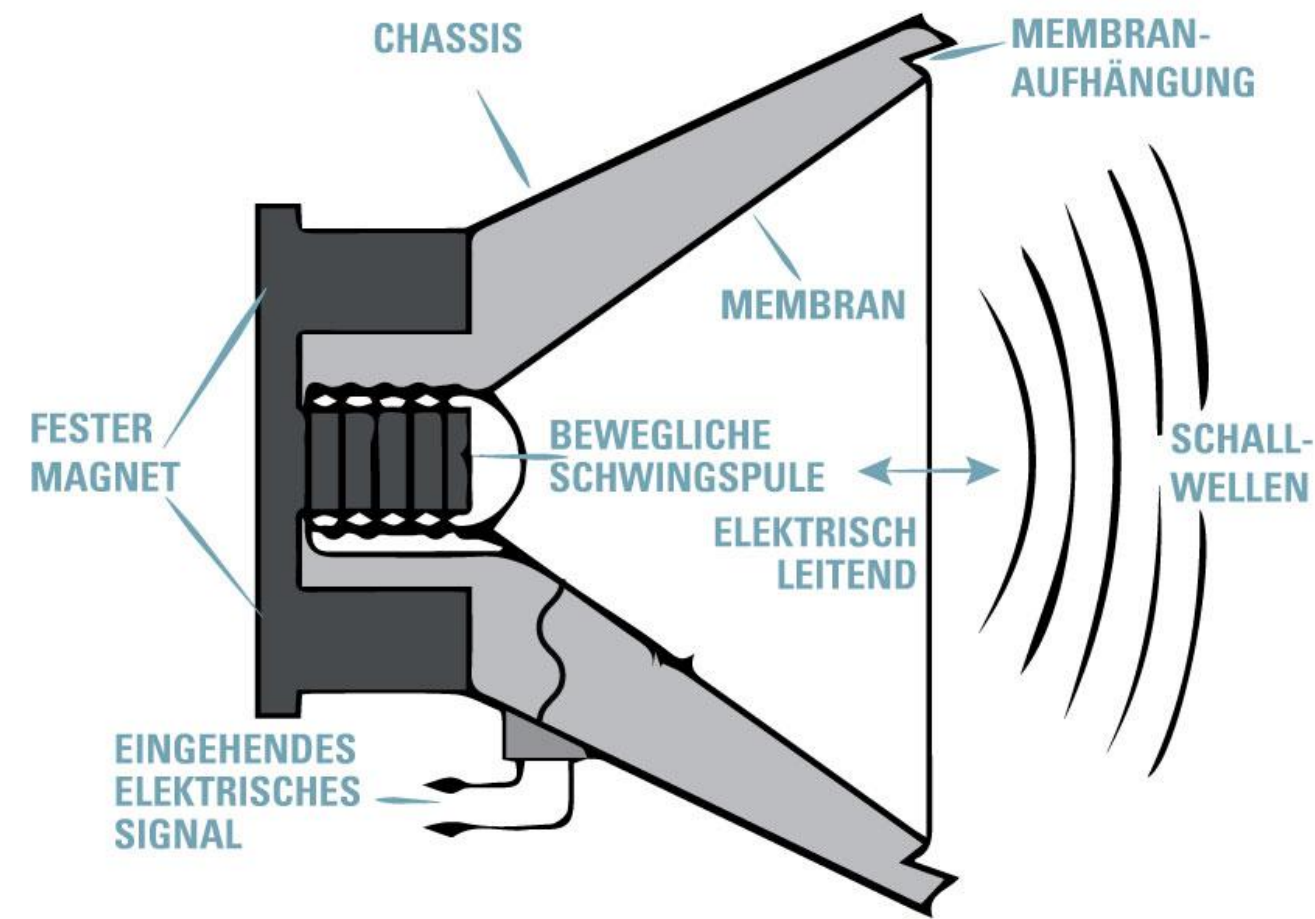


Grundlagen der Audiotechnik

Funktionsprinzip des Lautsprechers

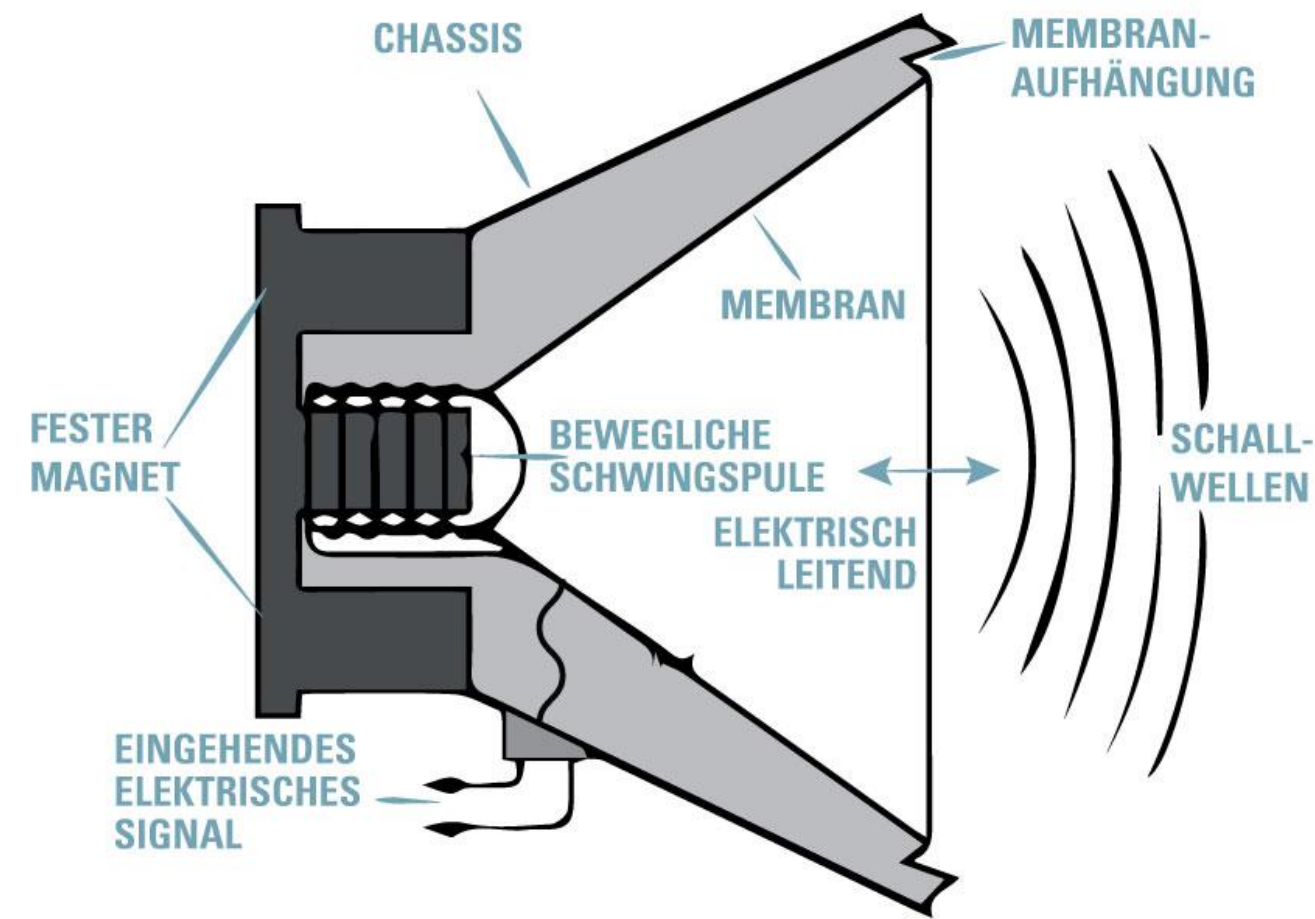
Grundprinzip

- ein Lautsprecher wandelt elektrische Signale in Schallwellen um
- die Funktion beruht auf Elektromagnetismus und mechanischer Schwingung
- Kernbestandteile: Spule, Magnet, Membran



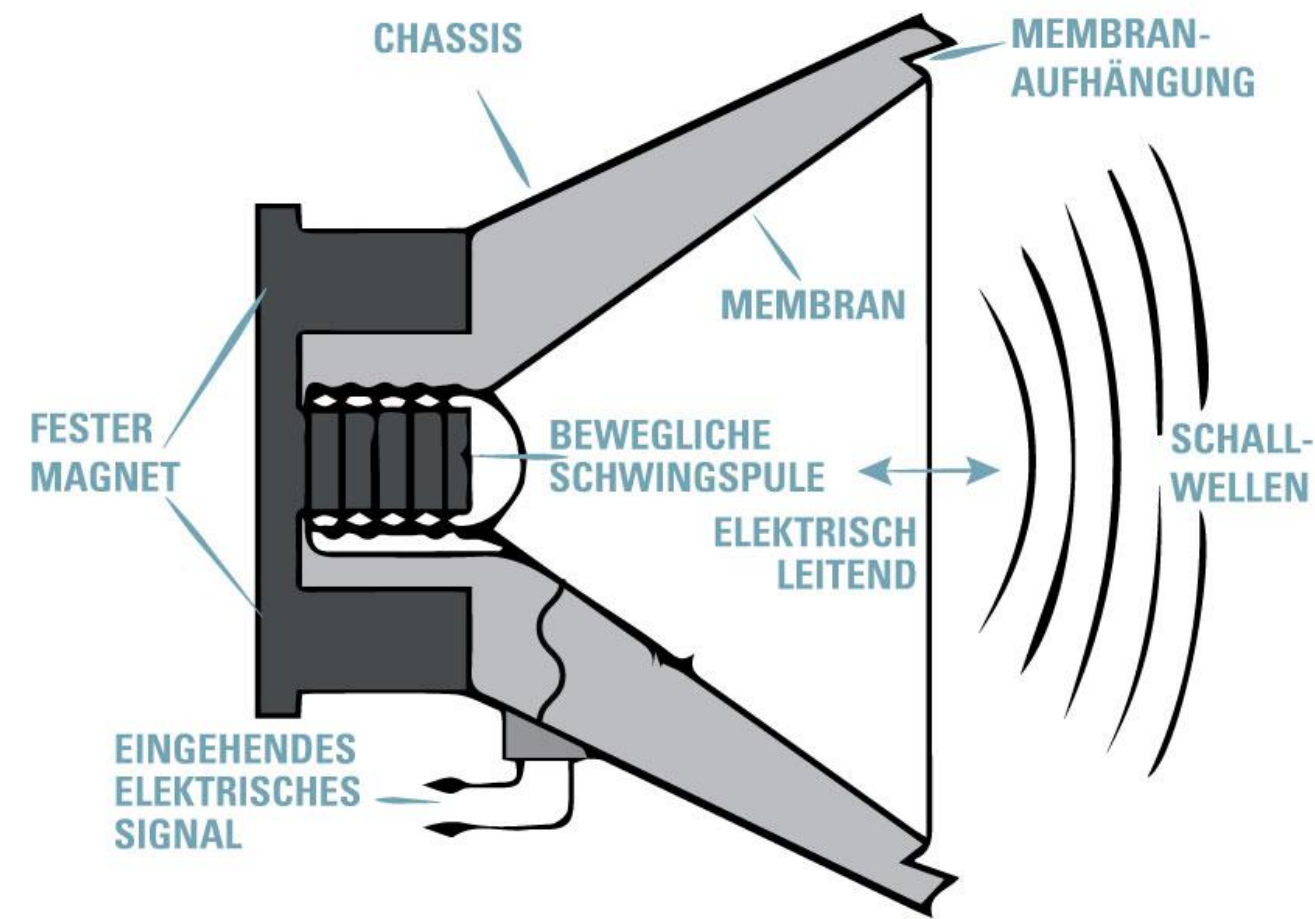
Ablauf der Umwandlung

- ein elektrisches Signal (Musik, Sprache) fließt durch die Spule
- Strom erzeugt ein Magnetfeld → es wirkt auf den festen Dauermagneten
- durch Wechselstrom entsteht eine vor- und zurückgehende Bewegung der Spule



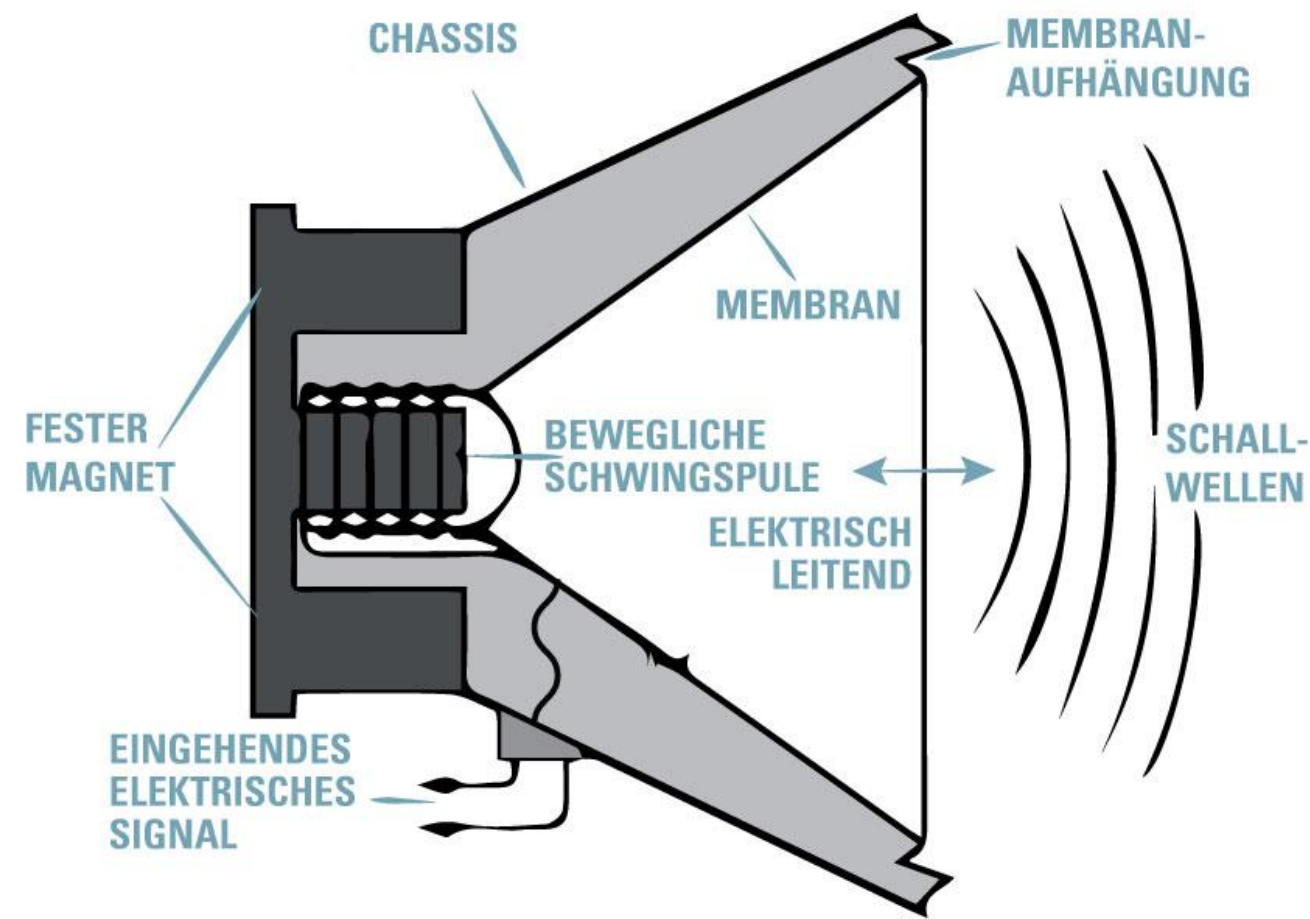
Ablauf der Umwandlung

- Membran ist an der Spule befestigt → sie beginnt mitzuschwingen
- Membran versetzt die Luftmoleküle in Bewegung → es entstehen Schallwellen



Eigenschaften und Verhalten

- Frequenzbereich: Membran kann schnell oder langsam schwingen
- Lautstärke: Hängt von der Stärke des Signals (Amplitude) und der Membrangröße ab
- Störungsanteile können entstehen (z. B. Verzerrung bei zu hohen Lautstärken)

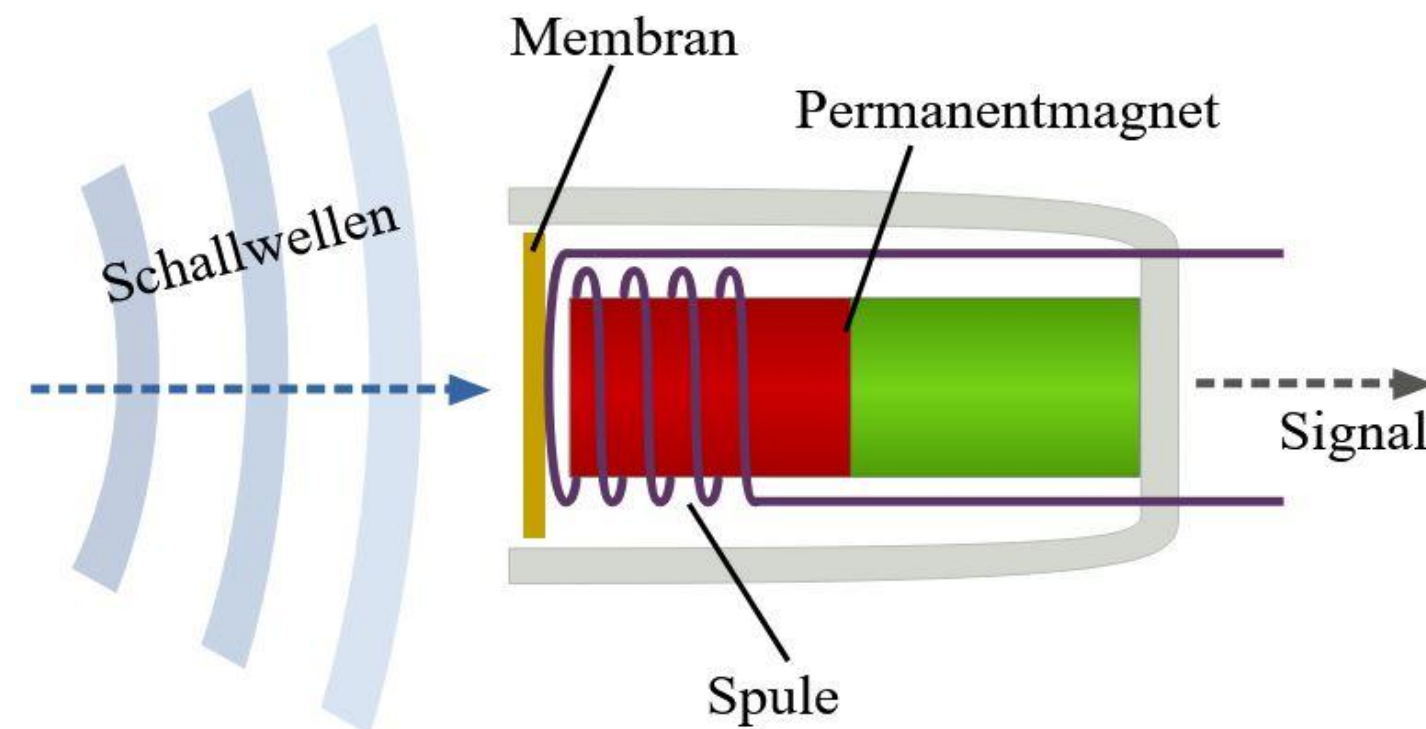


Grundlagen der Audiotechnik

Funktionsprinzip des Mikrofons

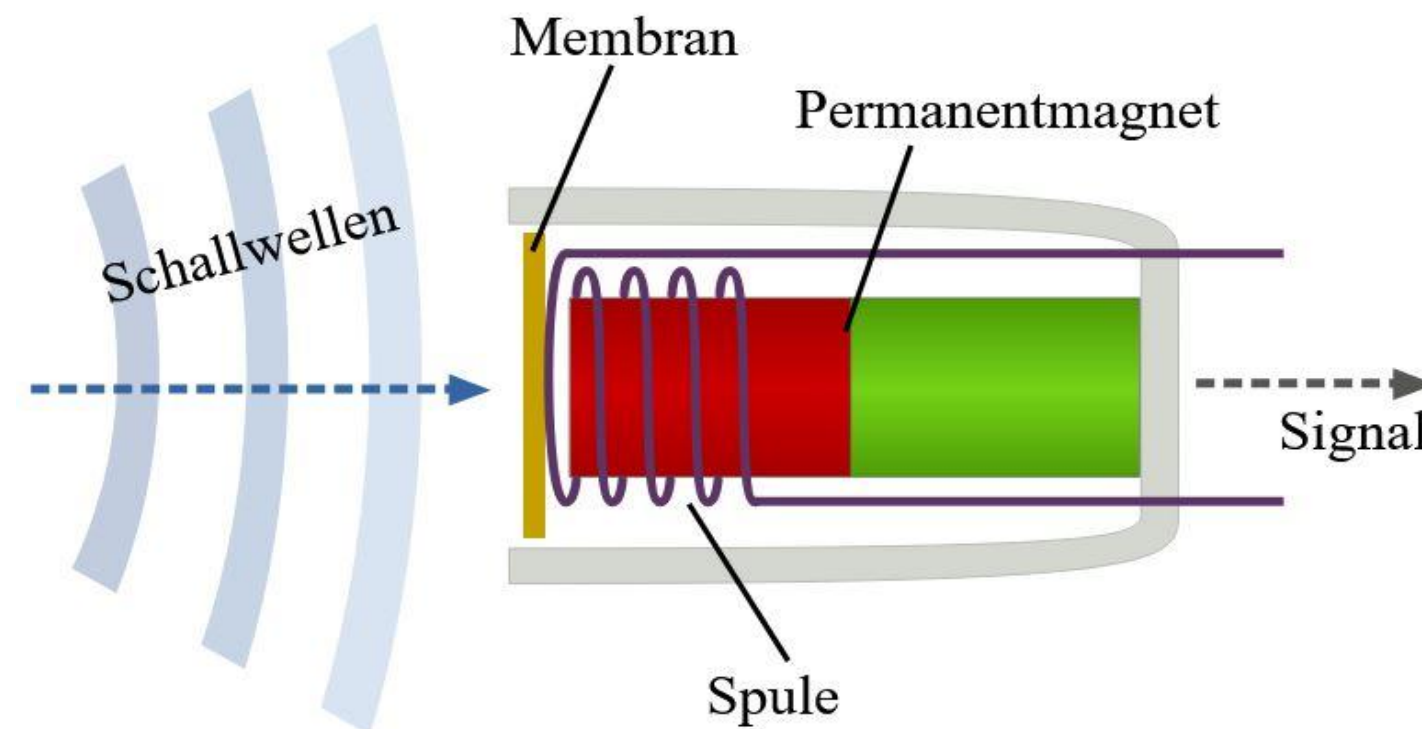
Grundprinzip

- Mikrofon = Umkehrprinzip des Lautsprechers
- wandelt Schallwellen in elektrische Signale um
- Kernbestandteile: Membran, Spule, Magnet (bei dynamischen Mikrofonen)



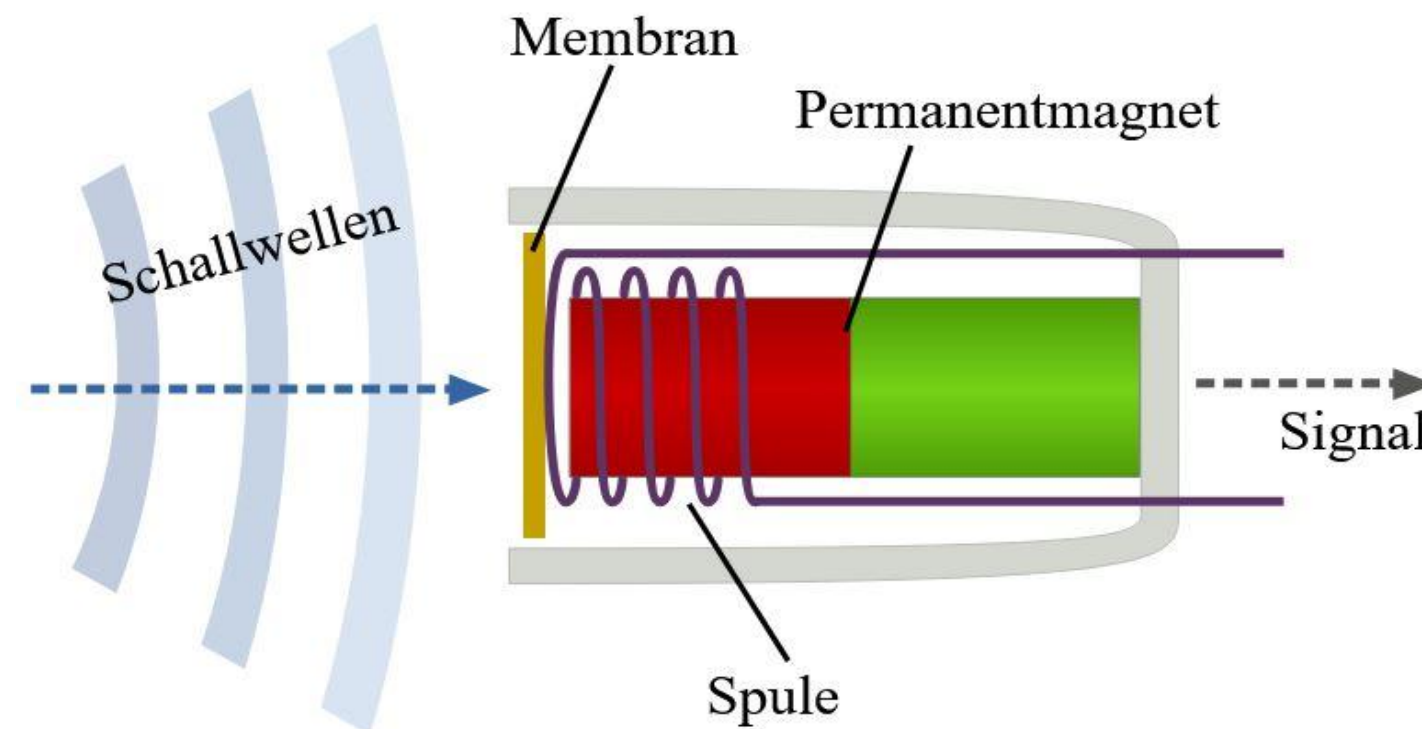
Ablauf der Umwandlung

- Schallwellen treffen auf die Membran → sie beginnt zu schwingen
- Membran ist mit einer Spule verbunden
- Bewegung der Spule im Magnetfeld erzeugt durch elektromagnetische Induktion eine Spannung
- es entsteht ein elektrisches Signal, das den Schall repräsentiert



