

An aerial photograph of a forest with a rocky clearing. A person is standing in the center of the clearing. Numerous white, rounded rectangular outlines are overlaid on the image, indicating the positions of monitors for an immersive audio setup. The outlines are distributed across the forest and the rocky area, with some larger ones in the center and smaller ones towards the edges.

**GENELEC®**

**Monitorlösungen für  
Immersive Audio**

3. Auflage



# Genelec-Monitorlösungen für Immersive Audio

- Perspektive und Wahrnehmung ..... 4
- 3D-Audio: Hintergrund und Formate ..... 6
- Forschung und experimentelle Anlagen ..... 8
- Genelec-Lösungen für 3D-Studios ..... 10
- GLM-Software: Konfiguration, Kalibrierung und Steuerung immersiver Audio-Systeme .. 14
- Monitor-Performance im Raum ..... 15
- Monitorlautsprecher von Genelec ..... 17

# Perspektive und Wahrnehmung

Die Welt um uns herum zu hören, ist so selbstverständlich, dass wir die Bedeutung oft erst erkennen, wenn diese Fähigkeit verloren geht. Meist ist ein Hörverlust glücklicherweise nur temporär – beispielsweise ausgelöst durch eine Erkältung –, doch selbst eine einseitige Beeinträchtigung des Hörens ist sehr belastend und schwerer zu ertragen als man erst einmal meinen würde.

Eine der ersten Fähigkeiten eines neugeborenen Kindes ist die Ortung von Schallquellen. Schnell und automatisch wendet es die Augen einem Geräusch zu. Mit den Jahren lernen wir hinzu und verfeinern unsere Lokalisierungsfähigkeiten – mithilfe eines Systems, das sich ständig in Entwicklung befindet. Die Gehörgänge und die Strukturen des Außenohrs (Ohrmuschel, Pinna) wachsen und verändern sich in ihrer Form. So unterliegen Gehör und Umgebungswahrnehmung einem konstanten Wandel, der uns immer wieder neue, faszinierende Eindrücke beschert.

Durch die Form der Ohrmuschel erfährt Schall, je nach Einfallswinkel (Azimut), eine klangliche Färbung. Erfahrene Tonleute nutzen diese Eigenschaft zusammen mit den Bewegungen des Kopfes nicht nur bei der Bewertung von immersivem 3D-Content, sondern auch, um Direktschall von Raumreflexionen zu unterscheiden.

Immersive 3D-Produktionen bieten die Möglichkeit, Schallereignisse in allen Richtungen präzise zu positionieren und so das Raumgefühl des Zuhörers zu beeinflussen. Für letzteres spielt der Frequenzbereich zwischen 50 und 200 Hz – die beiden tiefsten für die interaurale Laufzeitdifferenz (Interaural Time Difference, ITD) relevanten Oktaven – eine entscheidende Rolle. Dieser Frequenzbereich wird durch Wiedergabesysteme allerdings häufig nicht optimal übertragen.

Ein gut abgestimmtes Lautsprechersystem in einem akustisch hervorragenden Raum bietet die besten Chancen, verschiedenen Wiedergabesituationen für immersive Audioproduktionen, einschließlich Kopfhörern, gerecht zu werden. Nur dann kann der Sounddesigner die Möglichkeiten des Gehörs in Kombination mit Kopfdrehungen vollständig nutzen und anspruchsvolle Produktionen lange Zeit ohne Ermüdungserscheinungen und „Cybersickness“ abhören.



**SINNE SCHÄRFEN**

# 3D-Audio: Hintergrund und Formate

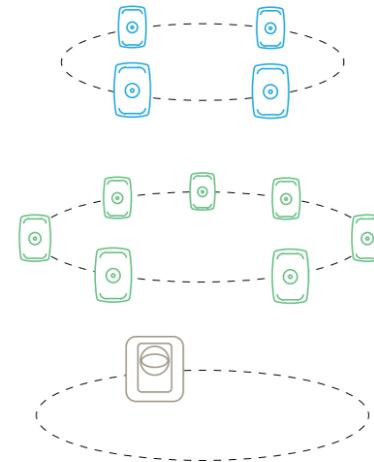
Ein immersives Audioerlebnis entsteht durch die Wiedergabe über eine größere Anzahl von Lautsprechern, die die eines konventionellen Surround-Systems teils deutlich übersteigt. Die unterschiedlichen Monitorkonfigurationen werden in den Empfehlungen ITU-R BS.775 (Surround) bzw. ITU-R BS.2159 (Multi-channel) beschrieben.

Bei immersiven 3D-Produktionen werden die Lautsprecher zunächst auf Ohrhöhe rund um den Abhörpunkt angeordnet, darüber hinaus aber auch oberhalb und unterhalb, in sogenannten „Ebenen“. Diese Ebenen spiegeln sich teilweise in den Formatbezeichnungen wider, so dass dasselbe Setup je nach Entwickler oder Land zum Beispiel 11.1 oder 7.1.4 heißen kann. In beiden Fällen verfügt das System über 11 diskrete Hauptkanäle und einen LFE-Kanal.