Eigenschaften und Verhalten

- Lautstärke: bestimmt durch die Stärke der Membranschwingung → beeinflusst die Signalspannung
- Bauarten: Dynamisch, Kondensator, Bändchen, Röhren, Kohle
- Störungsanteile können entstehen (z. B. Verzerrung bei zu hohen Lautstärken bzw. Verstärkungen)



Grundlagen der Audiotechnik

Zusammenspiel von Lautsprecher und Mikrofonen

Grundprinzip

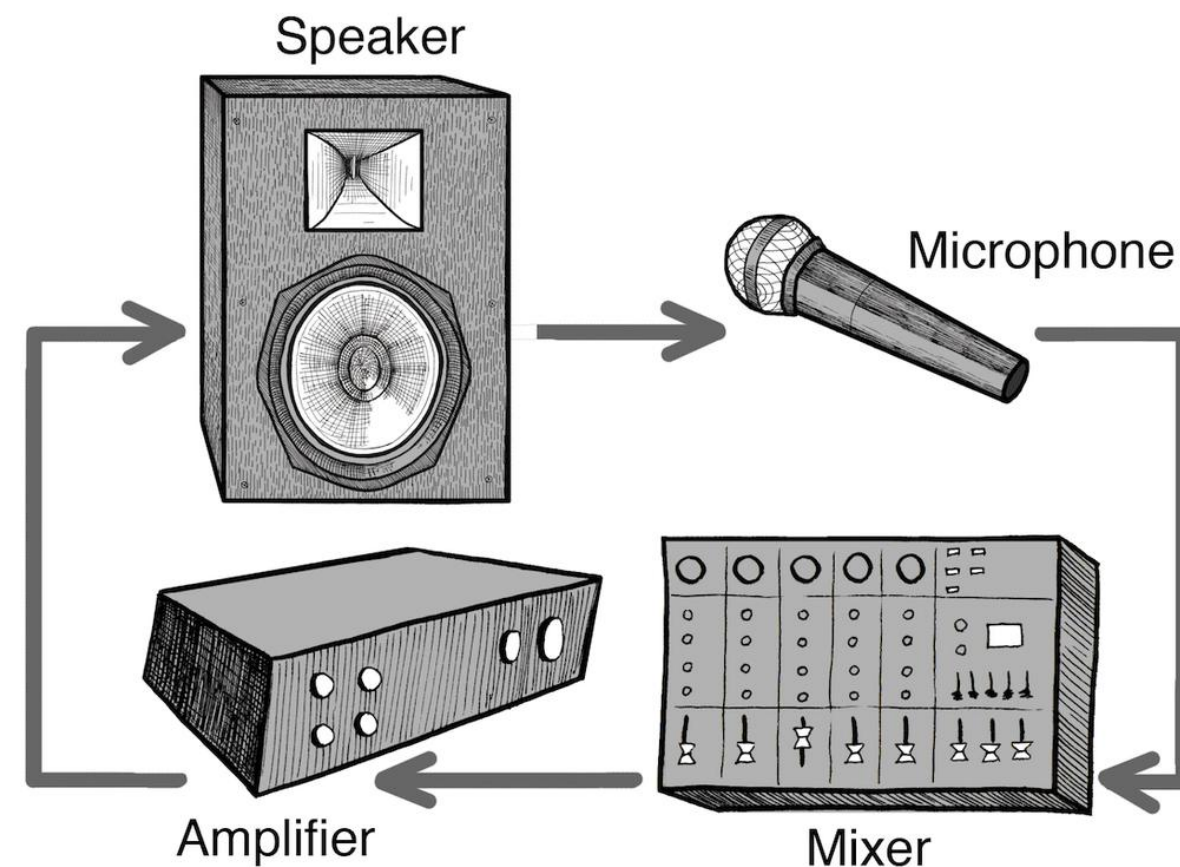
- Lautsprecher: wandelt Signal
→ Schall
- Mikrofon: wandelt Schall
→ elektrisches Signal
- zusammen entsteht eine akustische Kette für Sprache, Musik und Kommunikation

Physikalischer Ablauf

- Schallquelle (z. B. Stimme, Instrument)
- Mikrofon nimmt Schwingungen auf
→ elektrisches Signal
- Signal kann verstärkt, gefiltert oder bearbeitet werden
- Lautsprecher gibt es wieder als Schall ab

Resultierende Phänomene

- Rückkopplung: Schleife zwischen Mikrofon und Lautsprecher → Pfeifen
- Echo / Hall / Modulationen: durch Reflexion im Raum
- Verzerrungen: bei zu hoher Lautstärke oder Überlastung



II. Raumakustik

Was ist
Raumakustik?

Geometrie
des Raums

Oberflächen und
Materialien

Nachhallzeit
RT60

■ Direktschall, Reflexionen, Absorption, Diffusion, Wichtigkeit, Grundlage für Klangqualität

■ Abmessungen, Raummoden, Architektonische Empfehlungen

■ Oberflächen und Akustik, Reflexion, Absorption, Diffusion

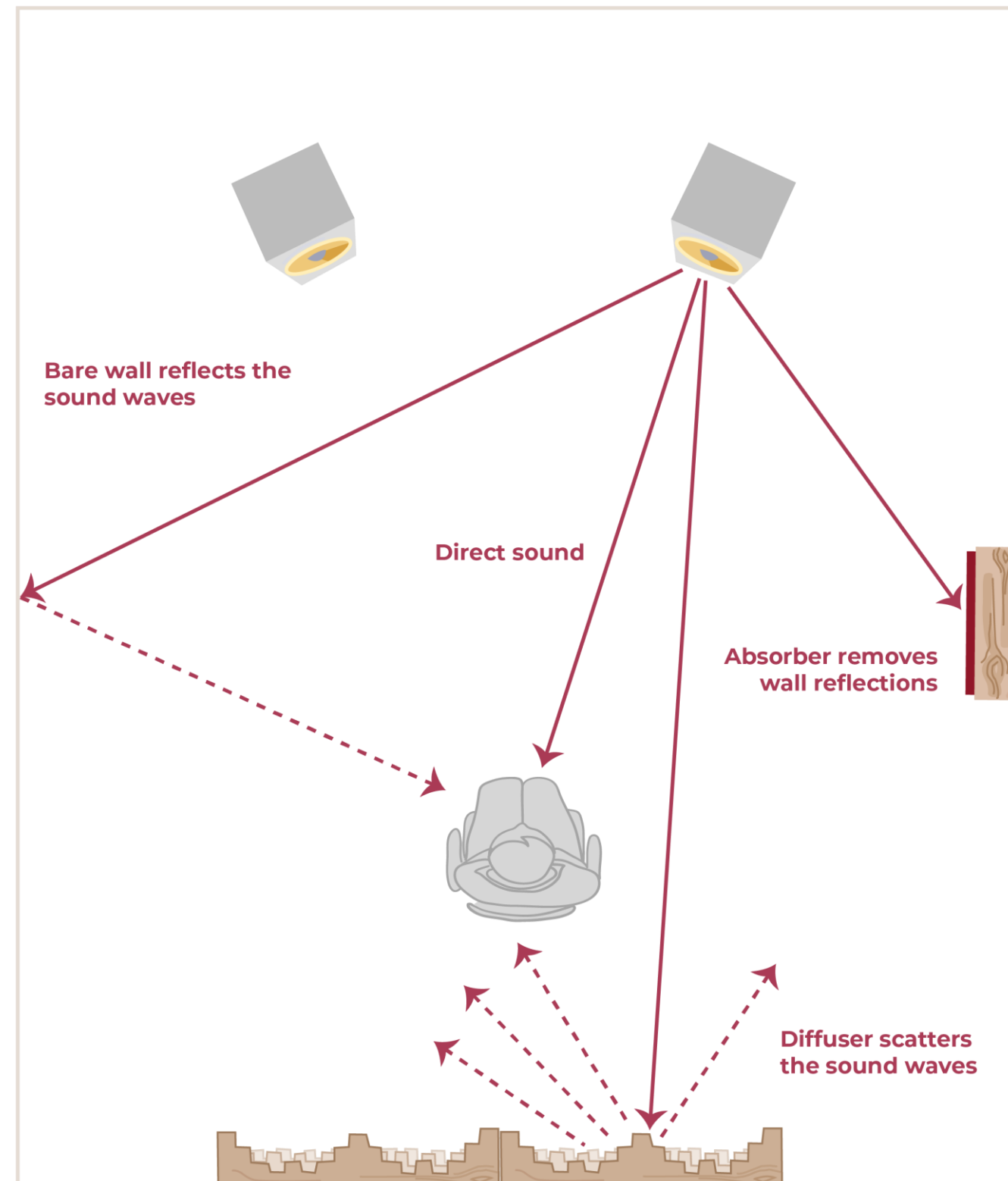
■ Abhängigkeiten, Bestimmung, Frequenzabhängigkeit, Zielwerte

Grundlagen der Audiotechnik

Was ist Raumakustik?

Raumakustik beschreibt die Summe aller Schallereignisse

- Direktschall
- Frühe Reflexionen
- Späte Reflexionen
- Absorption
- Diffusion



Warum ist Raumakustik wichtig?

- Grundlage für Sprachverständlichkeit
- entscheidend für Musikqualität und Hörgenuss
- beeinflusst das Wohlbefinden der Zuhörer
- erleichtert die Aufnahme von Informationen

Folgen schlechter Akustik

- gesprochene Worte wirken undeutlich oder hallen nach
- Müdigkeit und Konzentrationsverlust bei Zuhörenden
- erhöhter Redeaufwand
→ Sprecher wird schneller erschöpft

Einfluss von Geometrie und Materialien

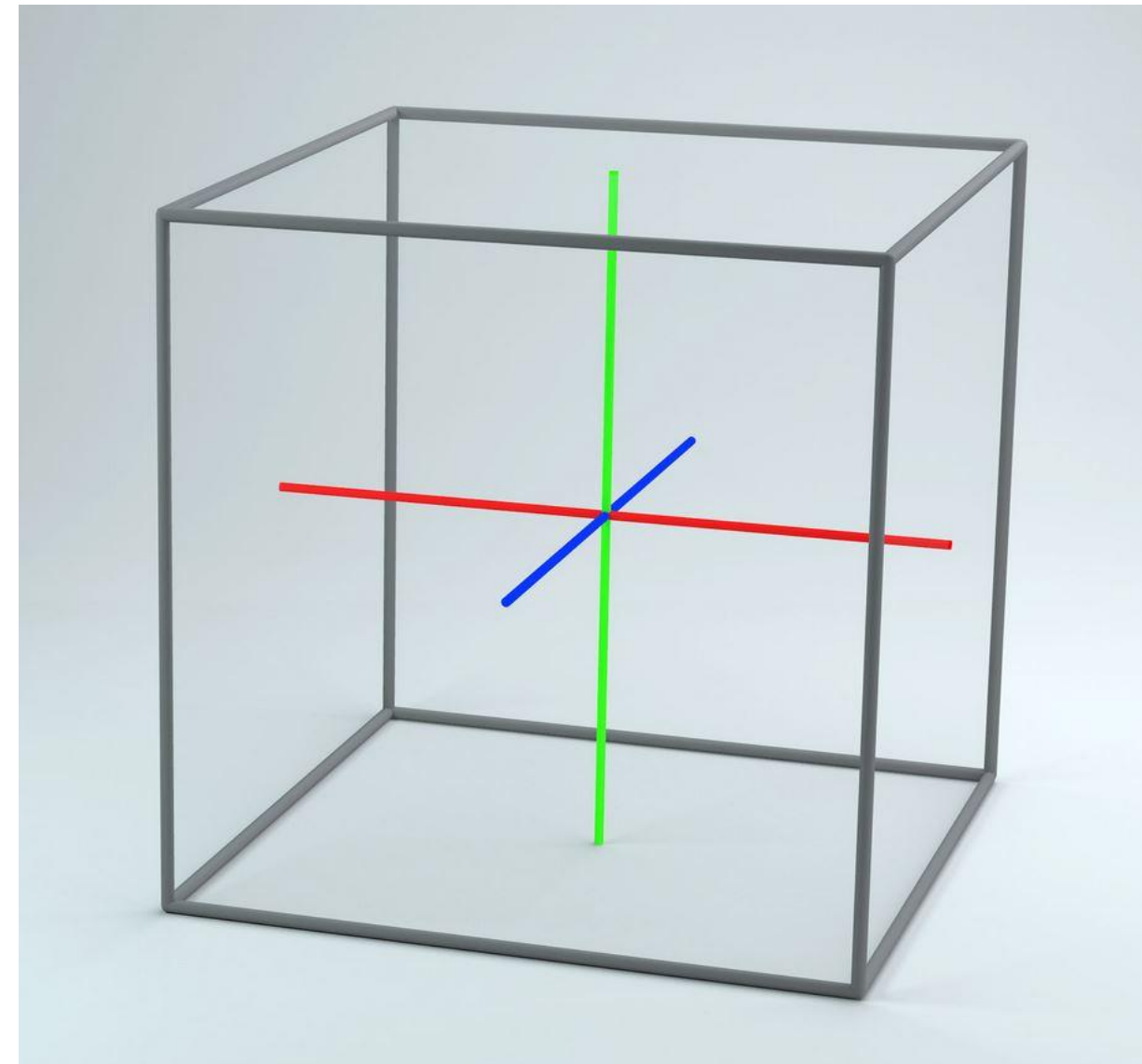
- Form und Materialien bestimmen, wie Schall reflektiert oder absorbiert wird
- parallele Flächen sorgen für Eigenresonanzen des Raumes
- härtere Oberflächen
→ mehr Reflexion
- weichere Oberflächen
→ mehr Absorption
- jeder Raum hat seinen Eigenklang

Grundlagen der Audiotechnik

Geometrie des Raums

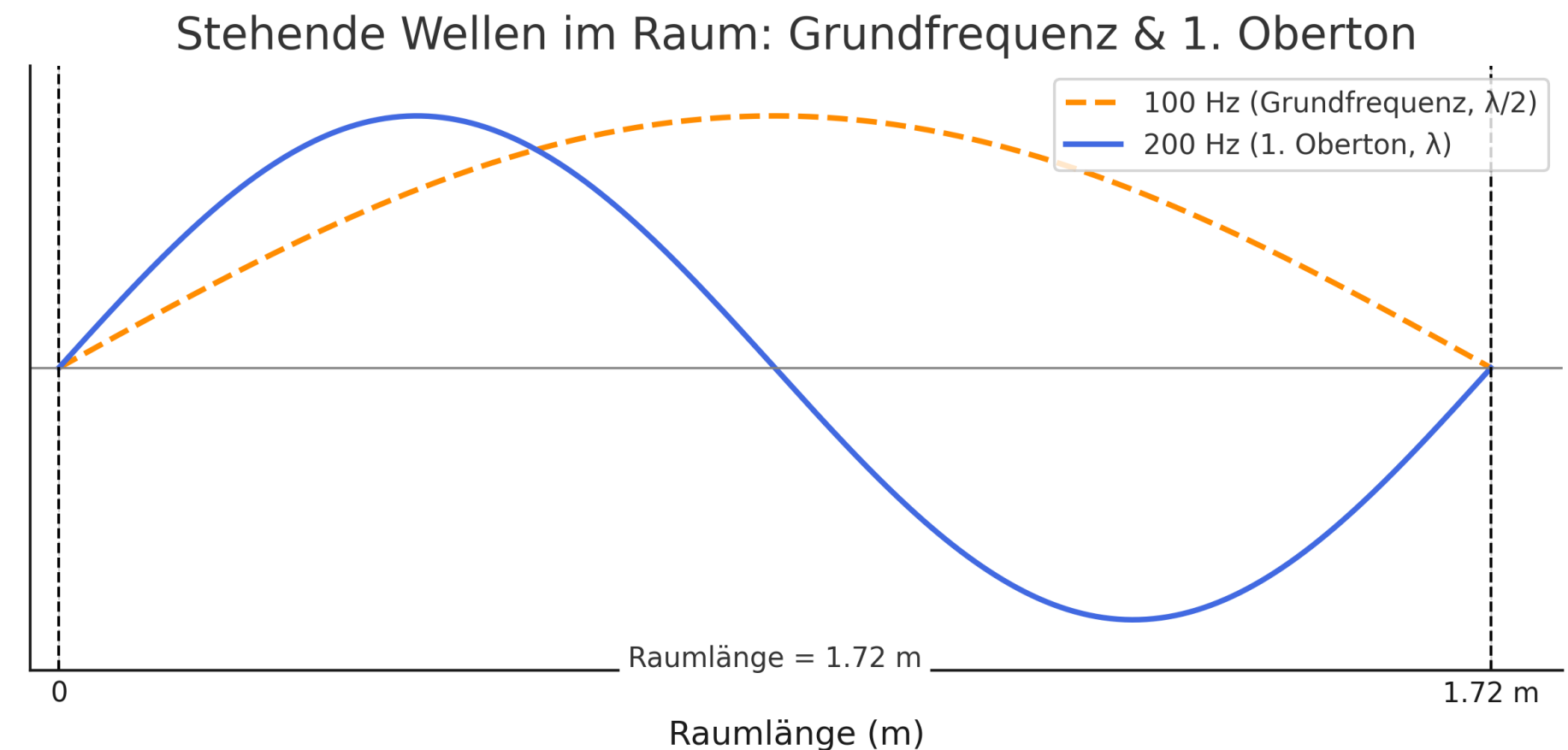
Einfluss der Abmessungen

- Länge, Breite, Höhe bestimmen, wie sich Schallwellen im Raum ausbreiten
- kleine Räume
 - oft direkter Klang
aber Gefahr von Überlagerungen
- große Räume
 - längerer Nachhall,
aber weniger Überlagerungen



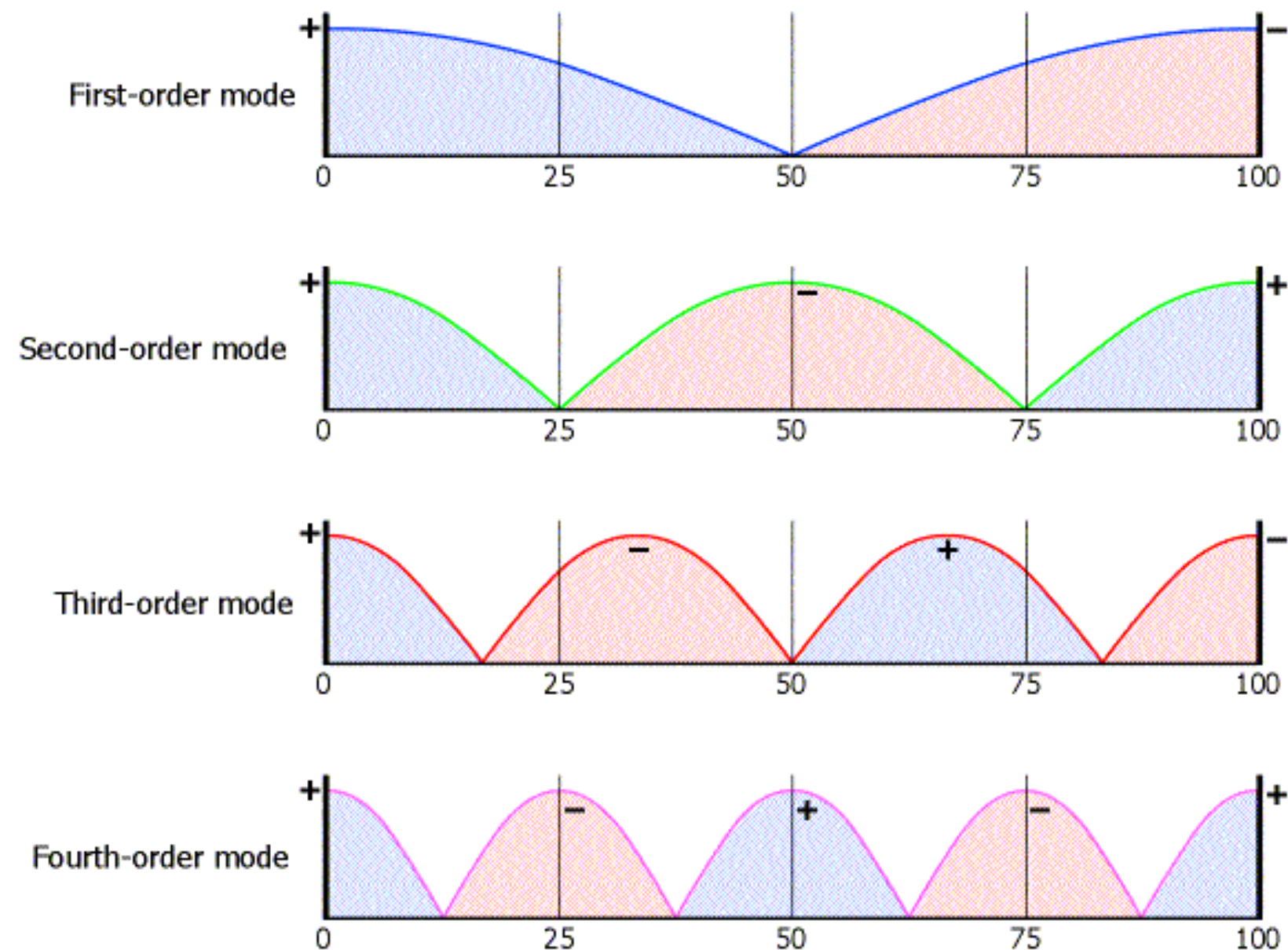
Raummoden (stehende Wellen)

- treffen Schallwellen auf parallele Wände, laufen sie zwischen ihnen hin und her
- wenn der Abstand zwischen zwei Flächen einer halben Wellenlänge ($\lambda/2$) oder einem Vielfachen entspricht ...
→ passen ganze Wellen genau zwischen die Flächen
- hin- und zurücklaufende Wellen überlagern sich
→ es entstehen stehende Wellen