Derartige Produktionen in Referenzqualität abzuhören, erfordert im Anschluss an die grundlegende Positionierung eine detaillierte Abstimmung der Pegel, Laufzeiten und Frequenzgänge aller Lautsprecher im Studio. Mit einem Genelec-System ist das ganz unkompliziert (siehe Seite 14).

## Vorteile von Genelec-Monitorsystemen für immersive Audioproduktionen:

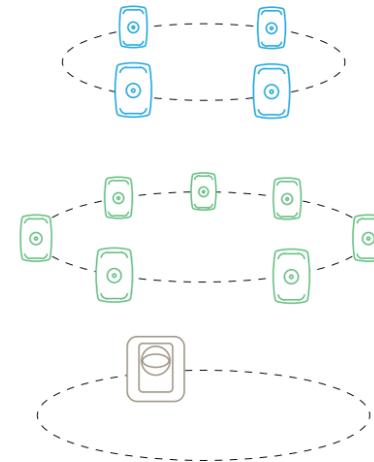
- Neutraler, verfärbungsfreier Klang, On- und Off-Axis.
- Große Auswahl verschiedener Lautsprecher und Subwoofer ermöglicht umfangreich skalierbare Systeme für alle Raumformate, vom kleinen Ü-Wagen bis hin zu großen Mischkinos und Synchronstudios.
- Alle Monitorlautsprecher in dieser Broschüre lassen sich per GLM-Software (Genelec Loudspeaker Manager) präzise kalibrieren. Außerdem dient die GLM-Software als perfekt integrierter Monitor-Controller.
- Vielseitige Montageoptionen sorgen für eine unkomplizierte Positionierung und Ausrichtung der einzelnen Lautsprecher.
- Robuste, nachhaltig gefertigte und 100% zuverlässige Lautsprecher.



## Dolby Atmos

Dolby Atmos wurde erstmals 2012 vorgestellt und ist ein objektbasiertes System mit maximal 128 einzelnen Tracks und 64 Lautsprecher-Feeds, das heute weltweit unterstützt wird.

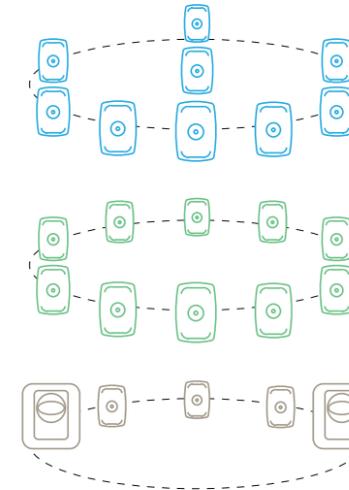
- 2-Ebenen-System mit Surround- und Höhenkanälen
- Typische Home-Entertainment-Systeme bis 7.1.4, umfangreichere Lautsprecher-Layouts möglich
- Bis zu 64 unabhängige Lautsprecher-Kanäle für Kinoproduktionen



## MPEG-H Audio

MPEG-H Audio wurde maßgeblich durch das Fraunhofer IIS speziell für Broadcast und Streaming entwickelt. Das in MPEG standardisierte Audiosystem bietet neben 3D-Sound auch umfangreiche Personalisierungsmöglichkeiten und Barrierefreiheit.

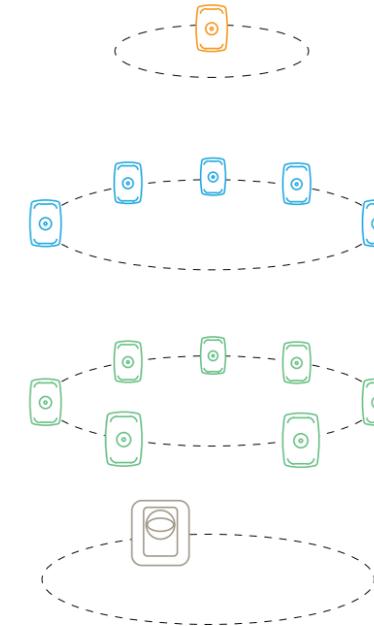
- Skalierbare Architektur mit verschiedenen Kanalkonfigurationen
- Audioobjekte für erweiterte, personalisierbare Dialoge
- Produktion und Ausgabe anspruchsvoller immersiver Musikprojekte



## 22.2

Das kanalbasierte 3-Ebenen-System 22.2 wurde vom japanischen Sender NHK entwickelt und bildet die Surround-Komponente des Ultra-HD-TV-Systems von NHK.

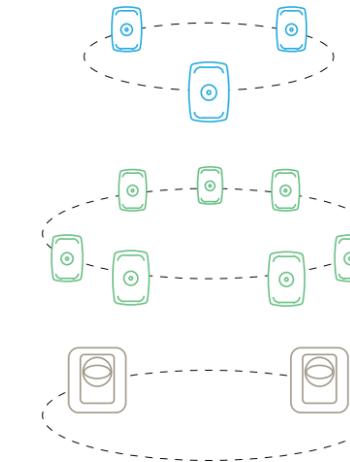
- System mit drei Ebenen für den Broadcast- und Home-Audio-Einsatz
- Feste Anzahl Lautsprecher mit festen Kanal-Positionen für die Produktion
- Geeignet für voll ausgestattete und kompaktere Heimkino- und andere Wiedergabesysteme



## Auro-3D

Auro-3D wurde erstmals im Jahr 2006 vorgestellt und ist ein in erster Linie kanalbasiertes System mit drei Ebenen und vielfältigen Formaten.

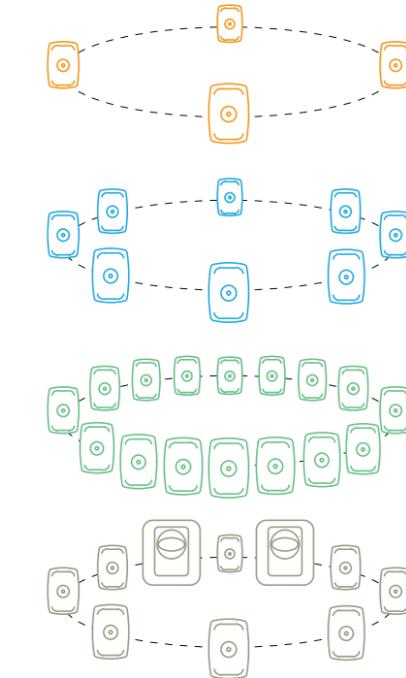
- System mit drei Ebenen: Surround, Höhenebenen und VoG-Kanal
- Typische Formate von 7.1.2 bis 7.1.6
- Objektbasierte AuroMax-Erweiterung für zusätzliche Kanäle



## DTS:X

DTS:X gibt es seit dem Jahr 2015. Wie bei Dolby Atmos handelt es sich um ein objektbasiertes System – allerdings ohne festgelegte Lautsprecher-Konfigurationen.

- 2-Ebenen-System mit Surround- und Höhenkanälen
- Audioausgabe abhängig von Anzahl und Position der verfügbaren Lautsprecher
- Unterstützt bis zu 32 Lautsprecher-Positionen und 7.2.4 Kanäle



## ITU-R und Pure Research

Die ITU-R (International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector) erforscht die Voraussetzungen für realistischen 3D-Sound im Bereich UHD-TV. Der Fokus von Pure Research liegt auf Raumklang und binauralem Ton mit und ohne Bewegung.

- Mindestens drei vertikale Ebenen und ein oder mehrere Subwoofer
- Typischerweise zwischen 11 und 80 Haupt-Kanäle
- ITU-R kooperiert mit NHK (Japan), SMPTE (USA) und EBU (Europa)

# Forschung und experimentelle Anlagen

Weltweit wird im Bereich Immersive Audio von akademischen und kommerziellen Organisationen intensiv geforscht. Die Entwicklungen explodieren förmlich – vorangetrieben durch immer neue, umfangreichere dreidimensionale Ausgabeformate sowie die vielversprechenden Renditeaussichten für die ersten Unternehmen am Markt, die die Herausforderung lösen, ein überzeugendes, individuelles (binaurales) 3D-Audioerlebnis über Kopfhörer zu realisieren.

Eine zufriedenstellende binaurale Lösung für Filme, Spiele und VR umfasst nicht nur die Darstellung der Schallquellen mitsamt Azimut, sondern berücksichtigt auch die Reflexionen, die uns unter natürlichen Bedingungen ständig begleiten. Direktschall und Reflexionen müssen für jeden einzelnen Hörer individuell berechnet werden – unter Berücksichtigung von Kopf- und Körperbewegungen in Echtzeit. Entsprechend hoch ist die zu verarbeitende Datenflut eines solchen binauralen Wiedergabesystems, und die Datenbasis, auf der es aufbaut, muss so akkurat wie möglich sein.

Zentrales Element jeder subjektiven Prüfung und Datenerfassung ist ein präzises, hochauflösendes 3D-Abhörsystem. Hier sind Punktschallquellen-Monitore von Genelec, bekannt unter dem Namen „The Ones“, eine Klasse für sich. Nicht nur der Direktschall auf Achse ist bei diesen Lautsprechern besonders verfärbungsfrei, sondern auch seitlich abgestrahlte Schallanteile, die ja häufig vom Raum reflektiert werden. Dieses Ideal ist mit konventionellen Abhörsystemen kaum zu erreichen, bei Einsatz von Genelec The Ones hingegen ist die größte Herausforderung auf dem Gebiet immersiver Audioproduktion und Forschung ausgeräumt. Es überrascht daher wenig, dass zunehmend Studien zur Mikrofonentwicklung oder immersiven Inhalten auf der Basis von The Ones umgesetzt werden.