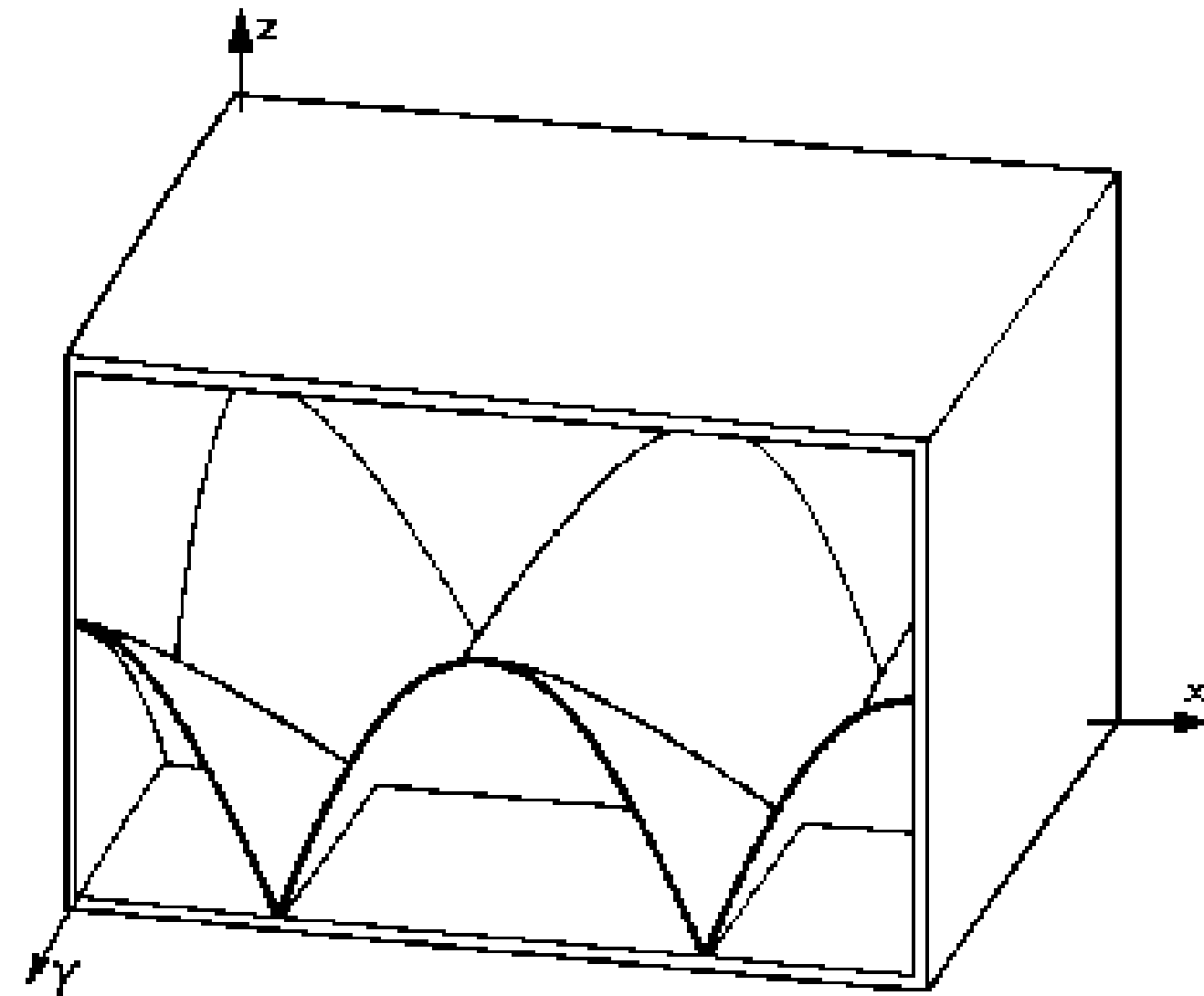
Raummoden (stehende Wellen)

- real staut sich Schall an den Wandflächen
- die Grundfrequenz bestimmt sich durch den Wandabstand
- ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz überlagern sich
→ es entsteht ein komplexes Schallfeld zwischen den Wandflächen
- bestimmte Frequenzen werden an verschiedenen Punkten im Raum verstärkt oder abgeschwächt



Raummoden (stehende Wellen)

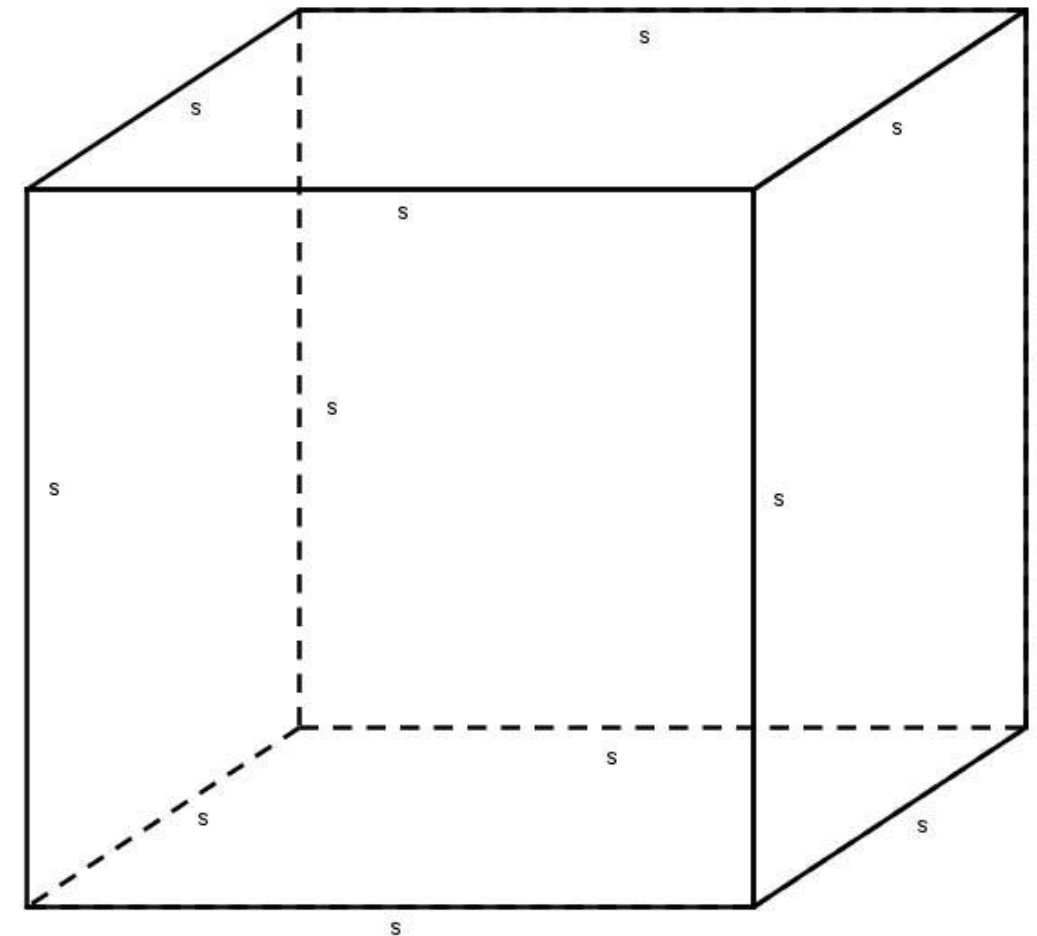
- Resonanzen entstehen nicht nur entlang der Länge, sondern auch entlang Breite und Höhe
- jede Raumdimension bringt eigene Grundfrequenzen & Obertöne
- alle drei Achsen überlagern sich



Raummoden (stehende Wellen)

Worst Case: Würfel

- alle Raummaße identisch
→ gleiche Resonanzfrequenzen
- starke Überhöhungen & Auslöschungen
- sehr unnatürlicher Klang



Architektonische Empfehlungen

- bauen Sie keine Würfel
→ gleiche Maße = gleiche Resonanzfrequenzen
- vermeiden Sie Vielfache
→ keine 1:2 oder 1:3 Verhältnisse
- optimale Proportionen: ca. 1 : 1,4 : 1,9 (Höhe : Breite : Länge)
- schräge Flächen helfen
→ Wände oder Decke um mind. 7° geneigt

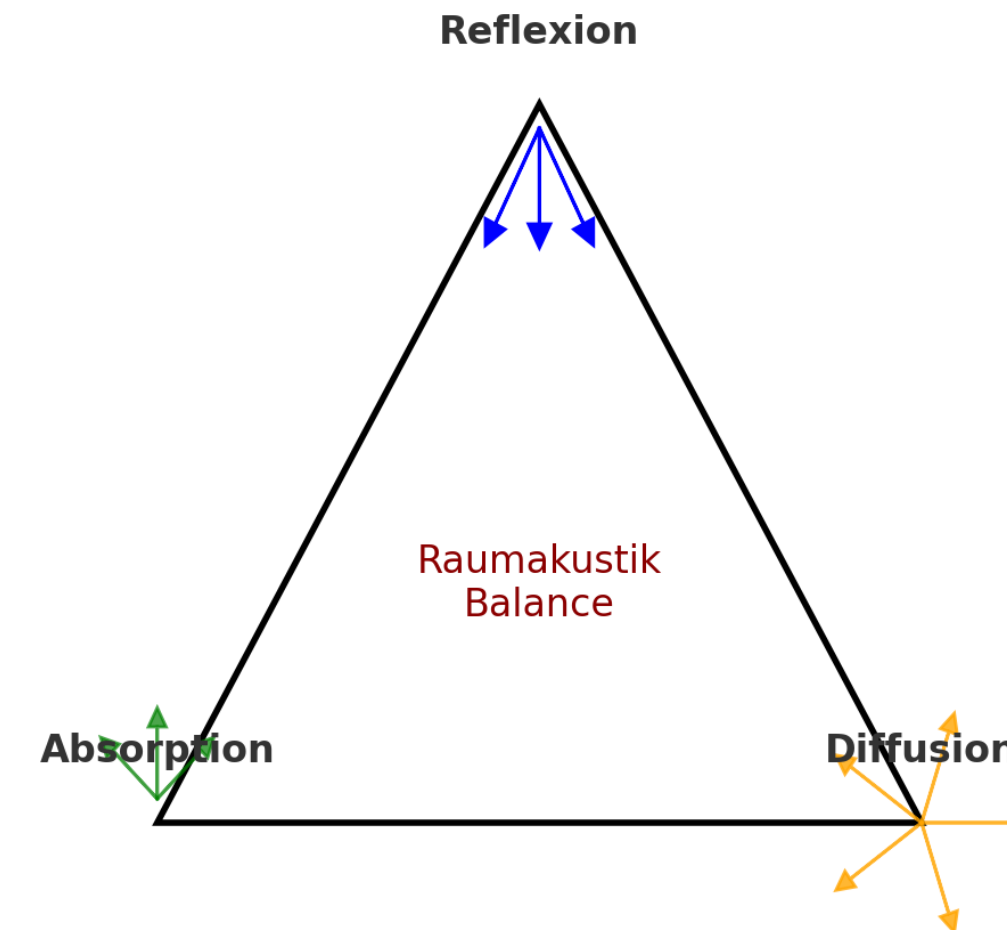
Grundlagen der Audiotechnik

Oberflächen und Materialien

Oberflächen und Akustik

- Materialien der Wände, Decken und Böden beeinflussen den Klang massiv
- je nach Material entstehen:
 - Reflexionen (zurückgeworfener Schall)
 - Absorption (aufgenommener Schall)
 - Diffusion (gestreuter Schall)
- die richtige Mischung bestimmt:
 - Sprachverständlichkeit
 - Klangqualität
 - Wohlbefinden im Raum

Die drei Grundprinzipien der Oberflächenmaterialien



Schallharte Oberflächen

- typische Materialien: Glas, Beton, Stein, Fliesen
- Schall wird stark reflektiert und in den Raum zurückgeworfen
- Folgen:
 - langer Nachhall entsteht
 - Echos entstehen
 - Stimmen vermischen sich mit Reflexionen
- Praxis: zu viele harte Flächen
→ schlechte Sprachverständlichkeit



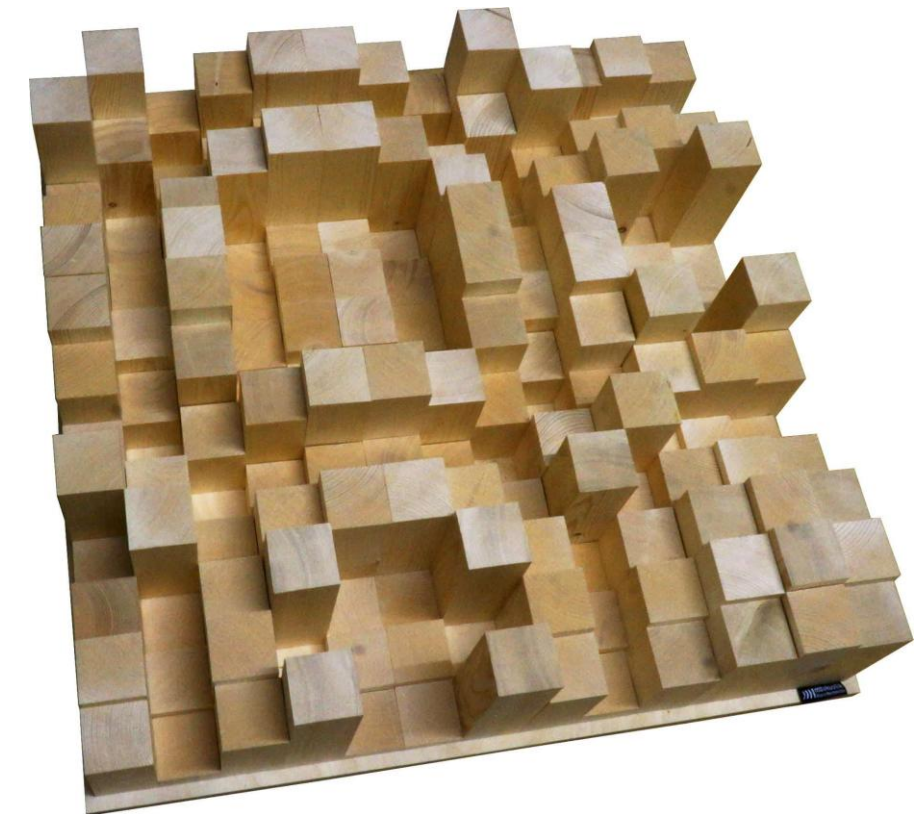
Poröse Oberflächen

- Typische Materialien: Teppich, Polstermöbel, Breitbandabsorber
- Schall wird absorbiert (verschluckt Energie)
- Folgen:
 - Schallenergie wandelt sich in Wärme
 - Nachhallzeit wird kürzer, Raum wirkt „trocken“
- Praxis: wichtig für Sprachverständlichkeit, aber zu viel davon
→ Raum wird dumpf und beklemmend



Diffundierende Oberflächen

- typisch: Bücherregale, unregelmäßige Strukturen, Diffusoren
- Schall wird gleichmäßig gestreut
- Folgen:
 - keine harten Echos
 - natürlicher & ausgewogener Klang
- Praxis: Ideale Ergänzung von Absorption & Reflexion



Grundlagen der Audiotechnik

Nachhallzeit RT60

Abhängigkeiten der Nachhallzeit

- direktes Resultat aus Schallausbreitung, Geometrie & Oberflächenbeschaffenheit
- Raumvolumen
 - große Räume = längere Nachhallzeit
- Oberflächen
 - Teppichem, Absorber, etc. verkürzen RT60
- Diffusion & Geometrie
 - beeinflussen Verteilung des Schalls

Bestimmung der Nachhallzeit

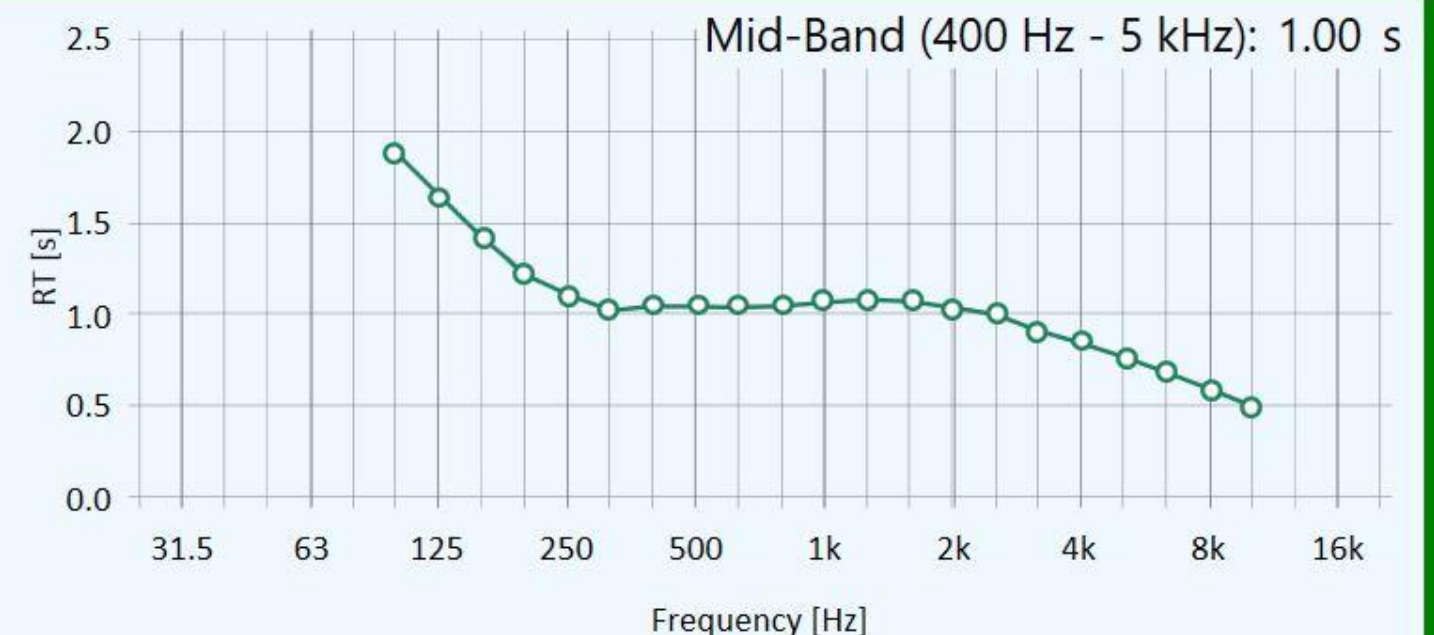
- Schallimpuls wird mittels Dodekaeder erzeugt
→ gleichmäßige Abstrahlung in alle Richtungen
- Messmikrofon nimmt das Abklingverhalten auf
- Auswertung der Abklingkurve
→ Zeit bis Pegel um 60 dB gefallen = RT60



Frequenzabhängige Variation

- RT60 wird in Oktav- oder Terzbändern gemessen
→ z. B. 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz
- Ergebnis: **Kurve statt Einzelwert**
→ zeigt auf wie sich der Raum bei tiefen und hohen Tönen verhält
- **tiefe Frequenzen**
→ meist längere RT60 (schwerer zu absorbieren)
- **hohe Frequenzen**
→ oft kürzere RT60 (leichter zu bedämpfen)
- Auswertung der Abklingkurve
→ Zeit bis Pegel um 60 dB gefallen = RT60

Calculated Reverberation Time



Zielwerte der Nachhallzeit

- Tonstudio
→ 0,2 – 0,3 s (sehr kurz, präzise Abhörbedingungen)
- Konferenzraum
→ 0,4 – 0,8 s (gute Sprachverständlichkeit)
- Veranstaltungshalle (Mehrzweck)
→ 1,0 – 1,5 s (Balance zwischen Sprache und Musik)
- Konzertsaal / Oper
→ 1,8 – 2,2 s (musikalische Fülle, Natürlichkeit)
- Kirche / Kathedrale
→ bis 8 s (monumentaler Klang, aber oft geringe Sprachverständlichkeit)

III. Lautsprechersysteme & Anwendung

Grundlagen der
Lautsprecher-
systeme

Lautsprecher-
formen &
Technologien

Sonderformen

Anwendung &
Auswahl

■ Aktiv, Passiv, 100V Technik,
Hybride Versorgungsarten

■ Punktquellen, Linienquellen,
Vergleichsbetrachtungen, Line Array

■ Beam Steering Lautsprecher,
Deckenlautsprecher,
Körperschalllautsprecher

■ Grundfragen, Systemwahl nach Zweck,
Weitere Kriterien

Grundlagen der Audiotechnik

Grundlagen der Lautsprechersysteme

Aktive Lautsprecher

- Verstärker eingebaut
→ direkter Anschluss des Signals möglich
- Vorteile:
 - weniger Kabel (nur Signal + Strom)
 - optimierte Abstimmung von Amp & Speaker
 - einfache Installation
- Nachteile:
 - höheres Gewicht pro Box
 - Stromversorgung an jedem Standort nötig



Passive Lautsprecher

- externe Endstufe erforderlich
- Vorteile:
 - flexiblere Verstärkerwahl
 - leichtere Lautsprecher
 - einfachere Wartung (da Endstufe meist zentralisiert)
- Nachteile:
 - lange Kabelstrecken
→ Leistungsverluste → dicker Querschnitt erforderlich



100V-Technik

- Prinzip:
hohe Spannung, geringe Verluste auf langen Kabeln
- Vorteile:
 - viele Lautsprecher parallel betreibbar
 - Übertrager im Lautsprecher integriert
- Nachteile:
 - externe Verstärker notwendig
 - keine getrennte Regelung der einzelnen Lautsprecher
 - nicht für hohe Schallpegel geeignet
- Einsatz:
Durchsagen, Hintergrundmusik, große Gebäude



Hybride Versorgungsarten

- PoE-Lautsprecher (Power over Ethernet):
 - ein Kabel für Strom + Audiosignal + Steuerung
 - Anbindung direkt ans Netzwerk (z. B. Dante, AES67, AVB)
 - typisch für Konferenzräume, Medientechnik, vernetzte Gebäude
 - begrenzte maximale Leistung
- Self-Powered Lautsprecher:
 - Verstärker nicht im Lautsprecher, sondern in zentraler Versorgungseinheit
 - Multicore-Kabel führt Versorgungsspannung und Signal
 - ermöglicht zentralisierte Wartung



Grundlagen der Audiotechnik

Lautsprecherformen & Technologien

Punktquellen (Point Sources)

- kugelförmige Abstrahlung (theoretisch)
- Vorteile
 - präzise und homogene Schallabstrahlung
 - weitreichender Frequenzgang
je nach Größe von 40Hz – 20kHz
→ oftmals kein zusätzlicher Subwoofer notwendig
 - kompakt und flexibel einsetzbar
 - ideal für kleine und mittelgroße Räume
 - hocheffektiv wenn richtig eingesetzt
- Nachteile:
 - begrenzte Reichweite im Vergleich zu Linienquellen
 - Schalldruck fällt um 6 dB pro Verdopplung der Distanz



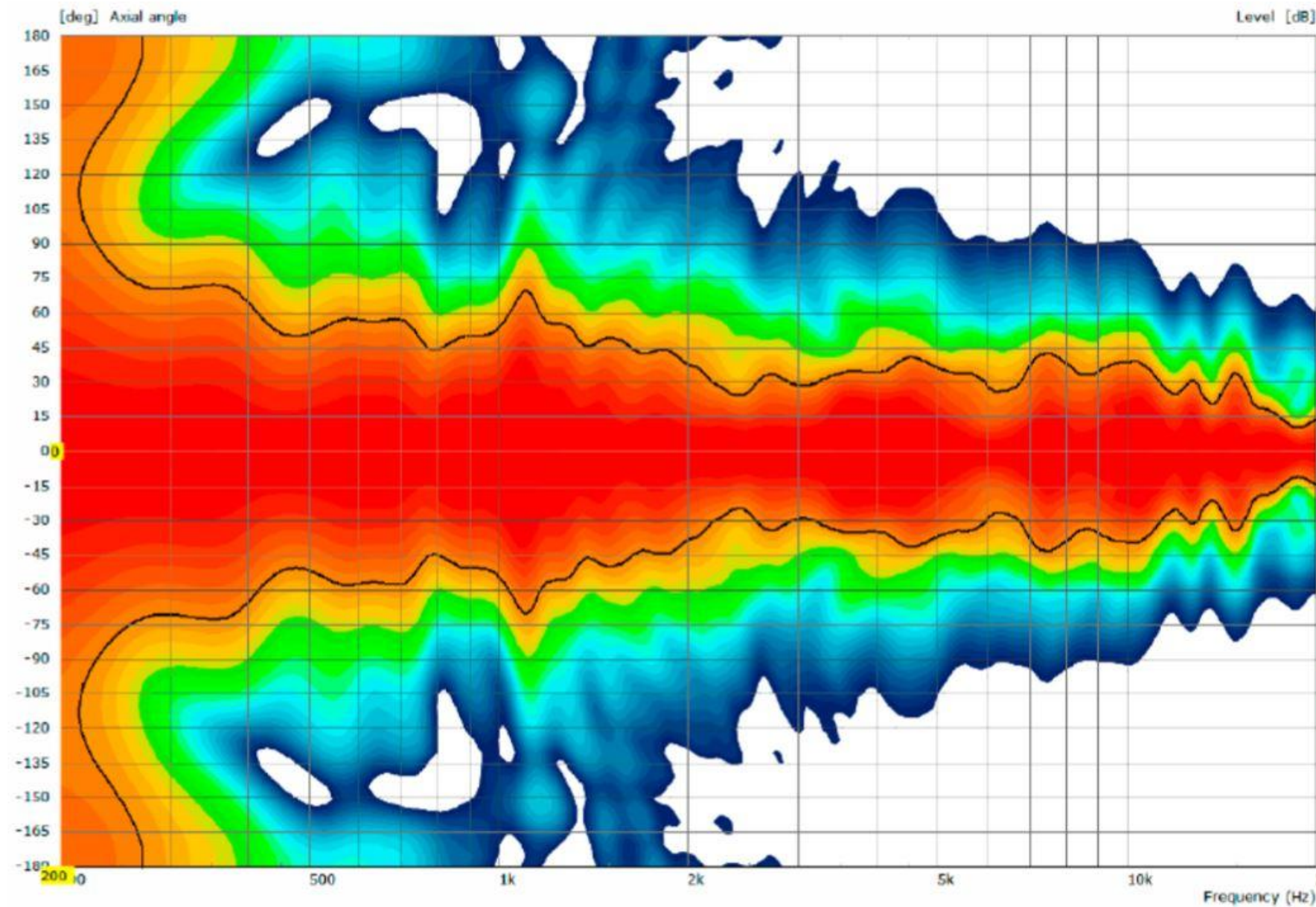
Linienquellen (Line Sources)