Für Forschungsbereiche, die in den beiden Ebenen nicht dieses absolut ideale Abstrahlverhalten erfordern, stehen weitere Genelec-Lautsprechermodelle zur Auswahl. Einige werden bereits in dieser Broschüre vorgestellt, die gesamte Modellpalette finden Sie unter [www.genelec.com](http://www.genelec.com). Bei Genelec SAM-Monitoren und -Subwoofern bietet die Kalibrierung und Steuerung via GLM (Genelec Loudspeaker Management) direkt vor Ort enorme Vorteile.





## Genelec-Lösungen für 3D-Studios

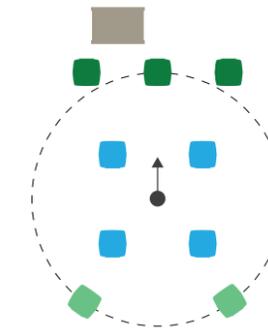
Kompakt: 5.1.4

Anwendung: Ü-Wagen oder  
Forschungseinrichtung

Typische Abhörentfernung: 0,7 m

Empfohlenes Genelec-System:

- Main LCR: 3 x 8330 oder 8331
- Surround: 2 x 8330 oder 8331
- Decke: 4 x 8330 oder 8331
- Subwoofer (LFE): 1 x 7360



Montagezubehör:

4 x 8000-420 Wandhalter, kurz  
2 x 8000-436 Deckenhalter, kurz

Verkabelung:

Analog oder digital, z.B. 10 x  
AES/EBU-XLR-Kabel

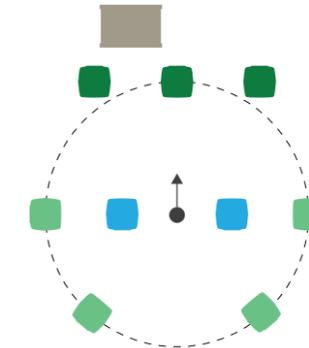
Klein: 7.1.2

Anwendung: Broadcast- oder  
QC-Studio

Typische Abhörentfernung: 1,2 m

Empfohlenes Genelec-System:

- Main LCR: 3 x 8340 oder 8341
- Surround: 4 x 8340 oder 8341
- Decke: 2 x 8331 oder 8341
- Subwoofer (LFE): 1 x 7370



Montagezubehör:

4 x 8000-402 Wandhalter, verstellbar  
2 x 8000-436 Deckenhalter, kurz

Verkabelung:

Analog oder digital, z.B. 10 x  
AES/EBU-XLR-Kabel

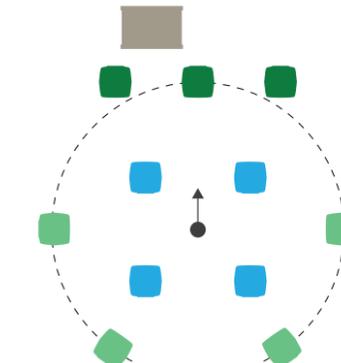
Klein: 7.1.4

Anwendung: Broadcast- oder  
Post-Production-Studio

Typische Abhörentfernung: 2 m

Empfohlenes Genelec-System:

- Main LCR: 3 x 8351
- Surround: 4 x 8340 oder 8341
- Decke: 4 x 8341
- Subwoofer (LFE): 1 x 7380



Montagezubehör:

4 x 8000-402 Wandhalter, verstellbar  
4 x 8000-436 Deckenhalter, kurz

Verkabelung:

Analog oder digital, z.B. 12 x  
AES/EBU-XLR-Kabel

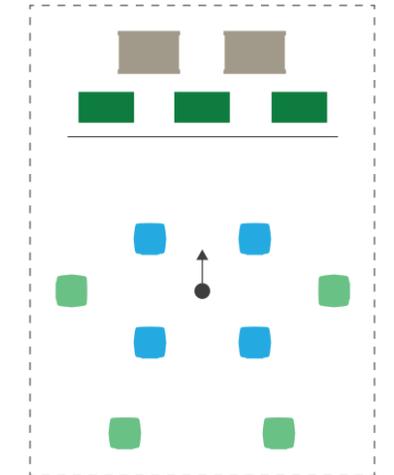
Mittelgroß: 7.1.4

Anwendung: Post-Production-  
oder professionelles Filmstudio

Typische Abhörentfernung:  
Front 3 m, andere Lautsprecher 1,5 m

Empfohlenes Genelec-System:

- Main LCR: 3 x 8361 oder S360
- Surround: 4 x 8341 oder 8351
- Decke: 4 x 8341
- Subwoofer (LFE): 2 x 7380



Montagezubehör:

4 x 8000-402 Wandhalter, verstellbar  
4 x 8000-436 Deckenhalter, kurz

Verkabelung:

Analog oder digital, z.B. 13 x  
AES/EBU-XLR-Kabel

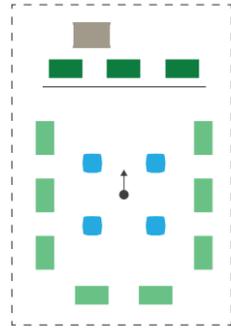
## 15-Kanal

Anwendung: *Post-Production- oder professionelles Filmstudio*

Typische Abhörentfernung: Front 4 m, andere Lautsprecher 2 m

### Empfohlenes Genelec-System:

- **Main LCR:** 3 x 1238A/DF/AC
- **Surround:** 8 x 8361 oder S360
- **Decke:** 4 x 8341 oder 8351
- **Subwoofer (LFE):** 1 x 7382