- zylindrische Abstrahlung (theoretisch, reell eingeschränkt)
- Vorteile
 - Schalldruck fällt mit 3 dB pro Verdopplung der Distanz
→ die Wellen „reichen weiter“
 - perfekt für lange, schmale Räume
- Nachteile:
 - größere Bauform
→ weniger kompakt, auffälliger im Raum
 - verringerte Basswiedergabe (100 – 20kHz)
 - Richtwirkung eingeschränkt (teilweise gerichtet)
 - Aufstellung aufwendiger (richtige Höhe, Abstand zur Hörfläche)
 - oftmals mit Phasenproblemen einhergehend



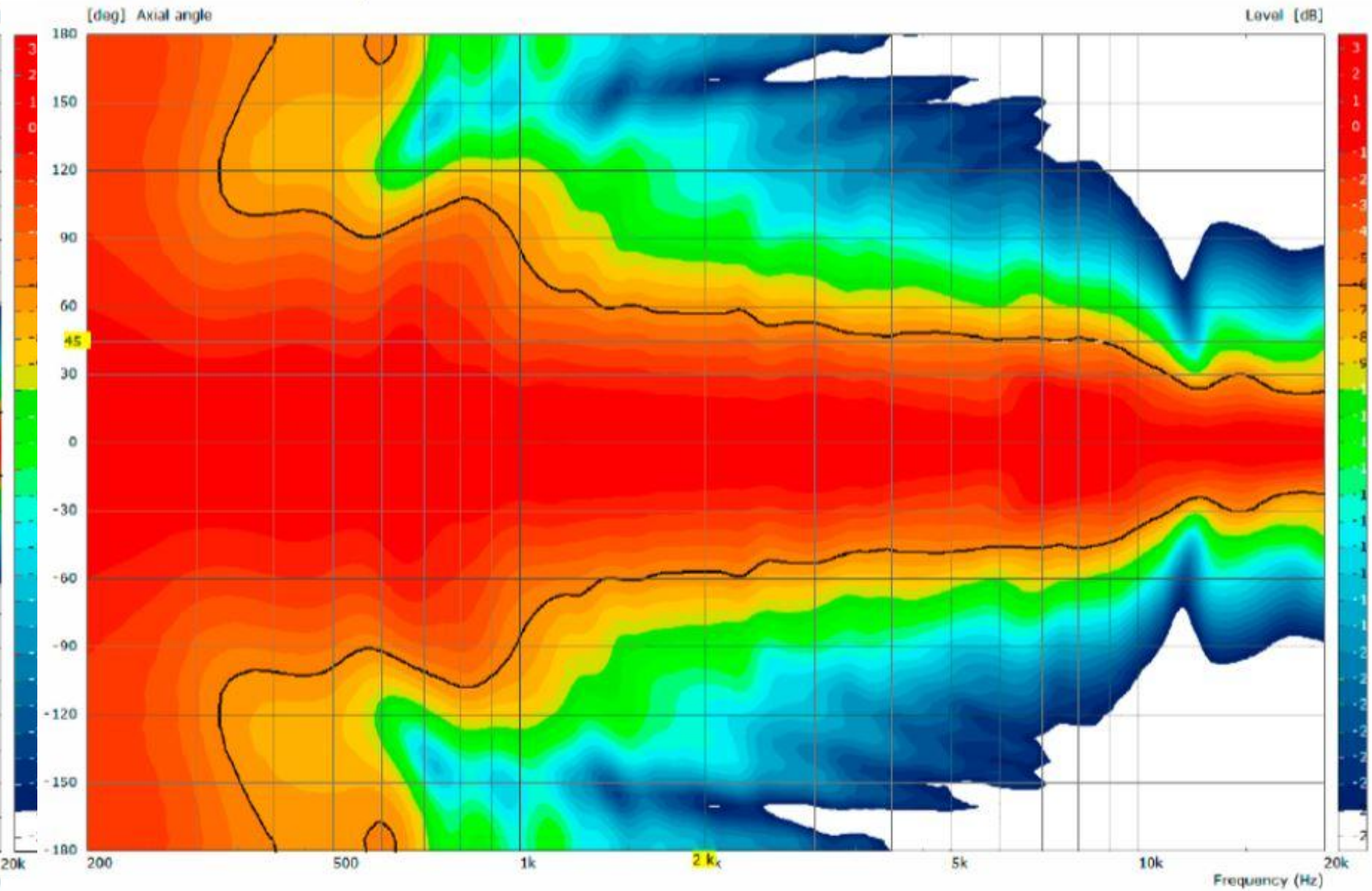
Vergleich Punktquelle vs Linienquelle horizontal

2D Directivity Plot - horizontal



Punktquelle

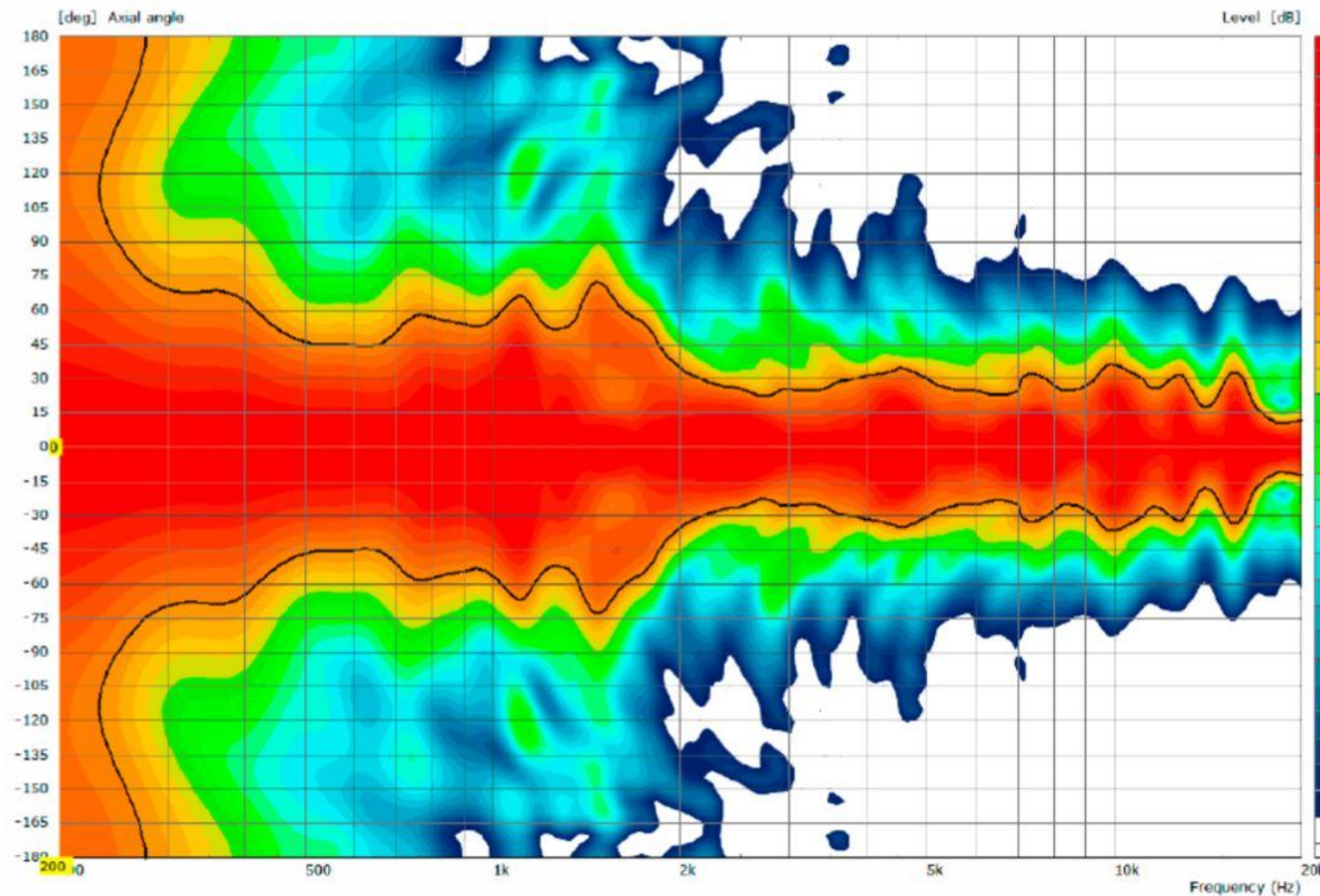
2D Directivity Plot - horizontal



Linienquelle

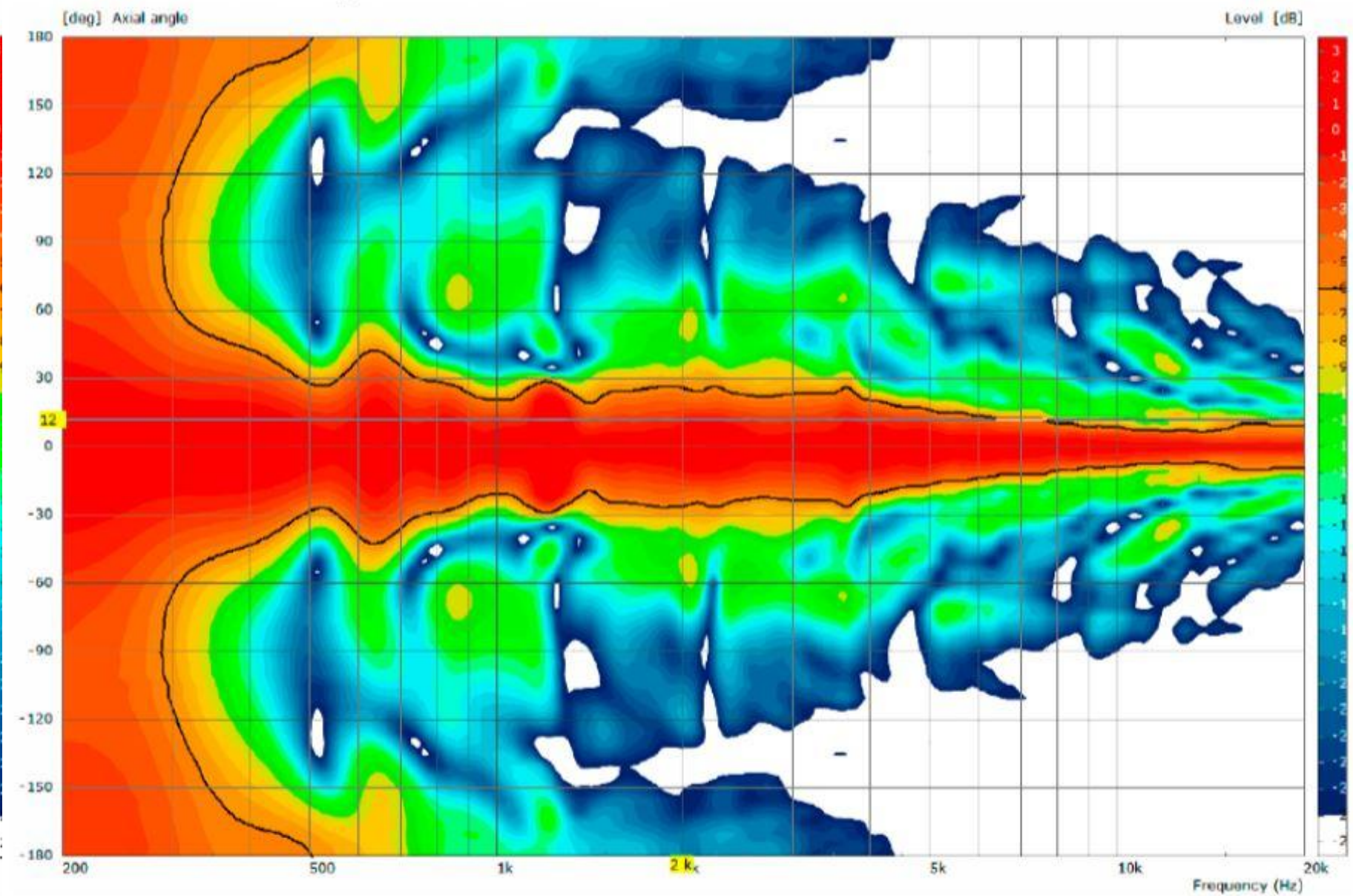
Vergleich Punktquelle vs Linienquelle vertikal

2D Directivity Plot - vertical



Punktquelle

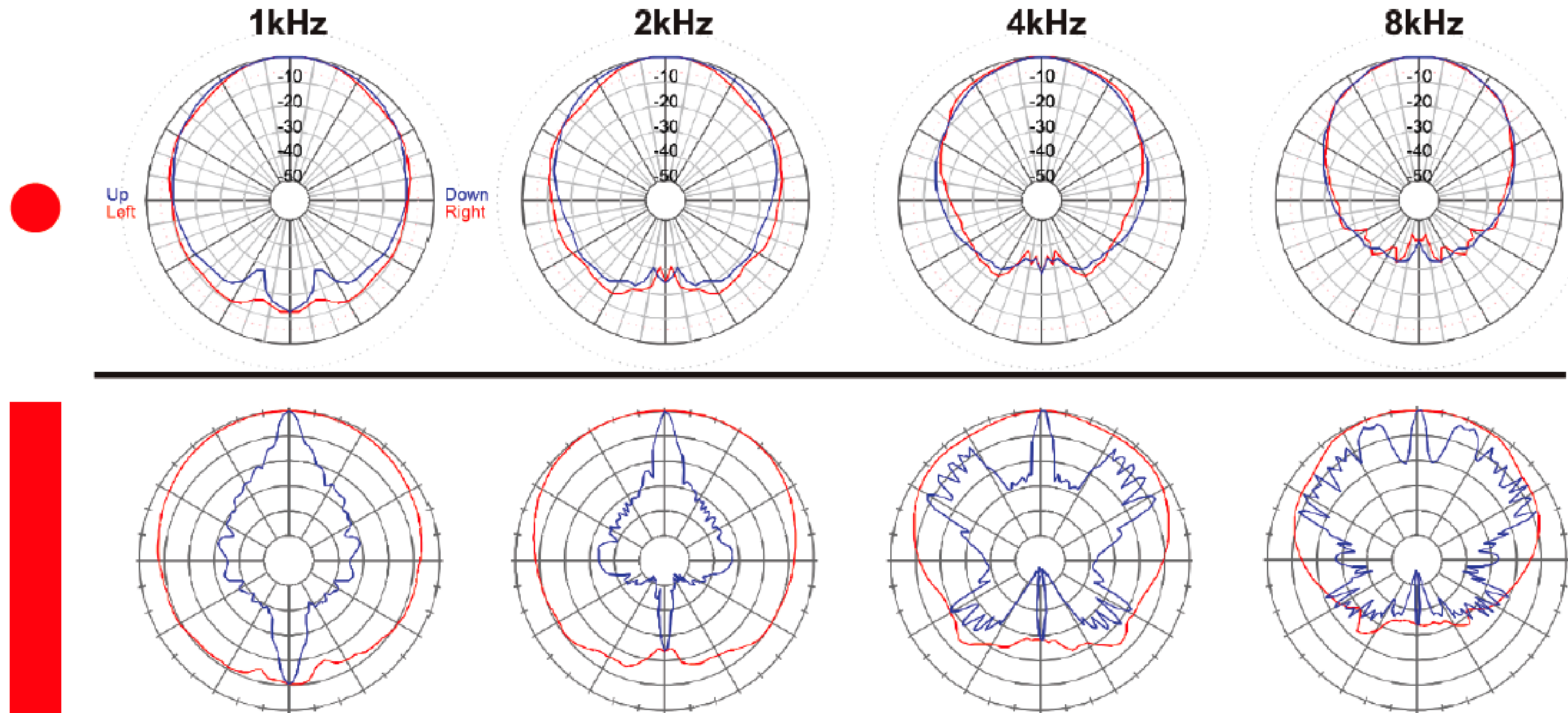
2D Directivity Plot - vertical



Linienquelle

Vergleich Punktquelle vs Linienquelle

Figure 1 - Polars for Point and Line Source (from CATT-A)



Ortung von Frequenzen - Praxis



low frequencys



high frequencys

Line Array

- zylindrische Abstrahlung (theoretisch)
- Vorteile
 - Schalldruck fällt mit 3 dB pro Verdopplung der Distanz
 - skalierbar und variabel anpassbar
 - sehr kontrolliertes Abstrahlverhalten
 - große Reichweite
 - ideal für große Hallen und Open Airs
- Nachteile:
 - hoher Kostenaufwand
 - Größe und Gewicht
 - aufwendige Planung notwendig (Simulation)
 - funktionieren erst ab gewisser Mindestentfernung

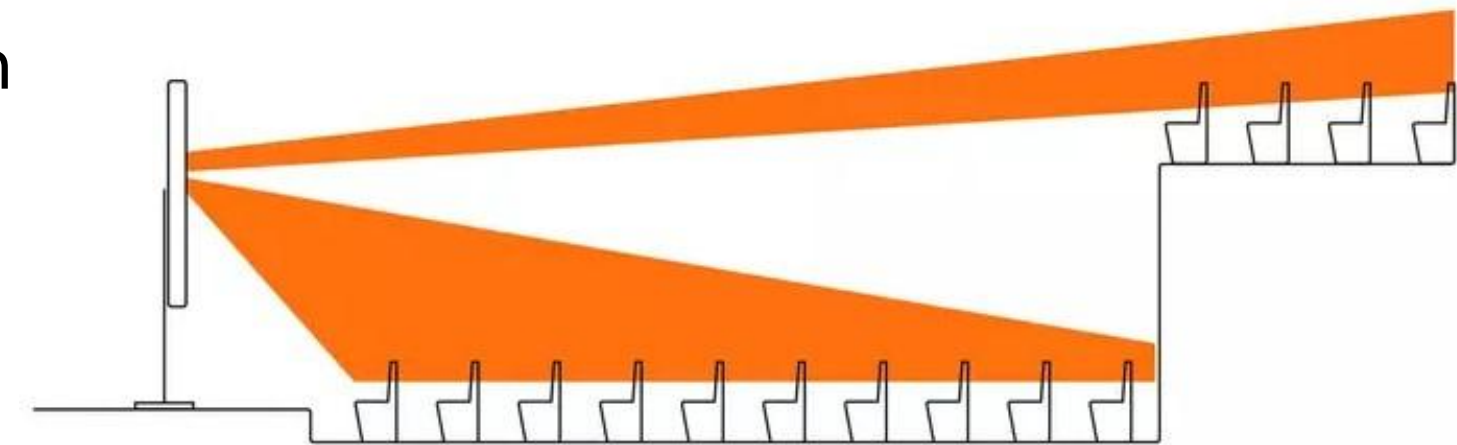


Grundlagen der Audiotechnik

Sonderformen

Beam Steering Lautsprecher

- elektronisch steuerbare Abstrahlrichtung
→ keine mechanische Neigung nötig
- Vorteile
 - sehr präzise Anpassung an Raumgeometrie & Publikum
 - Reduktion von Störschall an Decken/Wänden
→ bessere Sprachverständlichkeit
 - oftmals Unauffällige Integration
 - flexibel auch bei wechselnden Raumnutzungen
- Nachteile:
 - hohe Kosten im Vergleich zu konventionellen Lautsprechern
 - komplexe Planung & Einrichtung
 - erhöhte Latenz durch digitale Signalverarbeitung
 - wechselnde Phaseninterferenzen möglich
→ ungewünschte Nebenkeulen & ungleichmäßiger Frequenzgang



Deckenlautsprecher

- Vorteile

- unauffällige Integration
- gleichmäßige Grundbeschallung möglich bei Rasteranordnung
- ideal für Hintergrundmusik, Durchsagen
- in Kombination mit 100V-Technik besonders flexibel

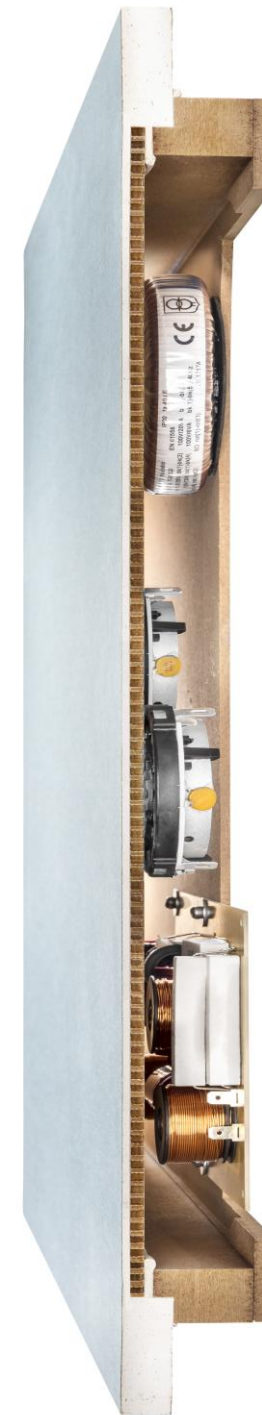
- Nachteile:

- begrenzte Klangqualität
 - wenig Bass, eingeschränkter Pegel
- nicht für gerichtete Beschallung geeignet
 - konzentrische Abstrahlung (meist 90°– 120°)
- für Musik oder präzise Beschallung ungeeignet



Körperschalllautsprecher

- Prinzip: Ein Schwingungserreger (Exciter) wird auf eine feste Fläche montiert
→ die Fläche selbst wird zur Schallquelle
- Vorteile
 - unsichtbar integrierbar
 - flexible Einsatzmöglichkeiten (Glas, Wände, Möbel, etc)
 - platzsparend
→ keine sichtbaren Boxen im Raum
- Nachteile:
 - Klangqualität schwer vorhersehbar
→ stark abhängig vom Material & Montage
 - begrenzte Pegel & Basswiedergabe
 - kaum Richtungsbezug
 - Umsetzung oft teuer & aufwendig



Grundlagen der Audiotechnik

Anwendung & Auswahl

Grundfragen

- Raumgröße & Geometrie
 - klein, mittel, groß, verwinkelt, lang, Delayline notwendig?
- Akustische Eigenschaften des Raumes
 - Nachhallzeit, Materialflächen, Reflexionen?
- Einsatzzweck
 - Sprache, Hintergrundmusik, Konzert?
- Publikum
 - wenige Zuhörer, große Menschenmenge, verteilt oder fokussiert?
- Flexibilität
 - fester Einbau oder variable Lösung?



Systemwahl nach Zweck

- Sprache / Konferenz
 - Beam Steering, Linienquellen, mehrere kleinere Punktquellen
- Hintergrundmusik
 - Deckenlautsprecher, 100V-Systeme
- ausgewogene Musikkwiedergabe
 - Punktquellen, Line Arrays & Subwoofer
- Kirchen & Hallen
 - Linienquellen, Beam Steering
- Speziallösungen
 - Körperschalllautsprecher, Einbau in Möbel?

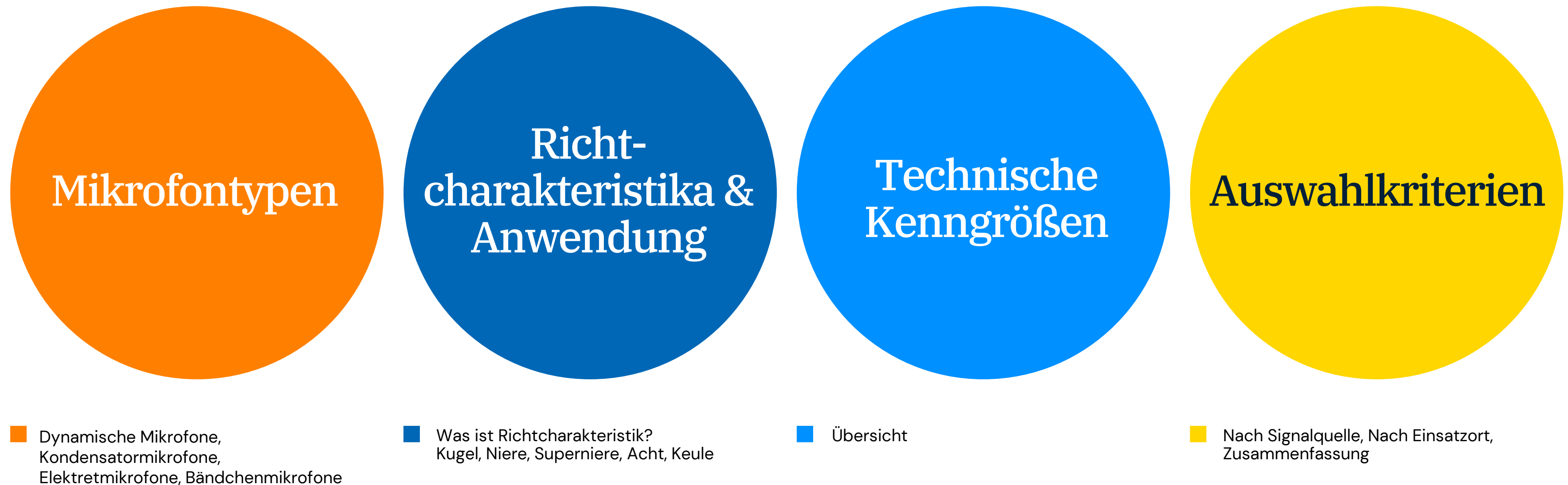


Weitere Kriterien

- Wirkungsgrad & Pegelbedarf
→ reicht das System für die benötigte Lautstärke?
- Gewünschte Abdeckung
→ gleichmäßige Abdeckung oder fokussierte Beschallung nötig?
- Integration ins Raumdesign
→ unauffällig oder darf Technik sichtbar sein?
- Budget & Wartung
→ Investition in hochwertige Technik vs. einfache Standardlösungen
- Zukunftssicherheit
→ Netzwerkanbindung, DSP, Skalierbarkeit



IV. Mikrofone & Anwendung

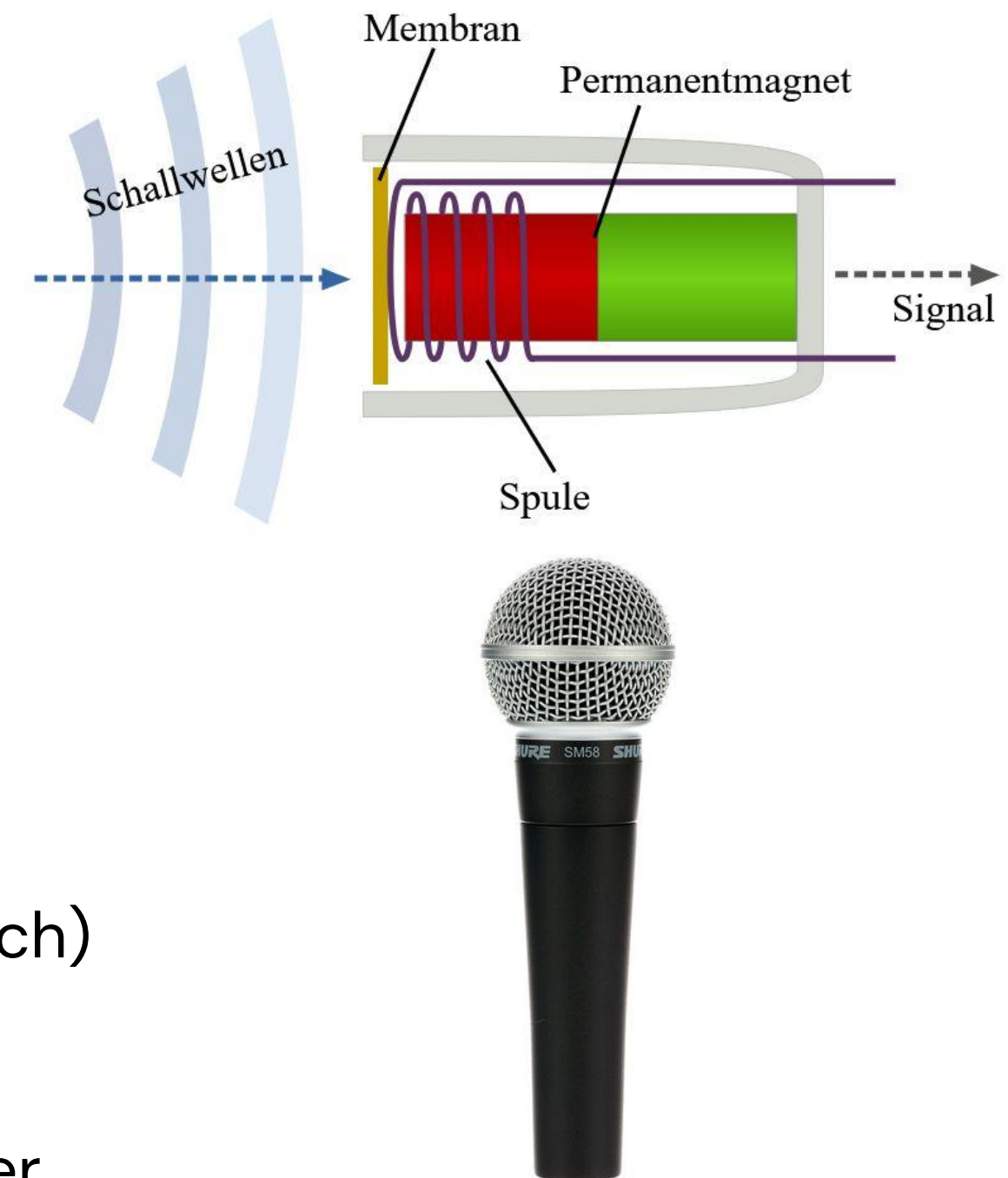


Grundlagen der Audiotechnik

Mikrofontypen

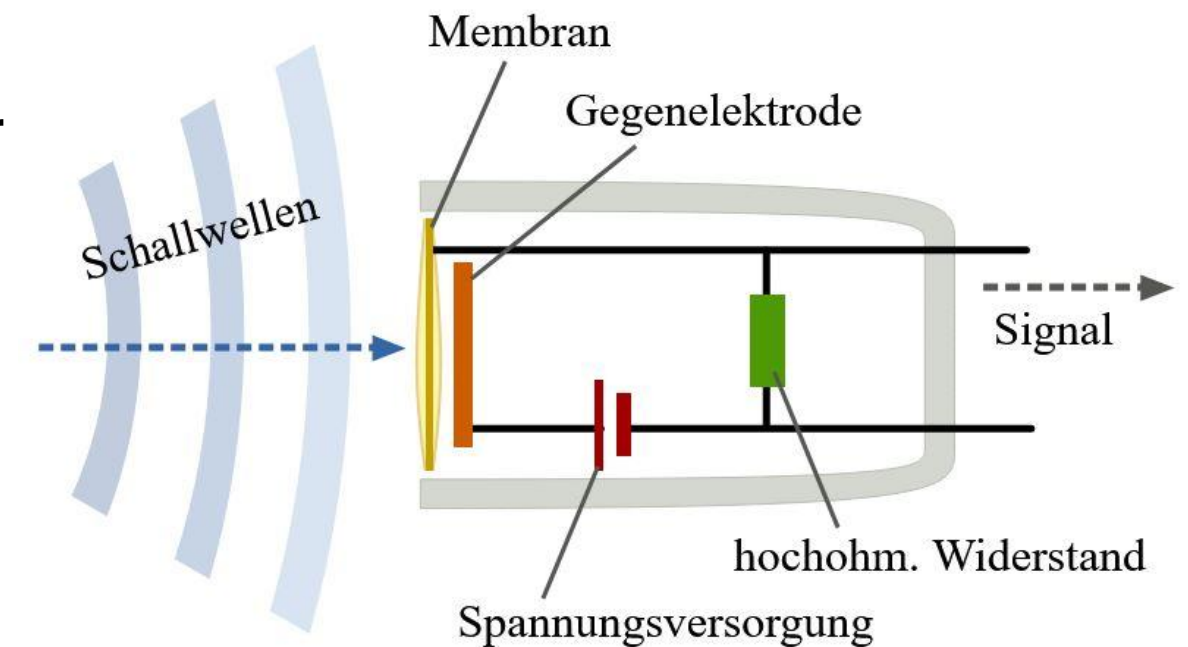
Dynamische Mikrofone

- Funktionsweise: Schall bewegt eine Spule im Magnetfeld
→ Spannung wird induziert
- Vorteile
 - robust & unempfindlich gegenüber Stößen & Feuchtigkeit
 - hohe Pegelfestigkeit
 - keine Stromversorgung nötig (Phantomspannung)
 - Günstige Anschaffungskosten
- Nachteile
 - geringere Grundempfindlichkeit
 - eingeschränkter Frequenzgang (vor allem im Hochtonbereich)
 - weniger detailreiche Aufzeichnung
- Einsatzbereiche: Gesang/Sprache, Schlagzeug, Gitarrenverstärker



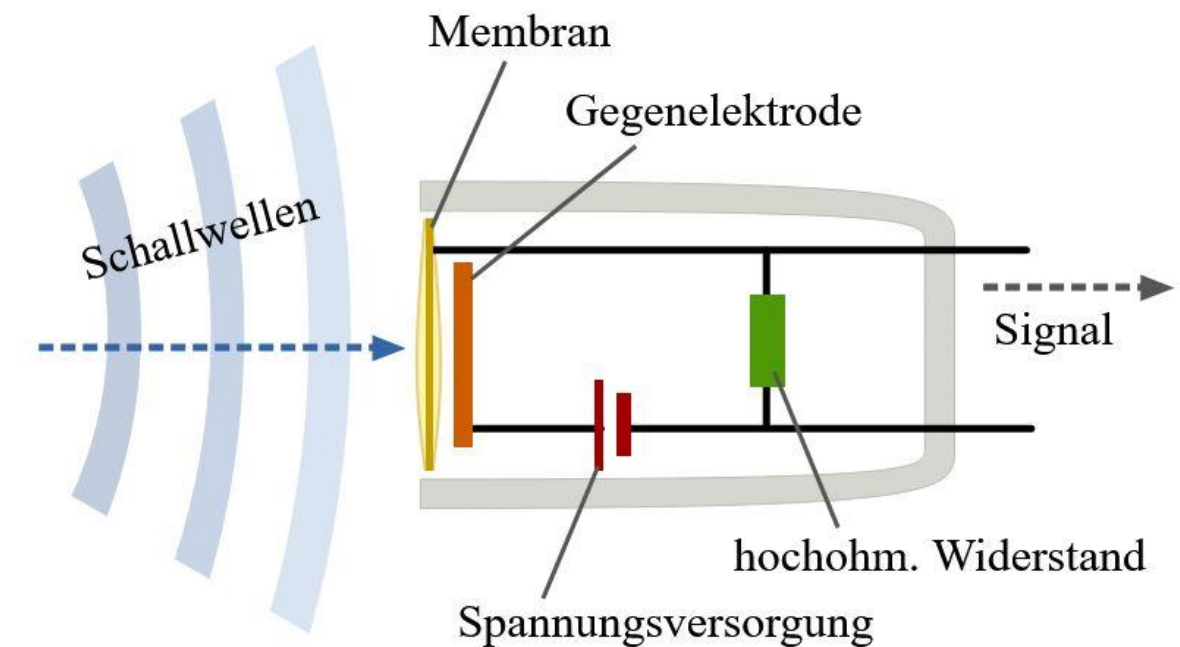
Kondensatormikrofone

- Funktionsweise: Membran & Gegenelektrode bilden Kondensator
→ Schall verändert die Kapazität
- Vorteile
 - extrem empfindlich & detailreich
 - sehr hoher Frequenzumfang
 - große Auswahl an Richtcharakteristiken
- Nachteile
 - benötigt Phantomspeisung (48V)
 - empfindlich gegenüber Feuchtigkeit & Erschütterungen
 - kann bei sehr hohen Pegeln verzerren
 - teurer als dynamische Mikrofone
- Einsatzbereiche: Gesang/Sprache, Studio, Chor- & Raumaufnahmen



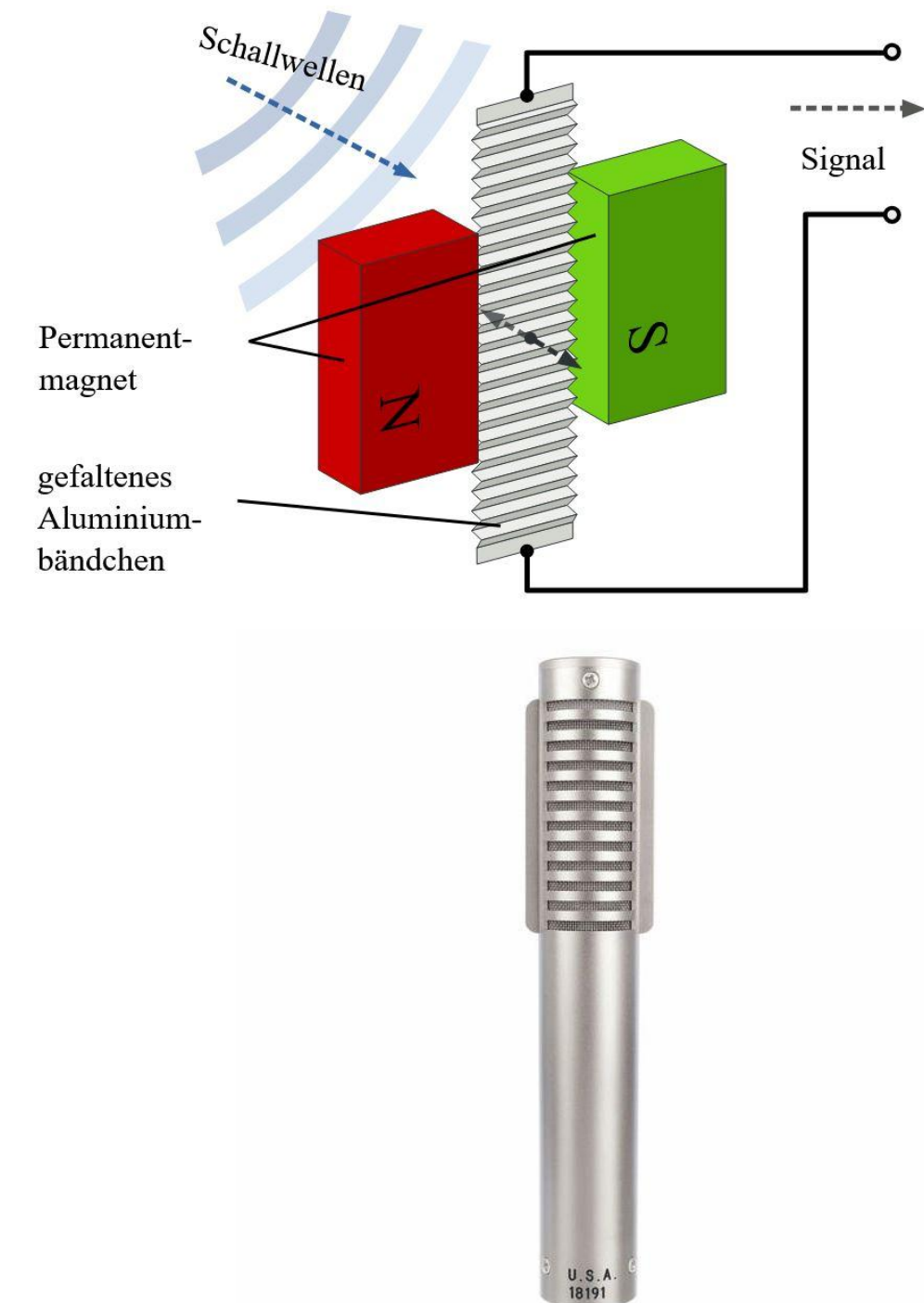
Elektretmikrofone

- Funktionsweise: Kondensatormikrofon mit dauerhaft vorgeladener Membran (Elektret)
- Vorteile
 - sehr kompakt & leicht
 - sehr hoher Frequenzumfang
 - geringer Strombedarf
- Nachteile
 - kurzlebiger als echte Kondensatormikrofone
 - weniger detailreich als echte Kondensatormikrofone
 - Klangqualität meist nicht auf professionellem Niveau
 - neigt zu Verzerrungen bei höheren Pegeln
- Einsatzbereiche: Headsets, Lavalier, Konferenzsysteme, Mobilgeräte



Bändchenmikrofone

- Funktionsweise: Bändchen im Magnetfeld schwingt durch Schall
→ Schall erzeugt Spannung
- Vorteile
 - sehr natürlicher, weicher Klang
 - besonders geeignet für Retro-/Vintage-Sound
 - sehr gute Aufnahme von Instrumenten mit starker Dynamik
- Nachteile
 - sehr empfindlich gegen Wind, Erschütterung etc.
 - Phantomspannung kann Bändchen zerstören
 - starke Vorverstärkung nötig
 - eingeschränkte Richtcharakteristik (oft Acht)
 - meist recht teuer
- Einsatzbereiche: Studioanwendungen, Gesang, Bläser, Gitarrenverstärker



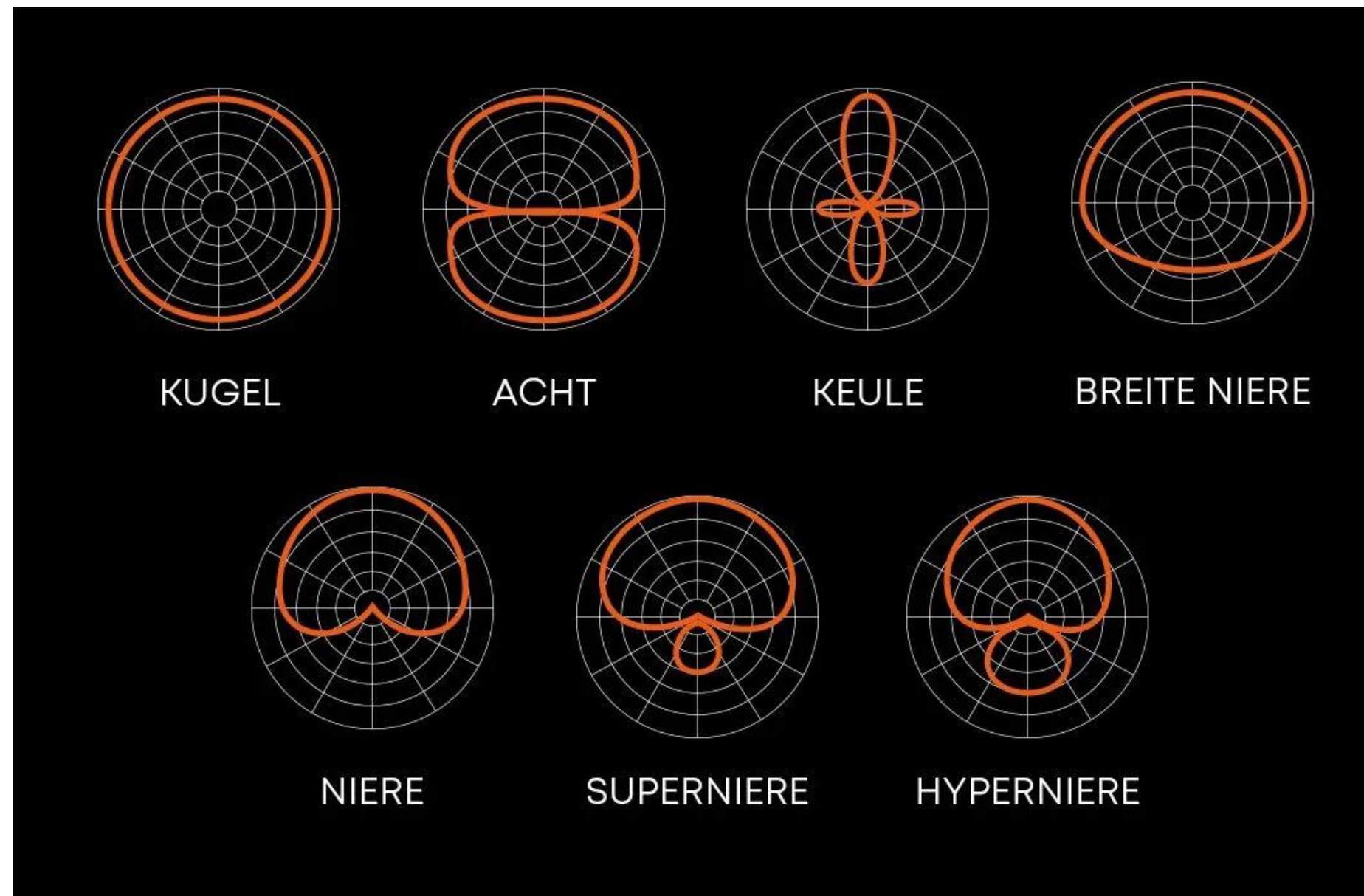
Grundlagen der Audiotechnik

Richtcharakteristika & Anwendung

Was ist Richtcharakteristik?

Beschreibt, aus welchen Richtungen ein Mikrofon Schall wie stark aufnimmt.

→ Empfindlichkeit des Mikrofons in Abhängigkeit zum Schalleinfallswinkel



Kugel (Omnidirektional)

- nimmt Schall gleichmäßig aus allen Richtungen auf
- Vorteile
 - sehr natürlicher Klang
 - gute Raumaufnahmen
 - ideal für Messungen
- Nachteile
 - keine Unterdrückung von Störschall
 - hohe Rückkopplungsgefahr



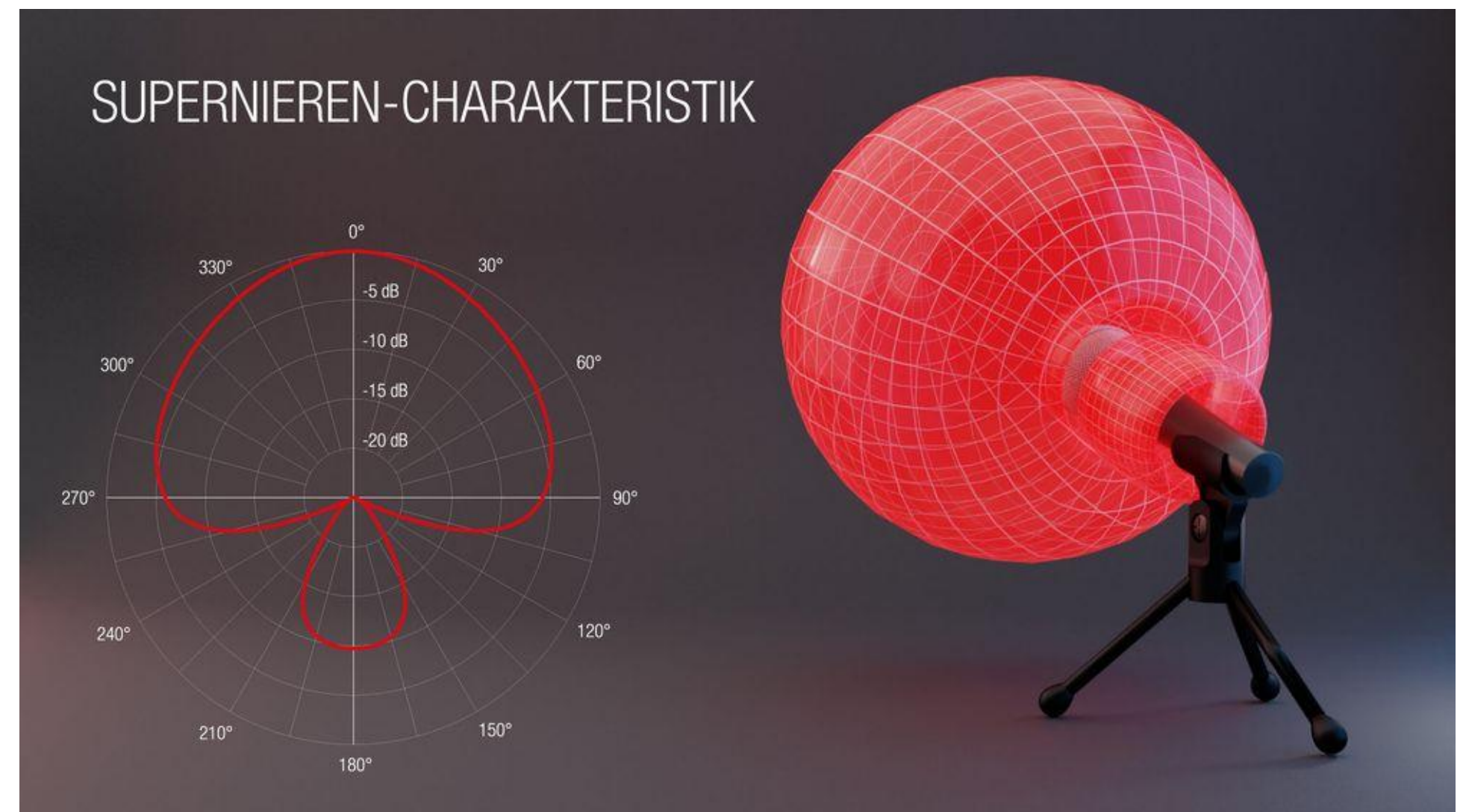
Niere (Cardioid)

- Hauptempfindlichkeit nach vorne, dämpft nach hinten
- Vorteile
 - gute Rückkopplungsunterdrückung
 - ausgewogener Klang
 - universell einsetzbar
- Nachteile
 - leichte Aufnahme seitlichem Schall
 - Nahbesprechungseffekt vorhanden