### Montagezubehör:

8 x 8000-402 Wandhalter, verstellbar  
8 x S360-424B U-Bügel-Montageadapter  
4 x 8000-436 Deckenhalter, kurz

### Verkabelung:

Analog oder digital, z.B. 16 x AES/EBU-XLR-Kabel

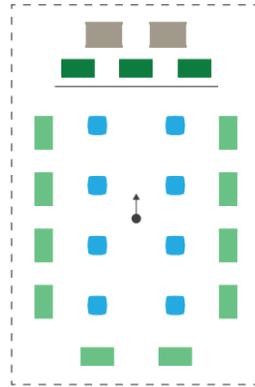
## 21-Kanal

Anwendung: *Mischkino*

Typische Abhörentfernung: Front 5 m, Surround 3 m, Decke 2,5 m

### Empfohlenes Genelec-System:

- **Main LCR:** 3 x 1234A oder 1234AC
- **Surround:** 10 x 8361 oder S360
- **Decke:** 8 x 8351
- **Subwoofer (LFE):** 2 x 7382



### Montagezubehör:

10 x 8000-402 Wandhalter, verstellbar  
10 x S360-424B U-Bügel-Montageadapter  
8 x 8000-444 Deckenhalter, lang

### Verkabelung:

Analog oder digital, z.B. 23 x AES/EBU-XLR-Kabel

### Optional:

Bass-Management und Subwoofer für die seitlichen und hinteren Kanäle, z.B. 2 x 7380. Bei digitaler Übertragung sind zwei 9301-Interfaces in die Kalkulation mit einzubeziehen.

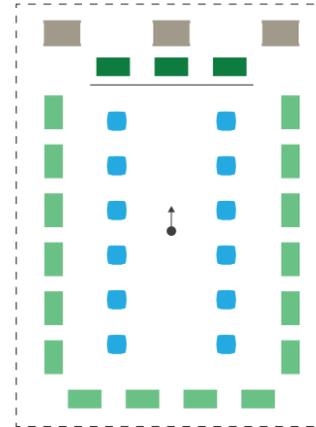
## 31-Kanal

Anwendung: *Mischkino*

Typische Abhörentfernung: Front 8 m, Surround 5 m, Decke 2,5 m

### Empfohlenes Genelec-System:

- **Main LCR:** 3 x 1236
- **Surround:** 16 x 8361 oder S360
- **Decke:** 12 x 8351 oder 8361
- **Subwoofer (LFE):** 3 x 7382



### Montagezubehör:

16 x 8000-402 Wandhalter, verstellbar  
16 x S360-424B U-Bügel-Montageadapter  
12 x 8000-444 Deckenhalter, lang  
12 x S360-450B U-Bügel-Montageadapter  
12 x S360-465B Deckenplatte

### Verkabelung:

Analog oder digital, z.B. 33-35 x AES/EBU-XLR-Kabel

### Optional:

Bass-Management und Subwoofer für die seitlichen und hinteren Kanäle, z.B. 4 x 7380. Bei digitaler Übertragung sind zwei 9301-Interfaces in die Kalkulation mit einzubeziehen.



# GLM-Software: Konfiguration, Kalibrierung und Steuerung immersiver Audio-Systeme

## Konfiguration und Kalibrierung

Für Abhörbedingungen in Referenzqualität und eine gute Übertragung auf andere Räume oder Kopfhörer muss jeder Monitor in jedem Raum nach der Aufstellung bzw. dem Einbau eingemessen werden. Die Genelec GLM-Software (Genelec Loudspeaker Manager) bietet hier eine innovative, ausgereifte und perfekt integrierte Lösung, die auf jahrzehntelanger Forschung und den Daten tausender Abhörräume basiert.

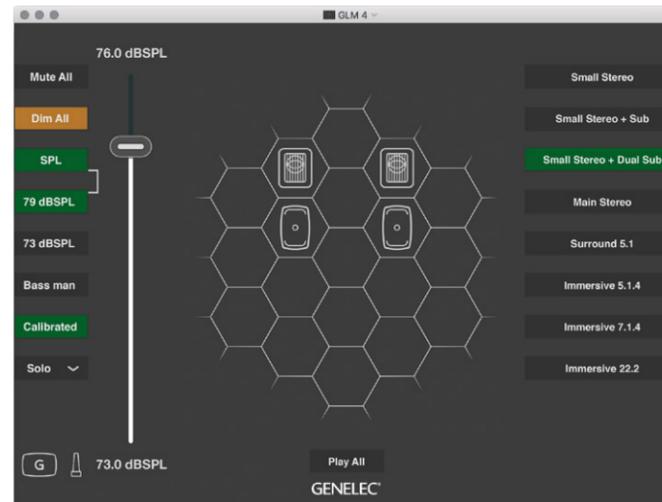
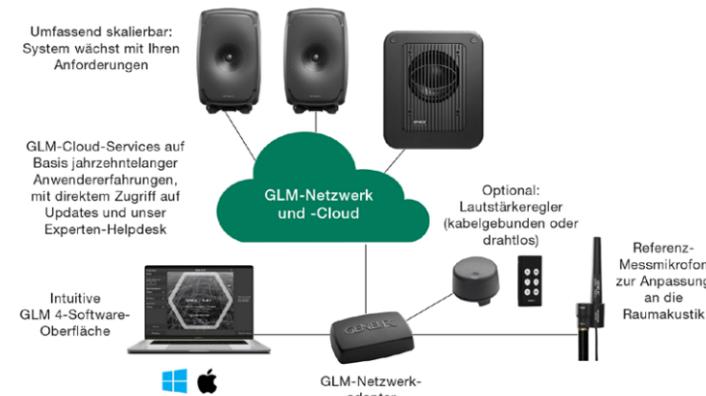
Bei der Einrichtung eines 3D-Audio-Systems ist eine sorgfältige Kalibrierung aller Lautsprecher unerlässlich, da anderenfalls sogar typgleiche Monitore unterschiedliche Klangeigenschaften aufweisen. Sind die Hörabstände nicht identisch, kann es zu weiteren Pegel-, Laufzeit- und Phasenproblemen kommen. All dies gleicht die GLM-Software mühelos aus. Darüber hinaus ist es möglich, Normen und Standards (z.B. X-Curve), Abhörpegel und individuelle Voreinstellungen einzubeziehen und das Setup frei zu skalieren, wenn weitere Kanäle benötigt werden.

## Monitor-Steuerung

Im täglichen Einsatz dient die GLM-Software als umfassend ausgestatteter, Mac- oder PC-basierter Monitor-Controller, der sich sofort an veränderte Systemkonfigurationen anpasst, beispielsweise bei der Erweiterung einer Stereoinstallation auf 5.1, 7.1.4, 22.2, 64 oder mehr Kanäle.

GLM bietet die Option, den Abhörpegel auf unterschiedliche Lautheitsnormen abzustimmen und stellt zusätzlich Solo- und Mute-Funktionen bereit. Außerdem können Sie zwischen verschiedenen Formaten, Abhörsystemen und Hörpositionen umschalten und für komplette Systeme einen zeitlichen Versatz definieren – für eine perfekte Synchronisation von Ton und Bild. Und das ist noch lange nicht alles. Ein großer Vorteil des integrierten GLM-Monitor-Controllers ist zudem, dass Ihr DAW- oder anderes 3D-Zuspielsystem nicht unnötig belastet wird.