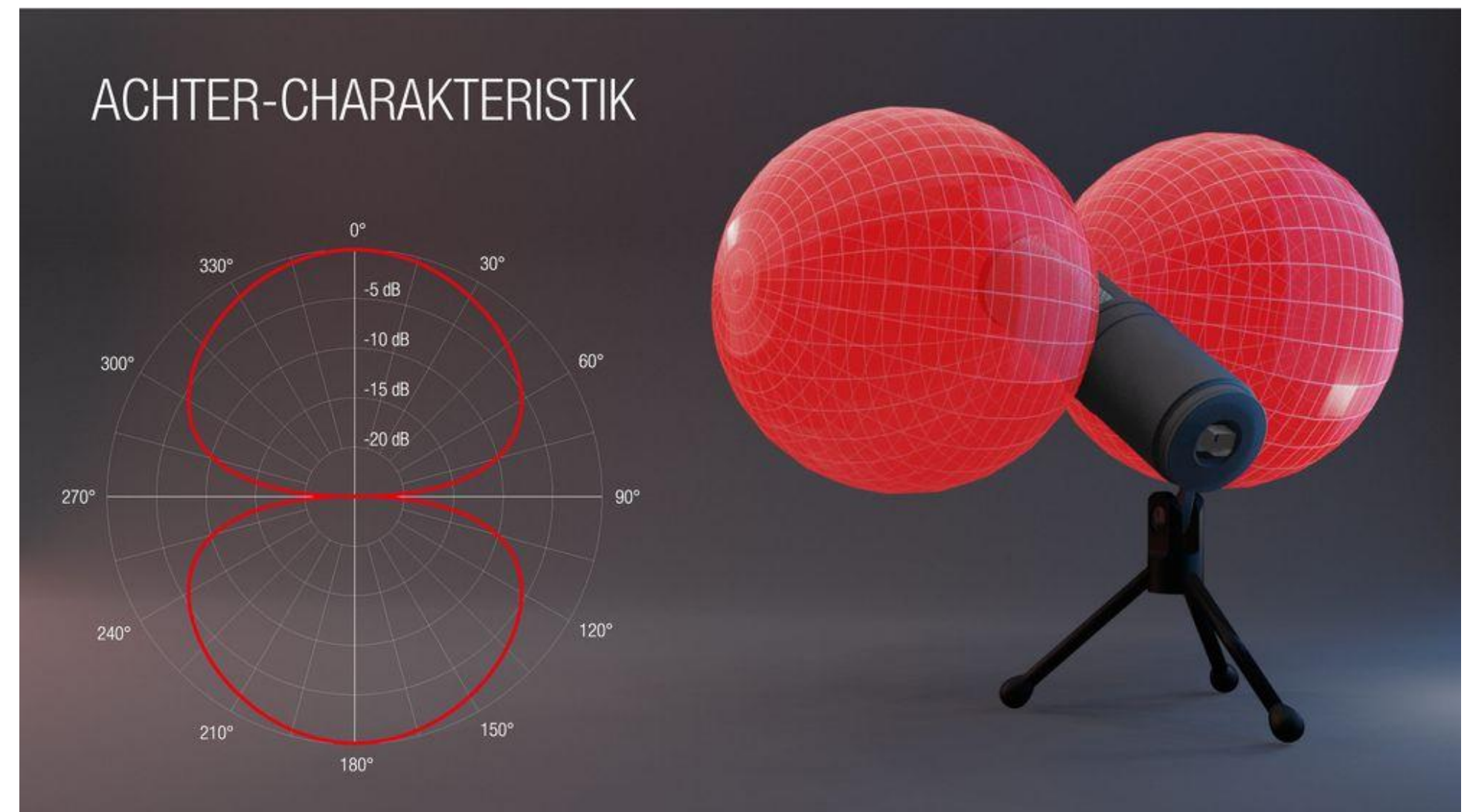
Superniere / Hypernieren

- engerer Aufnahmebereich nach vorne, leichte Empfindlichkeit auch nach hinten
- Vorteile
 - stärkere Richtwirkung
 - bessere Isolation von Schallquellen
- Nachteile
 - leichte Aufnahme seitlichem Schall
 - Aufnahme von rückseitigem Schall
 - verstärkter Nahbesprechungseffekt



Acht (Bidirektional)

- empfindlich vorne & hinten, Seiten stark ausgeblendet
- Vorteile
 - ideal für Zwei-Personen-Aufnahmen
 - Perfekt für MS-Stereotechnik
- Nachteile
 - Rückkopplungsanfällig
 - ungeeignet bei vielen Schallquellen
 - anfällig bei falscher Positionierung



Keule (Shotgun / Richtrohr)

- sehr starke Bündelung nach vorne, Interferenzrohr zur Ausblendung seitlicher Schallquellen
- Vorteile
 - große Reichweite
 - für Aufnahmen in lauter Umgebung
- Nachteile
 - Klangverfärbungen seitlichen Schalls
 - groß & unhandlich
 - nicht geeignet für lokale Beschallung



Grundlagen der Audiotechnik

Technische Kenngrößen

Übersicht

- Richtcharakteristik
- Frequenzgang
- Empfindlichkeit (Sensitivity)
- Grenzschalldruckpegel (SPL max.)
- Eigenrauschen (Equivalent Noise Level)
- Dynamikumfang
- Impedanz (Ausgangswiderstand)
- Versorgung
- Übertragungsfaktor / Linearität
- Ausprägung des Nahbesprechungseffekt

SM58® Cardioid Dynamic Microphone

Overview

The legendary SM58® is an industry-standard, highly versatile cardioid dynamic vocal microphone that is consistently the first choice of vocal performers around the globe. Even in extreme conditions, the SM58 is tailored to target the main sound source while minimizing background noise, delivering warm and clear vocal reproduction.

Features

- Frequency response tailored for vocals, with brightened midrange and bass roll-off
- Uniform cardioid pickup pattern isolates the main sound source and minimizes background noise
- Pneumatic shock-mount system cuts down handling noise
- Effective, built-in spherical wind and pop filter
- Supplied with break-resistant stand adapter which rotates 180 degrees
- Legendary Shure quality, ruggedness and reliability
- Cardioid (unidirectional) dynamic
- Frequency response: 50 to 15,000 Hz

Available Models

SM58-LC	Includes Stand Adapter and Zippered Pouch
SM58-CN	Includes 7.6 m (25 ft) XLR-Male to XLR-Female Cable, Swivel Adapter and a Zippered Pouch
SM58S	Includes Integrated On/Off Switch, Swivel Adapter and a Zippered Pouch

Specifications

Type	Dynamic
Frequency Response	50 to 15,000 Hz
Polar Pattern	Cardioid
Sensitivity (at 1,000 Hz Open Circuit Voltage)	-54.5 dBV/Pa (1.85 mV) 1 Pa = 94 dB SPL
Impedance	Rated impedance is 150Ω (300Ω actual) for connection to microphone inputs rated low impedance
Polarity	Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3.
Case	Dark gray, enamel-painted, die cast metal; matte-finished, silver-colored, spherical steel mesh grille
Connector	Three-pin professional audio connector (male XLR type)
Net Weight	298 grams (10.5 oz)
Dimensions	162 mm (6.38 in.) L x 51 mm (2 in.) W

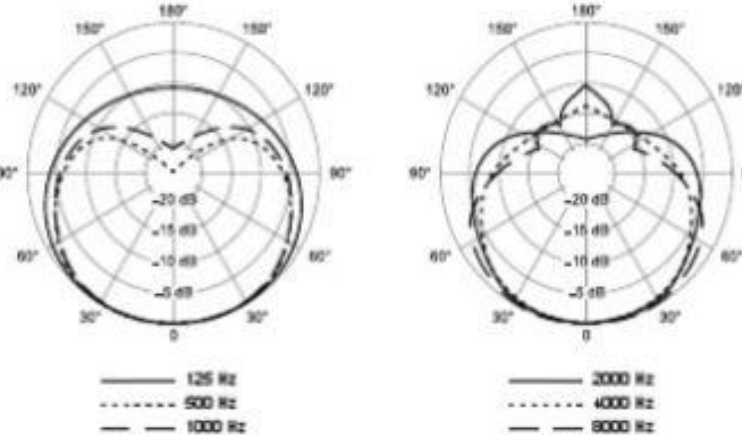
Optional Accessories and Replacement Parts

A58W5	Windscreen	A55M	Isolation Mount	C25F	7.6 m Cable (25 ft)
A25D	Microphone Clip	A26M	Dual Mount	RK143G	Screen and Grille
R39	Cartridge	S37A, S39A	Desk Stand		

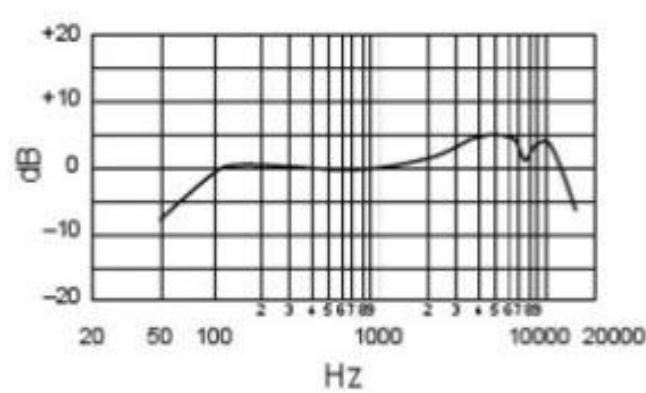


SM58

Polar pattern



Frequency response



Grundlagen der Audiotechnik

Auswahlkriterien

Nach Signalquelle

- Gesang / Sprache
 - Kondensatormikrofone
 - klarer Klang, empfindlich
 - Bändchenmikrofone
 - warmer, weicher Klang
 - Dynamische Mikrofone
 - robust, für laute Stimmen
- Instrumente
 - Schlagzeug (Snare, Toms, hohe Pegel, aber auch feine Details)
 - dynamisch / Kondensatormikrofon (je nach Quelle)
 - Akustikgitarre
 - Kondensator / Bändchen (feine Details, empfindlich)
 - Blasinstrumente
 - Bändchen / dynamisch (natürlicher, runder Klang, aber laut)
- Ambiente / Raumklang
 - Kondensatormikrofone (feine Details, empfindlich)

Nach Einsatzort

- Studio
 - Kondensatormikrofone
 - klarer Klang, empfindlich
 - Bändchenmikrofone
 - warmer, weicher Klang
 - Richtcharakteristik meist nebensächlich
- Bühnen und Veranstaltungsräume
 - Dynamische Mikrofone
 - weniger empfindlich
 - Richtcharakteristik entscheidend
 - wo befinden sich Schallquellen, die besser unterdrückt werden sollten
- Außenaufnahmen / Ambiente
 - Kondensatormikrofone
 - Keulencharakteristik

Zusammenfassung

- Signalquelle + Einsatzort + Störeinflüsse = Mikrofonwahl

Merksatz für die Mikrofonwahl:

Das passende Mikrofon wird anhand der Signalquelle, des Einsatzorts und der erforderlichen Umgebungsunterdrückung gewählt.

V. Analoge & digitale Systemarchitektur



**Analoge
Signalkette**

**Digitale
Signalkette**

Audionetzwerke

**Wartung &
Fernsupport**

■ Analoge Signalquelle, Analoge
Signalverarbeitung, Analoge Verstärker

■ Digitale Signalquelle, Digitale
Signalverarbeitung, Verstärker &
Lautsprecher in digitaler Kette,
Übersicht digitaler Signalübertragung

■ Zweck & Nutzen, Digitale
Übertragungsstandards, Planung und Praxis
von Audionetzwerken, Wichtige
Planungsaspekte, Hardware &
Geräteeinsatz

■ Ziel und Umfang der Wartung, Monitoring &
Betriebssicherheit, Fernsupport &
Remotezugriff, Wartungsstrategien &
Best Practices

Grundlagen der Audiotechnik

Analoge Signalkette

Analoge Signalquelle

- Signalfluss
→ Mikrofonsignal → Mischpult → Verstärker → Lautsprecher
- Signalführung
 - Unsymmetrisch: TS-Klinke
→ Kurzstrecke, empfindlich gegen Brummen/Störungen
 - Symmetrisch: XLR, TRS-Klinke
→ weniger Störanfällig, lange Kabel möglich
 - Mehrkanalübertragung
→ viele Einzelleitungen oder dicke Multicore-Leitungen
- Vorteile:
 - latenzfrei, direkte Signalübertragung
- Nachteile:
 - störanfällig, lange Kabel problematisch, aufwendige Kabelverlegung



Analoge Signalverarbeitung

- Summierung und Bearbeitung von Signalen über Mischpult
 - Summiert analoge Signale, ermöglicht Pegelsteuerung und EQ
 - weitere Effekte meist extern (Outboard-Geräte notwendig)
- Vorteile
 - Direkte, intuitive Bedienung
 - man sieht den Signalfluss
 - Einfache Fehlersuche
 - jede Funktion separat ersichtlich
 - Keine Software notwendig
- Nachteile
 - Viele Einzelbauteile
 - höhere Ausfallwahrscheinlichkeit
 - Effekte oft extern
 - zusätzlicher Platz und Verkabelung
 - Begrenzte Flexibilität, oftmals viel Platz notwendig



Analoge Verstärker

- Impedanz des verwendeten Lautsprechers und Leistung des Verstärkers müssen aufeinander abgestimmt werden
- Headroom (Leistungsreserven) einplanen
- Verkabelung muss geprüft werden
- Vorteile
 - direkte Signalübertragung Einfache Fehlersuche
→ keine Wandlung des Signals nötig
 - separierte Regler pro Kanal
→ intuitive Handhabung
- Nachteile
 - keine digitale Optimierung möglich
 - keine Remote-Steuerung
 - keine Absicherung gegen Fehlnutzung

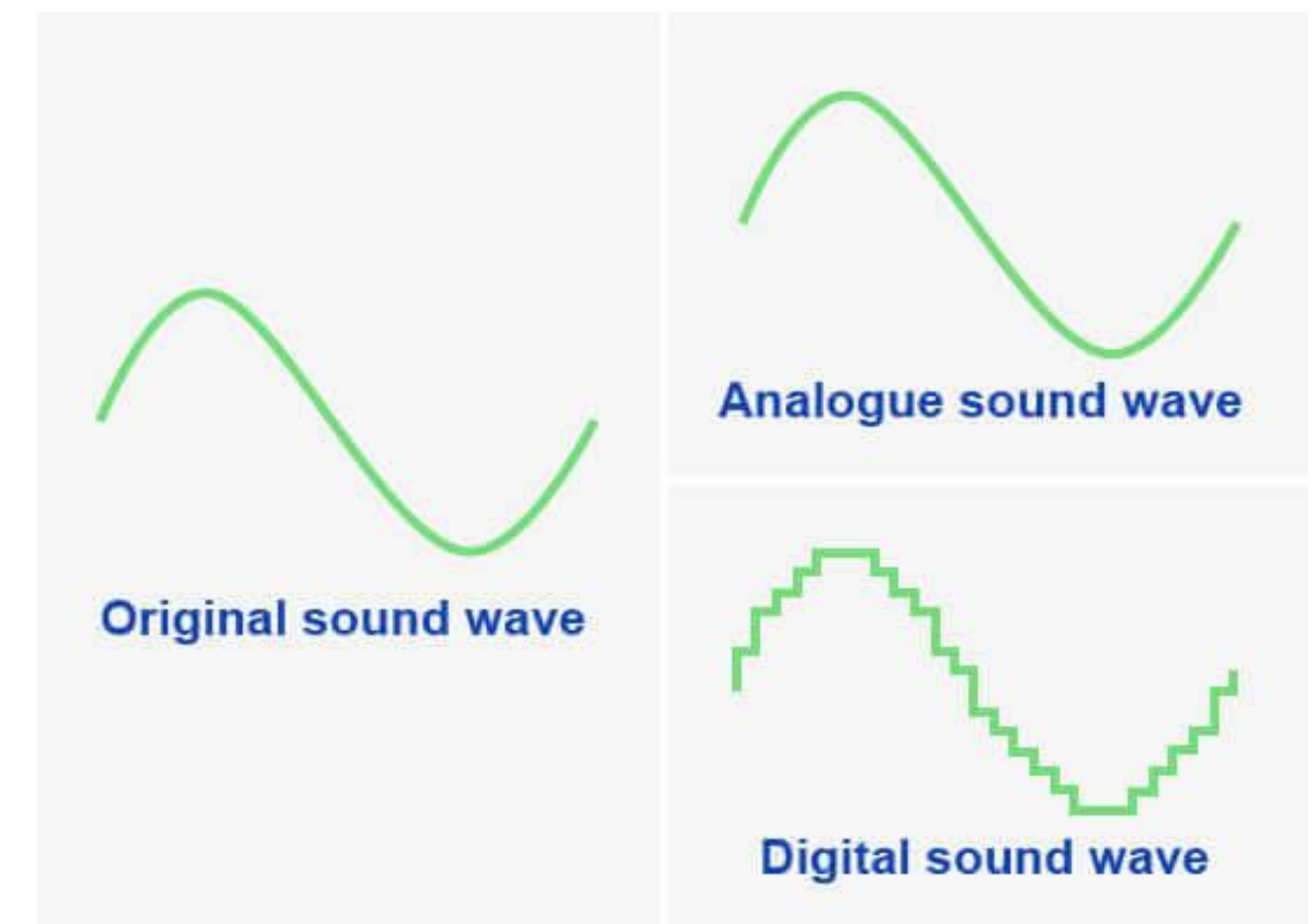


Grundlagen der Audiotechnik

Digitale Signalkette

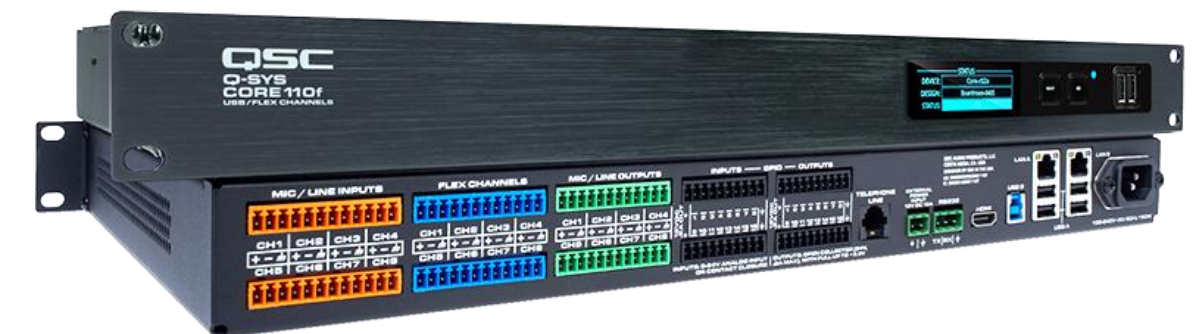
Digitale Signalquelle

- analoges Signal muss gewandelt werden
→ Mikrofonsignal → ADC → digitale Signalverarbeitung → DAC
- Signalführung
→ über Netzkabel, LWL, o. Ä.
→ Qualität der ADCs und DACs entscheidend
- **Vorteile:**
 - Störunempfindlich nach Wandlung
 - lange Strecken möglich
 - mehrere Kanäle über ein Kabel möglich
- **Nachteile:**
 - Wandlung und Datentransport erzeugt Latenz
 - Administration und Konfiguration notwendig



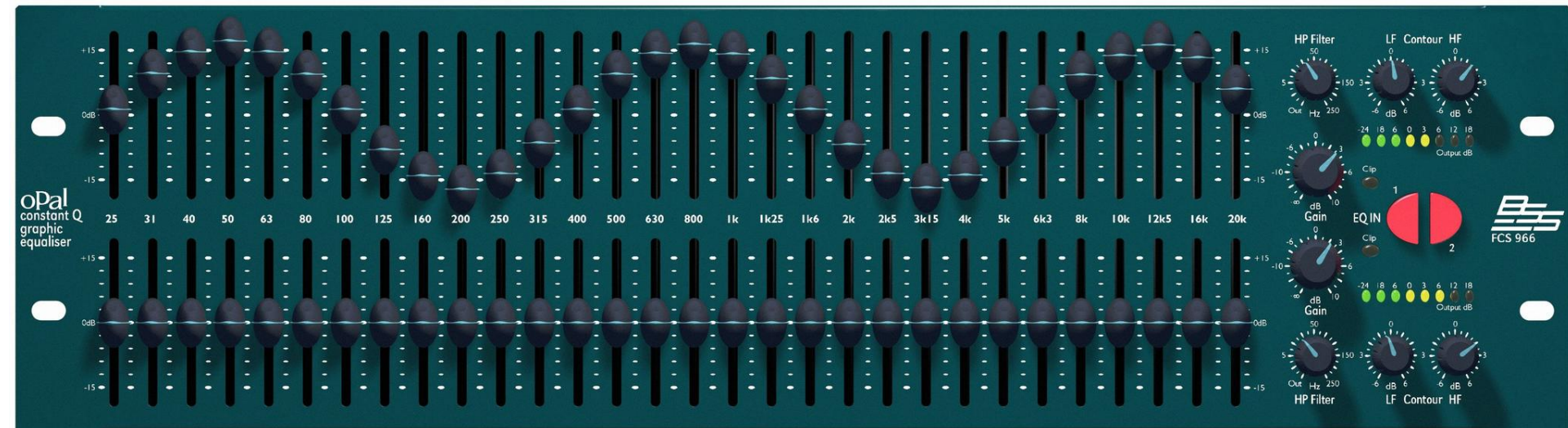
Digitale Signalverarbeitung

- Bearbeitung von Signalen über digitalen Signalprozessor (DSP)
- Vorteile
 - platzsparend
 - flexibel konfigurierbar
 - umfassendere Signalbearbeitungsmöglichkeiten
 - dezentrale Steuerung möglich
 - Szenen speicherbar, automatisierbar
- Nachteile
 - höhere Anschaffungskosten
 - Signalbearbeitung erzeugt zusätzliche Latenz
 - Firmware- und Softwareupdates notwendig
 - erhöhter Einrichtungsaufwand
 - Netzwerkerfahrung nötig
 - Peripherie notwendig (Netzwerkswitche, etc)