## Systemkomponenten

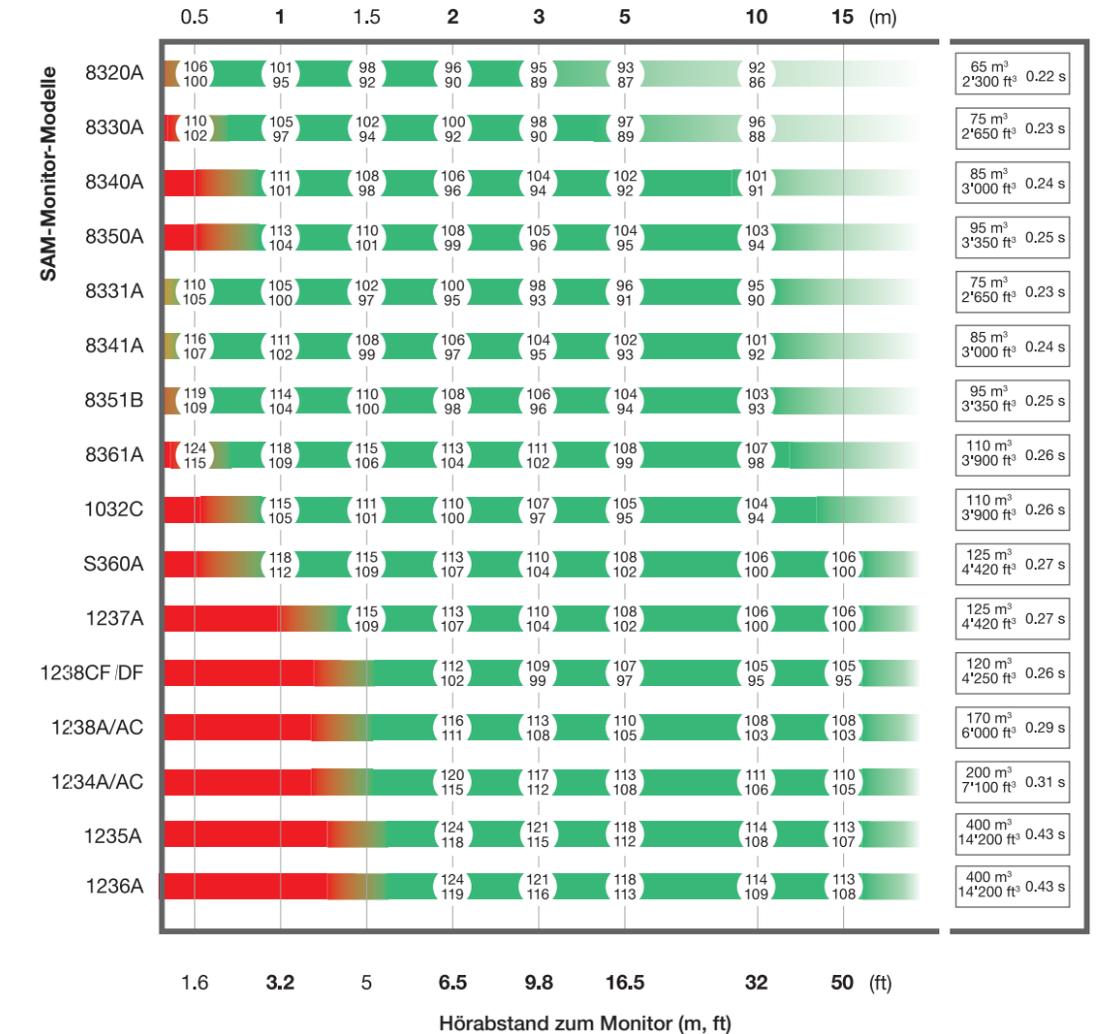
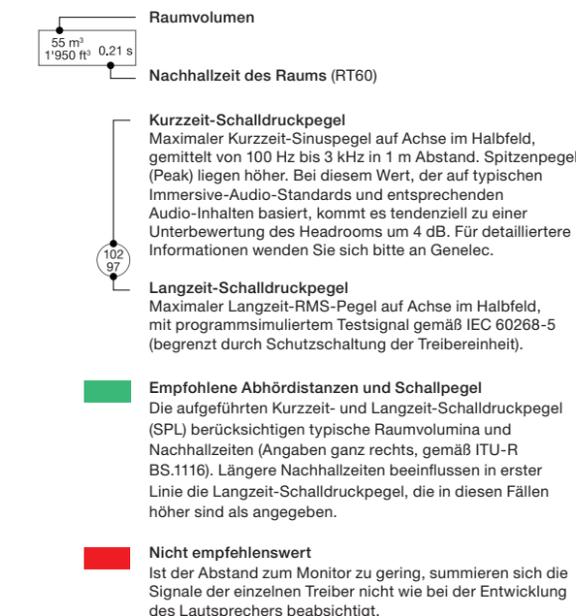


# Monitor-Performance im Raum

## Empfehlungen zur Abhördistanz

Der Abstand zwischen Abhörplatz und Monitoren ist ein ganz entscheidender Aspekt, der sowohl die Lautsprecher-Performance als auch den Schalldruckpegel an der Hörposition beeinflusst. Die Tabelle rechts zeigt die Schalldruckpegel der Genelec SAM-Monitore im Vergleich.

Außerdem besteht die Möglichkeit, die beiden Design-Tools von Dolby (Dolby Audio Room Design Tools, DARDT) für Home-Entertainment und Kinoproduktionen zu nutzen, in denen auch zahlreiche Genelec-Modelle berücksichtigt werden.



## Abhördistanz und Direktschall

Das Verhältnis zwischen Direktschall und Nachhall hat großen Einfluss auf den Klang einer Mischung. Die Tabelle rechts zeigt die optimalen Abhördistanzen für Genelec-SAM-Lautsprecher.



### Nicht empfehlenswert

Ist der Abstand zum Monitor zu gering, summieren sich die Signale der einzelnen Treiber nicht wie bei der Entwicklung des Lautsprechers beabsichtigt, was die Linearität des Frequenzgangs beeinträchtigt. Ein ausgewogenerer, stabilerer Frequenzgang wird durch eine größere Abhördistanz erreicht.