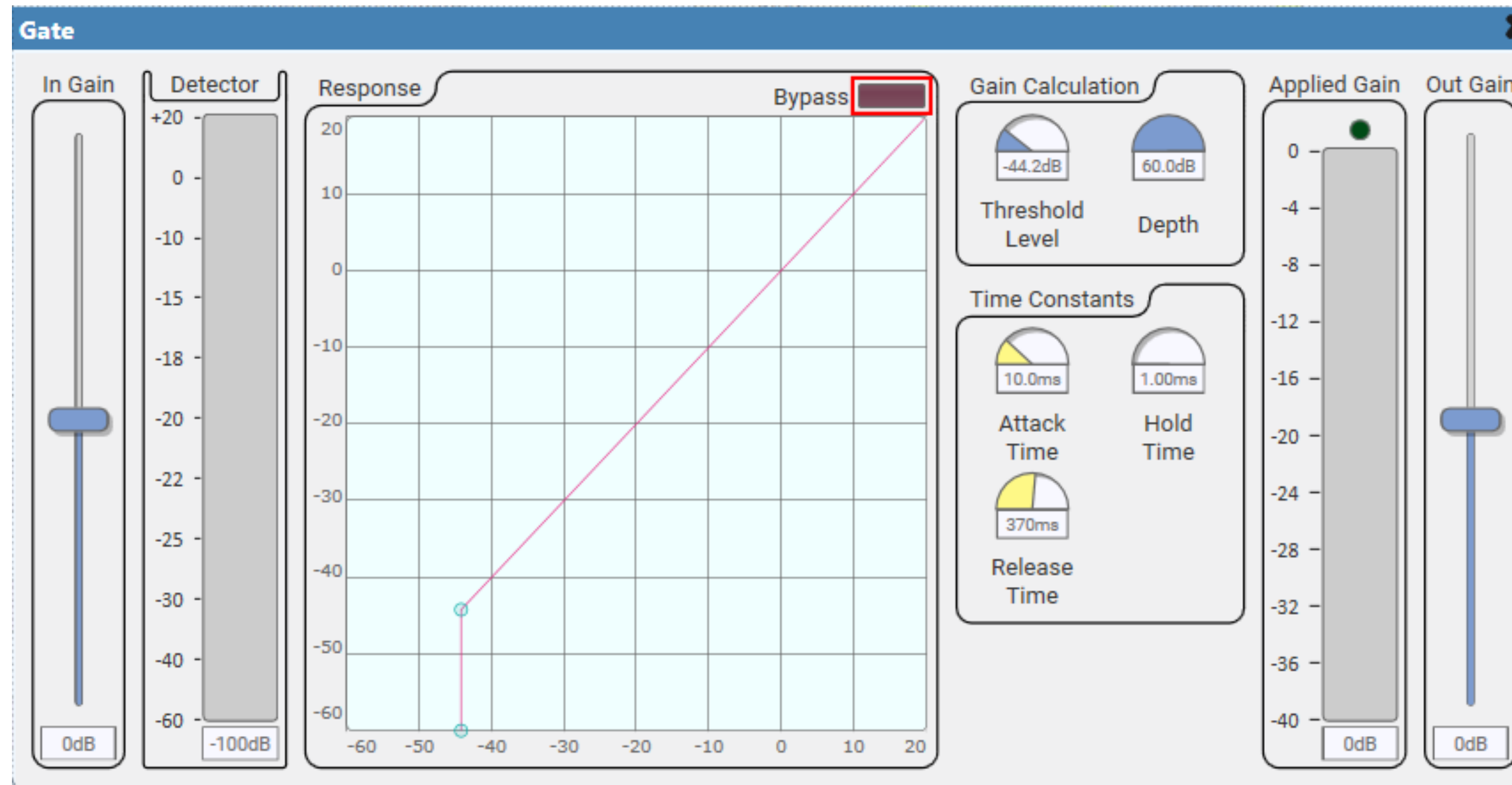
Signalverarbeitung - Praxis

- Equalizer



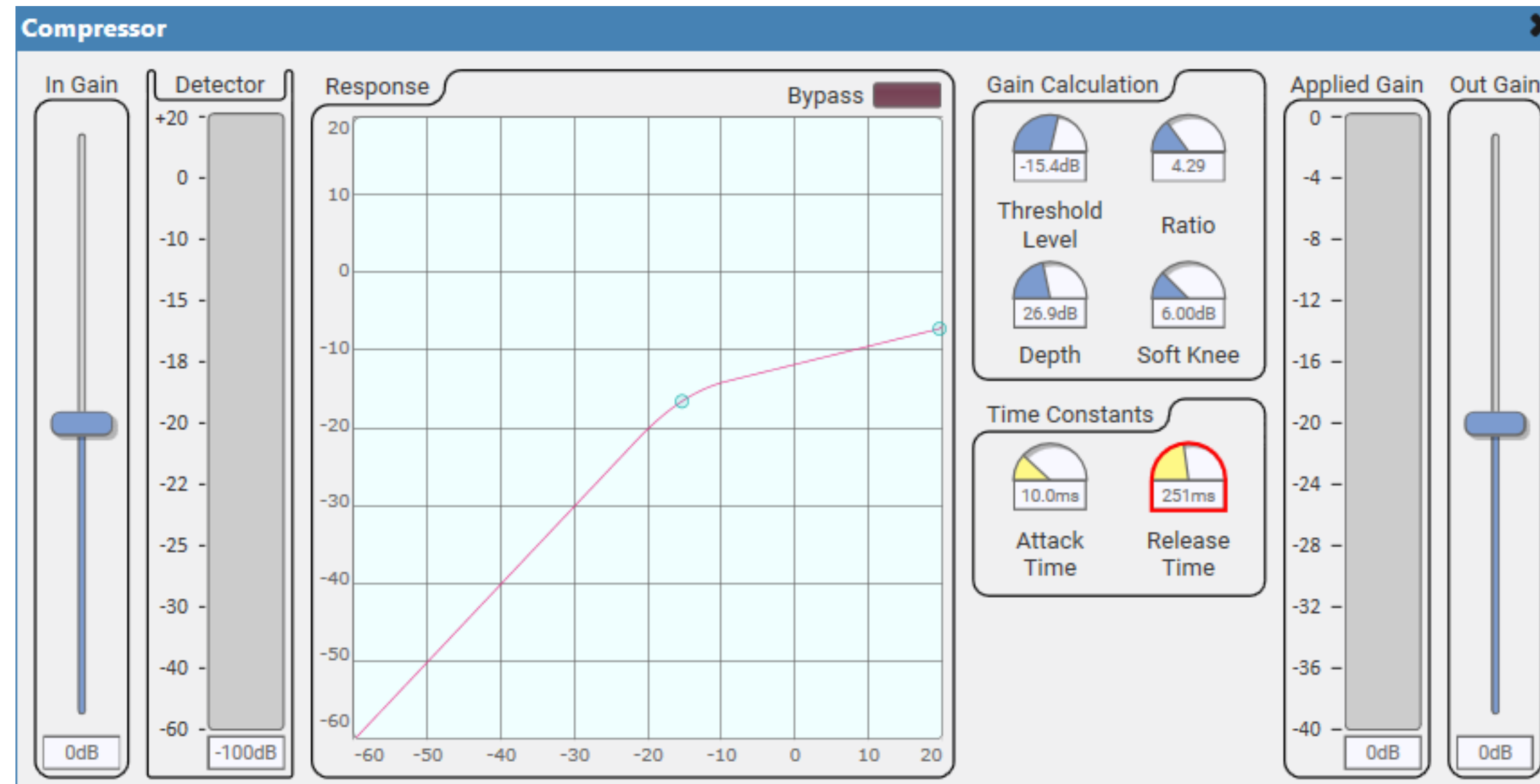
Digitale Signalverarbeitung - Praxis

- (Noise) Gate



Digitale Signalverarbeitung - Praxis

- Compressor



Verstärker & Lautsprecher in digitaler Kette

DAC wandelt Signal zurück → Verstärker → Lautsprecher

- Leistung des Verstärkers kann auf verwendeten Lautsprecher angepasst werden
- Vorteile
 - optimierte Signalbearbeitung
→ vom Hersteller voreingestellt
 - störunempfindlich
 - kein zufälliges „Verstellen“ möglich
→ keine physikalischen Regelelemente
 - Szenenspeicher vorhanden
 - ggfs. Fernsteuerung und Fernwartung
- Nachteile
 - zusätzliche Wandlung notwendig
 - zusätzliche Latenz



Übersicht digitaler Signalübertragung

- Vorteile:
 - Qualitätsverluste minimal, lange Strecken möglich
 - Mehrkanalübertragung über ein Kabel
 - physikalisch einfache Integration in komplexe Systeme
- Nachteile / Herausforderungen:
 - Komplexität
 - Netzwerk-Setup erfordert Kenntnisse (IP-Adressen, Switches)
 - Latenz
 - Signalverzögerung durch Wandlung und Übertragung muss berücksichtigt werden
 - Abhängigkeit von Clocking / Synchronisation
 - mögliche Aussetzer oder Klickgeräusche oder digitale Modulationen
 - Fehlerquelle Software/Hardware
 - falsche Routing-Einstellungen oder veraltete Firmware können Probleme verursachen
 - Kostenaufwand
 - digitale Stageboxen und Netzwerkequipment teurer als reine analoge Verkabelung

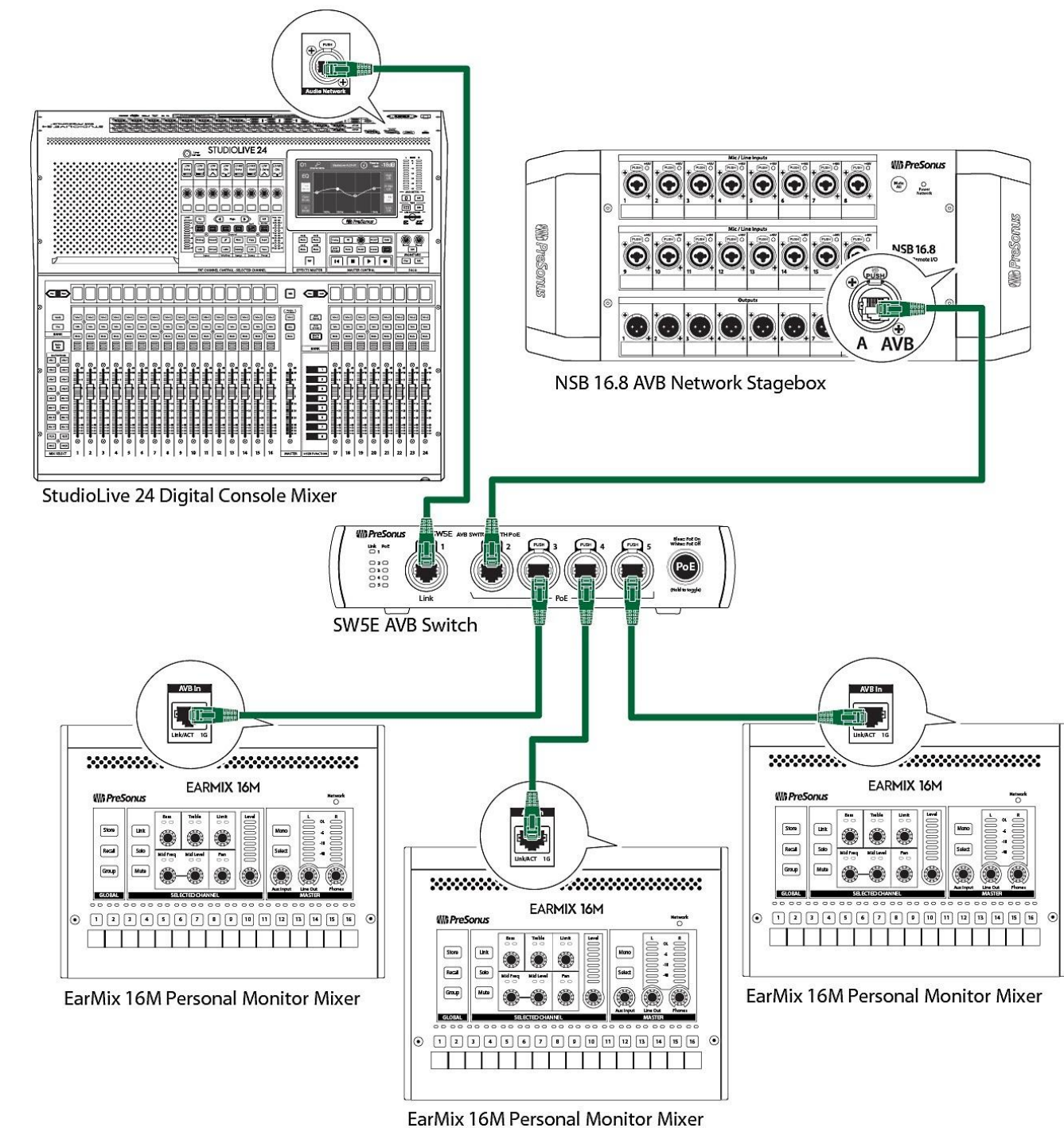


Grundlagen der Audiotechnik

Audionetzwerke

Zweck & Nutzen

- Zentrale Signalverteilung
- Skalierbarkeit
- Flexibles Routing
- Integration mit Steuerungs- und Videosystemen
- Zentrale Kontrolle & Monitoring
- Effizienz in Verkabelung
- Synchronisation & Timing
- Fernsteuerung & Remote Support
- Kosteneinsparung bei großen Setups



Digitale Übertragungsstandards

- **MADI (Multichannel Audio Digital Interface)**

- maximal 64 Kanäle, coaxial oder optisch



- **AVB (Audio Video Bridging) / MILAN (Media-Integrated Local Area Network)**

- maximal 256 Kanäle bidirektional, Ethernetbasiert, standardisierte Zeit- & Prioritätsmechanismen



- **Dante (Digital Audio Network Through Ethernet)**

- maximal 256 Kanäle bidirektional, Ethernet- und lizenzbasiert, AES67 kompatibel



- **Ravenna**

- maximal 256 Kanäle bidirektional, offenes Ethernet-Protokoll, AES67-kompatibel



- **AES67**

- maximal 128 Kanäle bidirektional, Minimalstandard, nicht kompatibel zu AVB



Planung und Praxis von Audionetzwerken

Grundprinzip: „Audio ist nur so stabil wie das Netzwerk“

Eine saubere Netzwerkplanung entscheidet über Zuverlässigkeit, Latenz und Synchronität des gesamten Systems

Damit das System stabil läuft, müssen Datenrate, Synchronisation und Netzwerktopologie exakt aufeinander abgestimmt sein

Fehler in der Planung führen schnell zu Aussetzern, Dropouts oder Clockfehlern
→ hörbar als Knacken, Latenz oder Ausfall

Wichtige Planungsaspekte

- Netzwerkstruktur / Topologie
 - Sternstruktur: zentraler Switch – stabil und übersichtlich
 - Ringstruktur: bietet Redundanz
 - Daisy Chain: einfach, aber riskant
- VLAN – Virtuelle Netzwerke
 - Audio-, Steuerungs- und IT-Daten sollten getrennt werden
 - VLANs verhindern Paketkollisionen und minimieren Latenz
- Bandbreite & Datenrate
 - Netzwerklast hängt von Kanalzahl und Samplerate ab
 - Switches und Verkabelung müssen die Bandbreite sicher tragen
- Clocking & Synchronisation
 - Eine gemeinsame Netzwerk-Clock ist essenziell (PTP – Precision Time Protocol)
 - Nur ein Clockleader, alle anderen Geräte als Follower

Hardware & Geräteinsatz

- Switches
 - Managed Switches zwingend notwendig (QoS, IGMP Snooping, PTPv2)
 - AVB benötigt TSN-fähige Switches
- Kabel & Stecker
 - Cat6 / Cat6a für Gigabit-Verbindungen
 - LWL (Glasfaser) für lange Strecken oder galvanische Trennung
- Gerätekonfiguration
 - Feste IP-Adressen oder DHCP mit reservierten IPs
 - Routingtabellen dokumentieren
- Primary / Secondary Netzwerkstruktur
 - Zwei physisch getrennte Netzwerke
 - Primary-Port → Hauptsignalweg
 - Secondary-Port → Backup-Signalweg

Grundlagen der Audiotechnik

Wartung & Fernsupport

Ziel und Umfang der Wartung

- Zweck

Sicherstellen, dass ein Beschallungssystem zuverlässig, stabil und klanglich konstant arbeitet

- Früherkennung von Problemen (z. B. defekte Kabel, Pegelabweichungen, Latenzprobleme)
- Vermeidung von Systemausfällen während Betrieb oder Events
- Erhalt der Klangqualität und Schutz der Lautsprecher

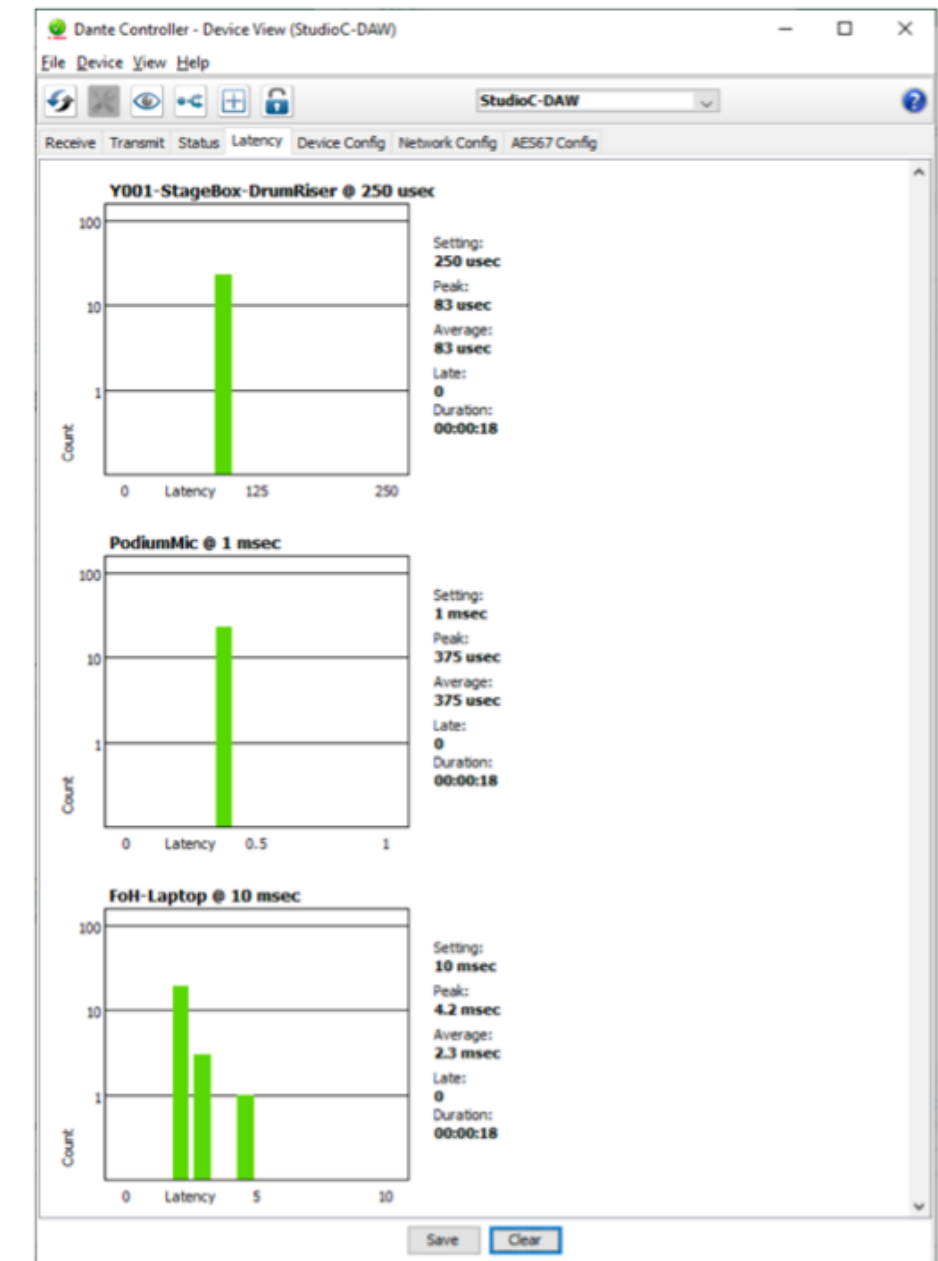
- Wartungsumfang

- Kontrolle aller Geräteverbindungen (Signal- & Stromversorgung)
- Prüfung der DSP-Presets, EQs, Limiter & Laufzeiten
- Firmware-Updates und Netzwerksicherheit
- Überwachung von Temperaturen, Pegeln, Clocks, Lüftern

Ein gepflegtes System klingt nicht besser – aber es bleibt besser

Monitoring & Betriebssicherheit

- Ziel:
Kontinuierliche Überwachung des Systems in Echtzeit
– lokal oder remote
- Was überwacht wird:
 - Pegelverläufe, Clip-Warnungen, Limiter-Aktivität
 - Clock-Stabilität
 - Paketverluste und Netzwerkstatus
 - Temperatur, Lüfterdrehzahl, Spannungsversorgung
- Tools & Systeme:
 - Dante Controller / Dante Domain Manager
 - AVB Controller
 - RAVENNA Monitoring
 - Überwachung SNMP (Simple Network Management Protocol)



Fernsupport & Remote-Zugriff

Fehleranalyse, Konfiguration und Wartung ohne physische Präsenz vor Ort

- Typische Anwendungen:
 - Remote-Fehlerdiagnose
 - Firmware-Update oder DSP-Parameteränderung aus der Ferne
 - Live-Monitoring bei Konzerten, Tourneen oder Festinstallationen
- Technische Voraussetzungen:
 - Netzwerkfähige Geräte mit Remote-Protokollen
 - VPN oder Remote-Desktop-Zugriff

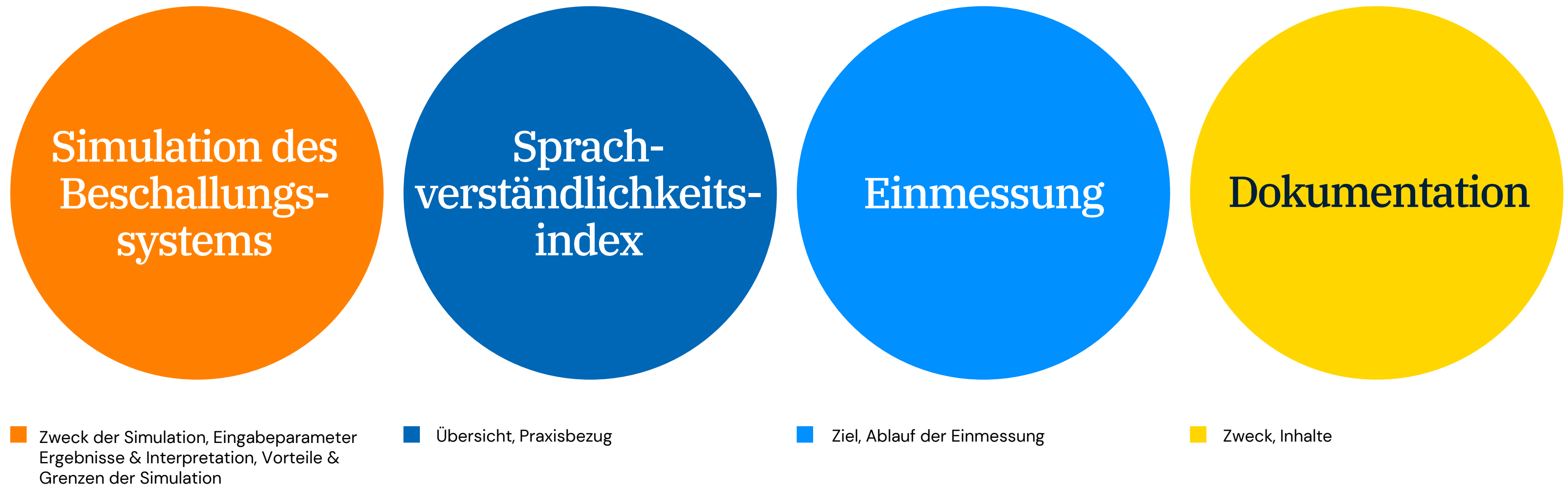
IT-Sicherheitsrichtlinien beachten (Zugriffsschutz, Passwörter, Portfreigaben)

- Vorteile:
 - Schnellere Fehlerbehebung
 - Geringere Reisekosten & kürzere Reaktionszeiten
 - Permanente Systemtransparenz

Wartungsstrategien & Best Practices

- Regelmäßige Systemchecks
 - Monatliche Kontrolle von Pegeln, Lüftern, Logfiles
 - Automatische Selbsttests (bei DSPs oder Verstärkern aktivieren)
- Firmware- & Softwarepflege
 - Kompatibilität prüfen vor Update
 - Changelogs lesen, Backups erstellen
 - Alle Geräte auf gleichen Softwarestand bringen
- Dokumentation & Wartungsplan
 - Checklisten führen (z. B. IP-Adressen, Clock-Hierarchie, Presets, EQs)
 - Changelogs führen
- Ersatzteil- & Backup-Strategie
 - Ersatzverstärker / Stagebox bereithalten
 - Redundante Speichermedien (Backup der Presets)

VI. Qualitätssicherung



Grundlagen der Audiotechnik

Simulation des Beschallungssystems

Zweck der Simulation

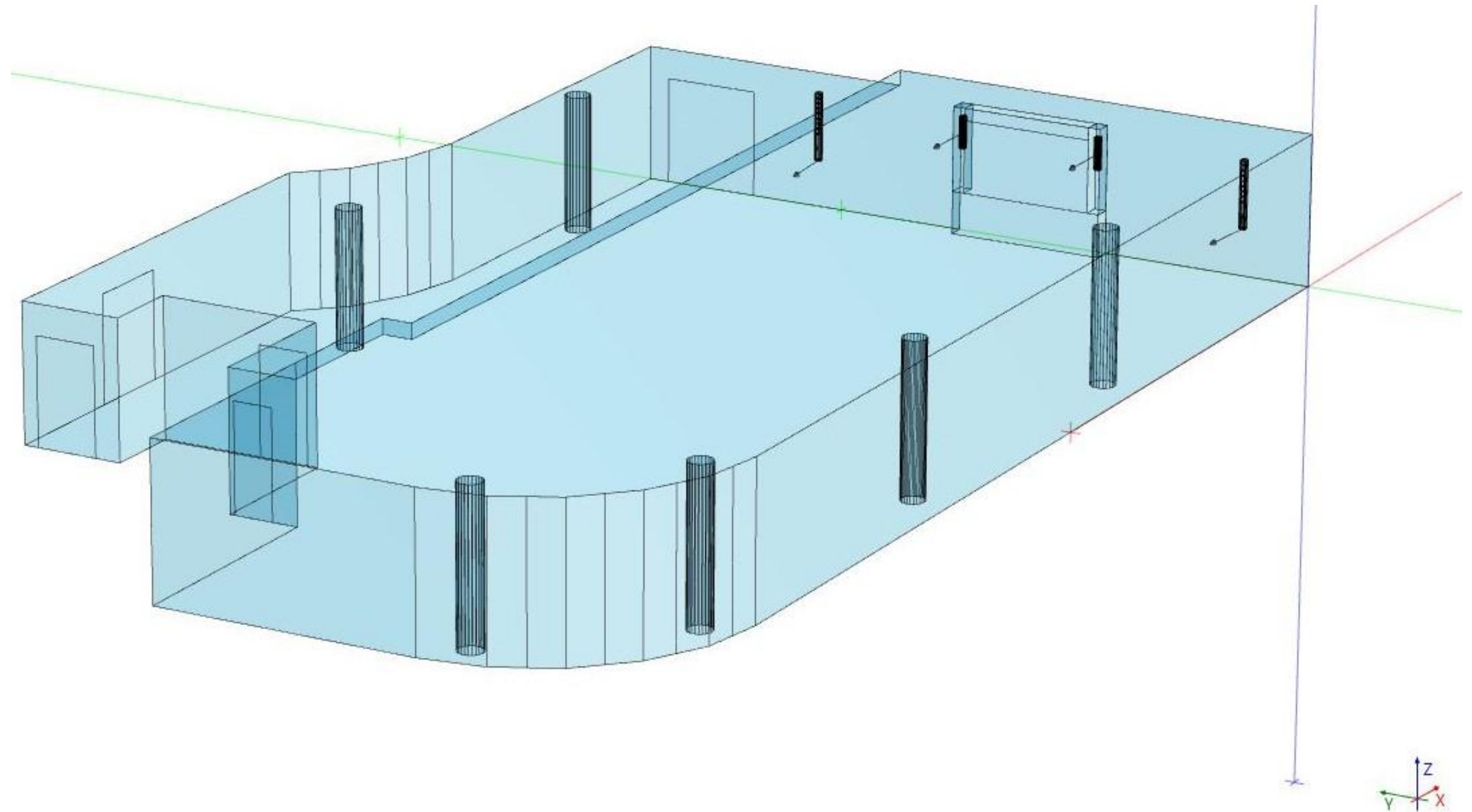
Ziel:

Vorhersage der akustischen Abdeckung in Zusammenspiel mit Raumeigenheiten

- Vermeidung von Überraschungen bei Installation und Inbetriebnahme
- Auswahl der idealen Lautsprechertypen und deren Anzahl
- Optimierung der gewünschten Hörbereiche
- Vorhersage der Lautsprecherpositionen und deren Winkelung
- Verhalten der Schallentwicklung in Abhängigkeiten zum Raum
- Vorhersage von akustischen Problemen und Lösungsstrategien

Eingabeparameter

- Rauminformationen
 - CAD-Daten
 - Materialien
 - Störquellen
- Lautsprecherinformationen
 - Abstrahlcharakteristik
 - Schallverteilung
- Signalquellen
 - Sprachwiedergabe
 - Musikwiedergabe
- Zielbereiche
 - Publikumsbereich
 - Bühnenbereiche

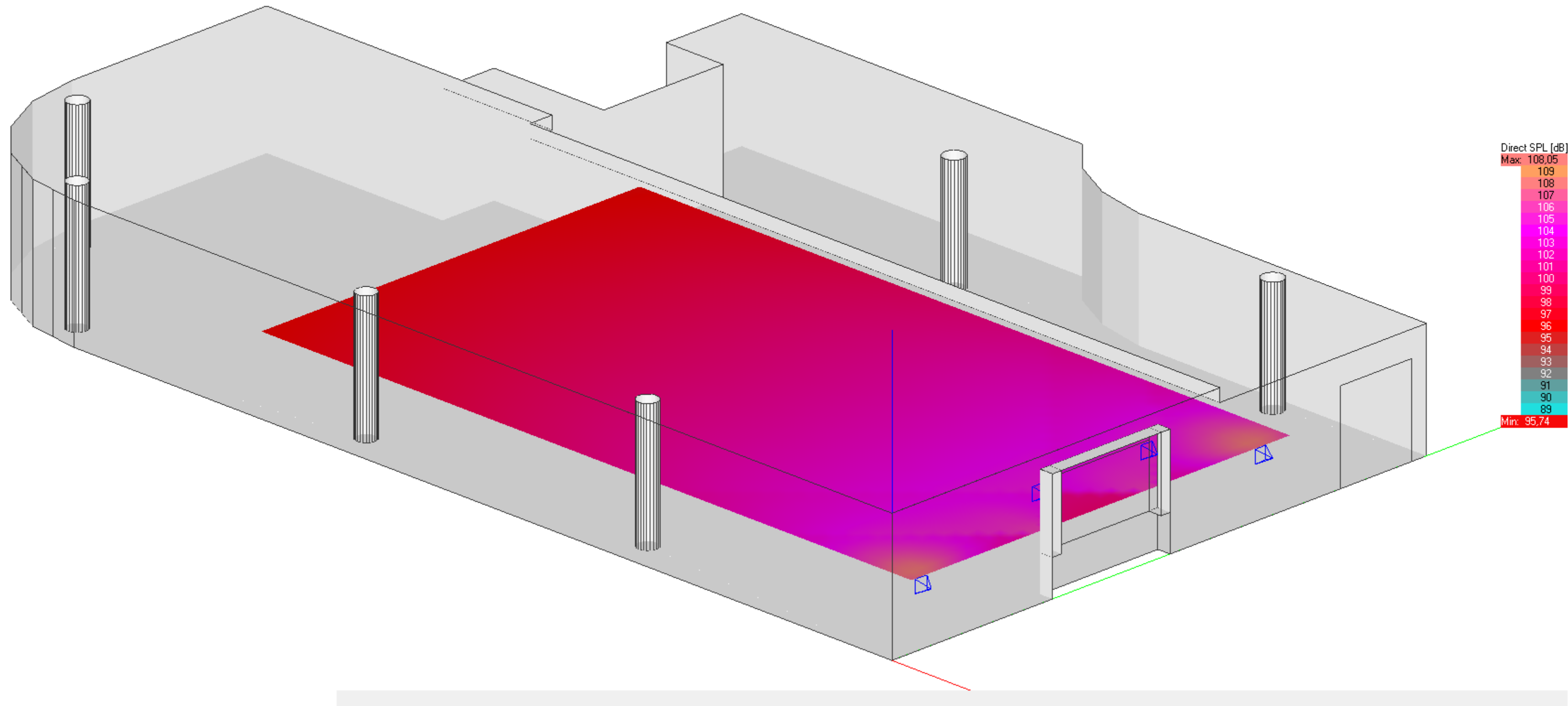


Ergebnisse & Interpretation

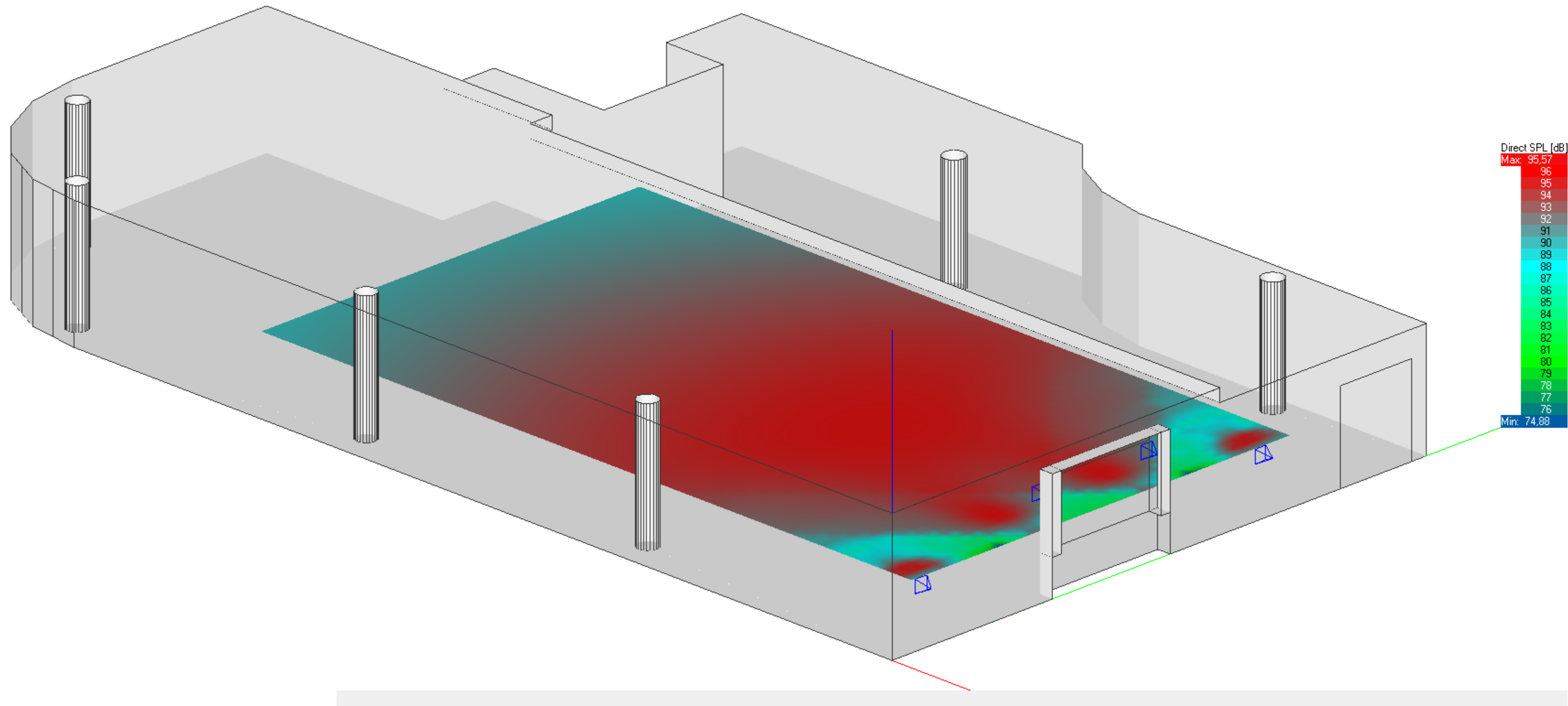
- SPL-Mapping
 - Analyse des Direktschallverhaltens
 - Analyse des Gesamtschallverhaltens
- Frequenzgang
 - Identifikation von Interferenzen oder Auslöschungen
- Delaybedarf
 - Optimierung von Laufzeitunterschieden zwischen Lautsprechern
- Visualisierung
 - 3D-Diagramme oder Heatmaps für schnelle Analyse
 - Tabellarische Übersicht einzelner Kernparameter

Simulation dient ebenso als Referenz für Einmessung und Abnahme

Ver: -22° Hor: -135°
Lspk: DLI Links, DLI Rechts, LXP60 rechts, LXP60 links
Project:
Map: Direct SPL (Z)
(Aura Mapping)
Freq: 8000 Hz
(Broad Band Sum)
Shadow Cast: No
Resolution = 0.30 m



Ver: -22° Hor: -135°
Lspk: DLI Links, DLI Rechts, LXP60 rechts, LXP60 links
Project:
Map: Direct SPL (Z)
(Aura Mapping)
Freq: 4000 Hz
(1/1 Octave Sum)
Shadow Cast: No
Resolution = 0.30 m



Vorteile & Grenzen der Simulation

- Vorteile
 - Frühzeitige Planung & Optimierung
 - Reduziert Kosten und Aufwände bei Änderungen nach Installation
 - Material- & Kosteneffizienz
 - Vermeidet unnötige Anschaffungen oder Umbauten
 - Kommunikation & Dokumentation
 - Visualisierung für Architekten, Bauleiter, Techniker
 - Stützt die Qualitative Umsetzung bereits im Vorfeld
 - Simulationsergebnisse liefern Referenzwerte für Pegel, Winkel, SPL-Verteilung
- Grenzen der Simulation
 - Abhängigkeit von Eingabedaten

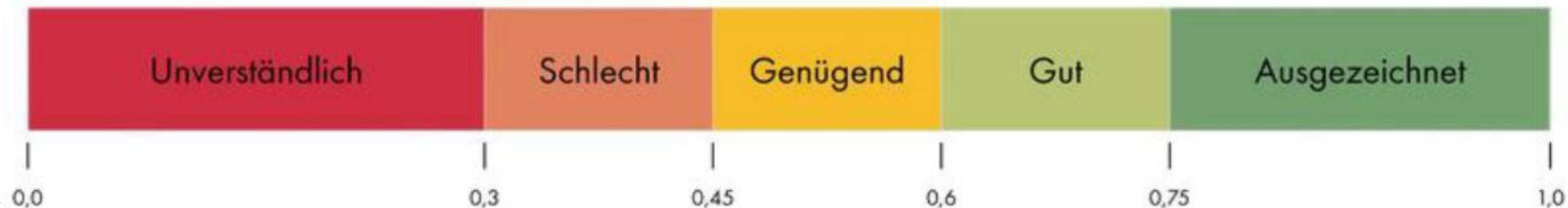
Jede Simulation ist nur so gut wie die Informationen mit der man sie speist

Grundlagen der Audiotechnik

Sprachverständlichkeitsindex

Übersicht

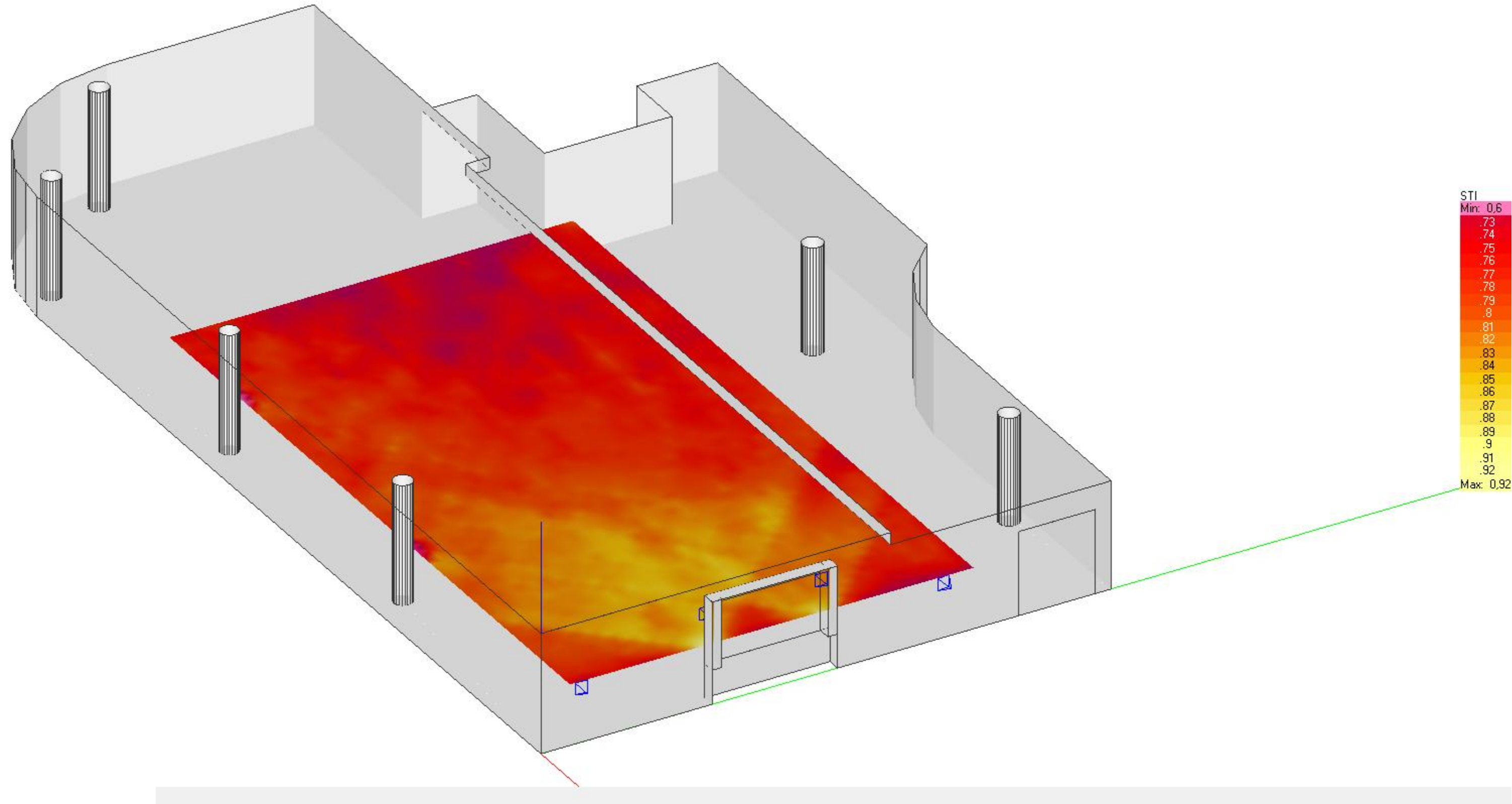
- STI = Speech Transmission Index (DIN EN IEC 60268-16:2021-10)
→ Maß für Verständlichkeit von Sprache (0–1)
- Setzt sich zusammen aus
 - Nutzsignal
 - Frequenzgang des Beschallungssystems
 - Hintergrundlärm
 - Reflexionen
 - Echos
 - Nachhallzeit des Raumes
 - Verzerrungen
 - psychoakustische Verdeckungs- und Maskierungseffekte



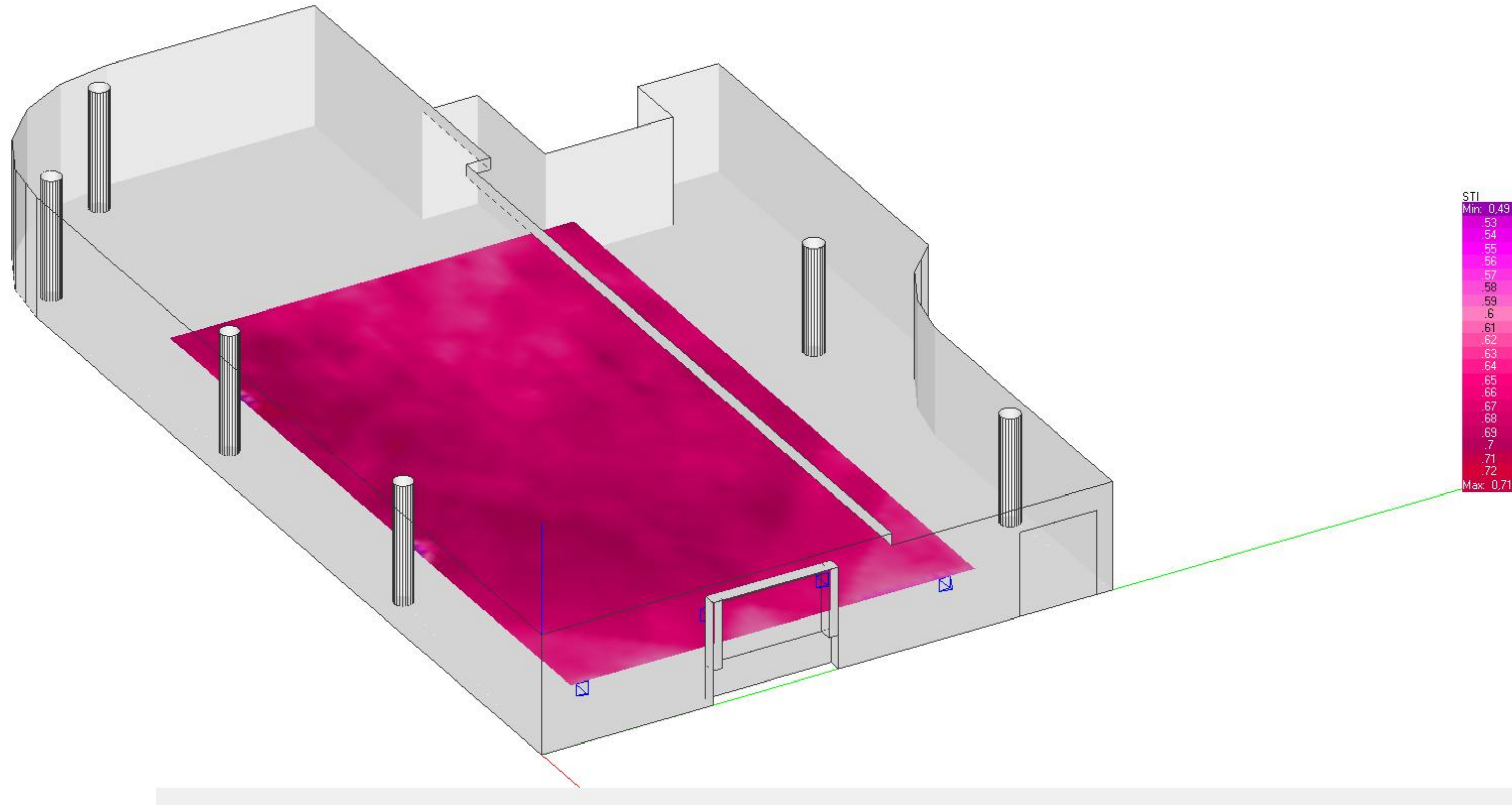
Hörbeispiele



Ver: -30° Hor: -120°
Lspk: DLI Links, DLI Rechts, LXP60 rechts, LXP60 links
Project:
Map: STI (M)
(Aura Mapping)
Shadow Cast: No
Resolution = 0.30 m



Ver: -30° Hor: -120°
 Lspk: DLI Links, DLI Rechts, LXP60 rechts, LXP60 links
 Project:
 Map: STI (M) +N (Mask.)
 (Aura Mapping)
 Shadow Cast: No
 Resolution = 0.30 m



STI - Praxisbezug

- Objektives Maß für Sprachverständlichkeit
 - STI liefert quantitative Werte (0–1) für die Verständlichkeit von Sprache
 - Schafft Vergleichbarkeit zwischen Räumen, Anlagen oder nach Änderungen
- Identifikation von Problemzonen
 - Bereiche mit zu niedrigem STI-Wert
 - schlechte Abdeckung oder Reflexionsprobleme
 - Ermöglicht gezielte Optimierung
 - DSP-Anpassung (Delay, EQ)
 - Zusatzlautsprecher oder Fills
- Zielwerte:
 - Konferenzräume: $STI > 0.65$
 - Hallen / Kirchen: akzeptabel ab 0.4–0.55
 - Bei Alarmierungsanlagen ist ein $STI \geq 0.5$ verpflichtend

Grundlagen der Audiotechnik

Einmessung

Ziel

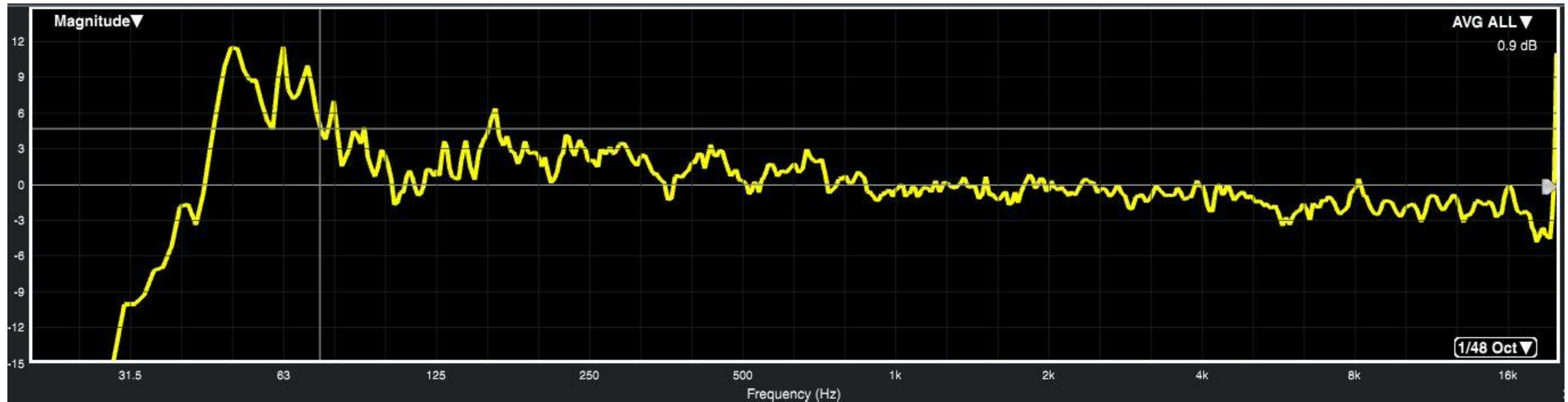
- Abgleich der Simulation mit der Realität
- Sicherstellen, dass Pegel, Frequenzgang und Laufzeiten optimal aufeinander abgestimmt sind
- Kalibrierung des Beschallungssystems
- als Verifizierung der Simulation bzw. Nachweis der Qualität

Einmessen des Systems ist unerlässlich, um eine maximale Wiedergabequalität zu gewährleisten

Ablauf der Einmessung

- Referenzmikrofon an repräsentativen Positionen
- Testsignal abspielen (Sweeps, Pink Noise)
- gemittelten Frequenzgang auswerten
→ Anpassungen der Signalverarbeitung vornehmen
- Pegelverhältnisse, Laufzeiten & Delays prüfen
→ Anpassung auf das Hauptsystem vornehmen
- Auswertung des Sprachverständlichkeitsindex
→ Messung an mehreren praxisrelevanten Positionen





Calculate STI

Measurement Type:

☒ Noise present
 ☐ Noiseless

Sound Level

80.2 dB A

Value	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
MTI	0.60	0.62	0.54	0.54	0.63	0.66	0.75
MTIPA	0.52	0.66	0.68	0.47	0.63	0.75	0.60
EQ dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Noise dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Clear EQ

Clear Noise

Copy

Results

STI: 0.62 D
Good

STIPA(IR): 0.62 D
Good

CIS: 0.79
Good

Grundlagen der Audiotechnik

Dokumentation

Zweck

- Nachweis, dass Einmessung korrekt durchgeführt wurde
- Grundlage für spätere Wartung, Systemänderungen oder Vergleiche
- Nachvollziehbarkeit aller Messungen
- als Verifizierung der Simulation
- stellt objektive Qualitätsnachweise für Betreiber bereit
- reduziert Fehlersuche und Ausfallzeiten im Servicefall

Inhalte

- Dokumentation des Beschallungssystems
- Dokumentation der Messkette
- Dokumentation der Messpunkte im Raum
- Frequenzgänge der Einzelmessungen
- Screenshots Fotos oder Reports
- STI-Messwerte mehrerer relevanter Positionen
- Export von Messprotokollen
- Dateianhänge zu STI Aufnahmen



Vielen Dank!