### Dominierender Direktschall

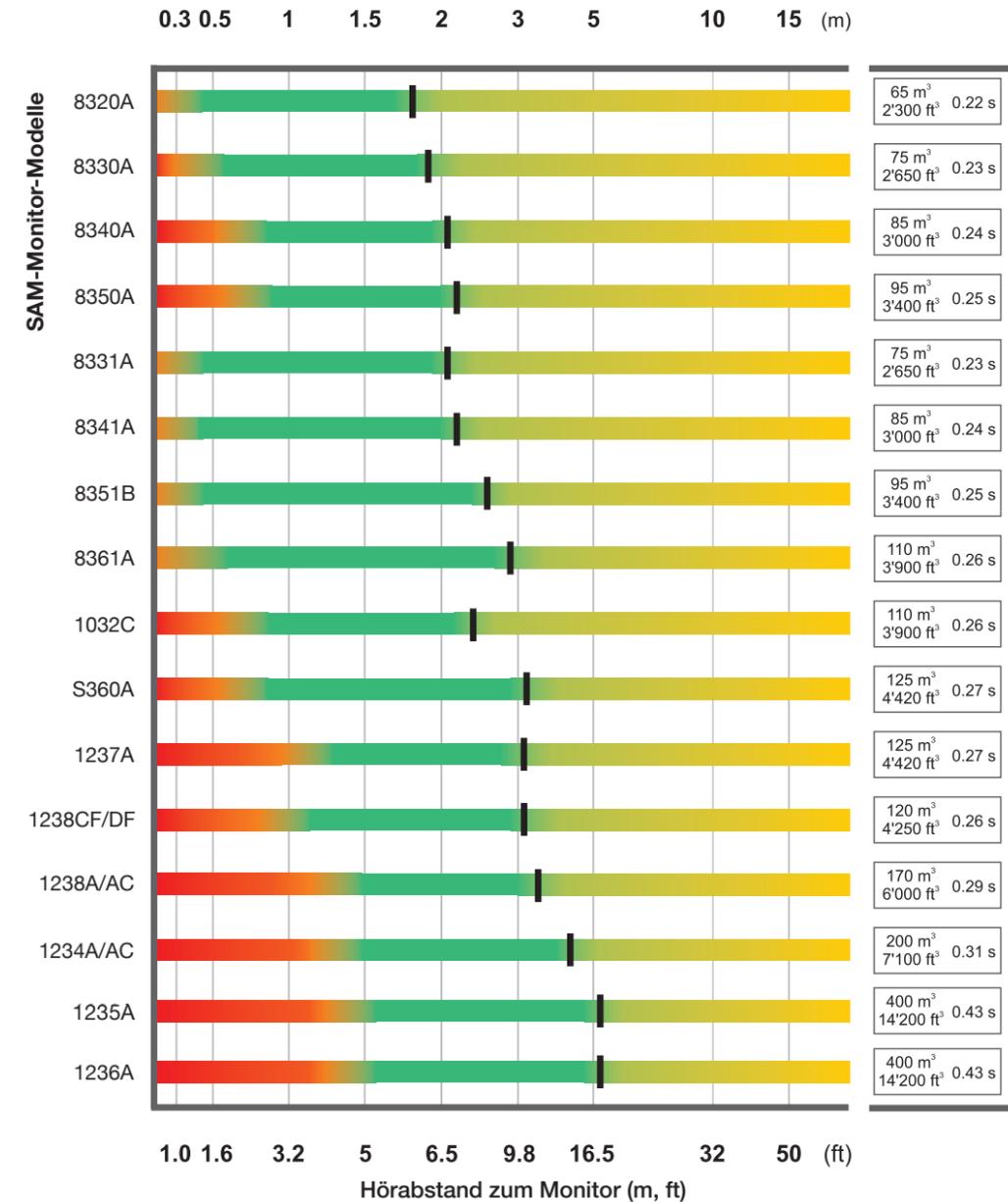
In diesem Bereich weist der vom Monitor abgestrahlte Direktschall einen höheren Pegel auf als die Nachhallanteile im Raum. Werden die Monitore innerhalb dieses Bereichs positioniert, beeinflussen die Nachhallanteile den Charakter (Klangfarbe) der abzuhörenden Schallquelle und die Präzision der Stereoabbildung nur minimal. Mit zunehmendem Hörabstand reduziert sich der Direktschallpegel im Verhältnis zum Nachhallanteil.

### Kritische Distanz

Die kritische Distanz ist die Entfernung, bei der Direktschall und Nachhall im Bereich der mittleren Frequenzen (ca. 200 Hz bis 4 kHz) den gleichen Pegel aufweisen. Sie ist abhängig vom Raumvolumen, der Nachhallzeit des Raums (gemäß ITU-R BS.1116-1-Empfehlungen) und dem Abstrahlverhalten des Monitors.

### Dominierender Nachhall

In diesem Bereich weisen die Nachhallanteile im Raum einen höheren Pegel auf als der vom Monitor abgestrahlte Direktschall. Mit zunehmendem Hörabstand werden die Nachhallanteile im Verhältnis zum Direktschall dominanter. Der Monitor kann zwar auch mit diesen Distanzen genutzt werden, der Charakter (Klangfarbe und Präzision der Stereoabbildung) der abzuhörenden Schallquelle wird jedoch zunehmend von den Nachhallanteilen beeinflusst.



## Monitorlautsprecher von Genelec

Genelec bietet eine umfangreiche Auswahl an Monitorlautsprechern und Subwoofern, die sich durch eine konsistente, präzise und neutrale Audiowiedergabe auszeichnen. So steht für die unterschiedlichsten Immersive-Audio-Produktionen immer eine professionelle Lösung zur Verfügung, die zudem durch eine branchenweit einzigartige Auswahl an Montagezubehör ergänzt wird.

Vom kleinsten kompakten Nahfeldmonitor über 3-Wege-Midfield- bis hin zu großen und sehr großen Hauptmonitoren hält Genelec für alle Raumgrößen, Formate und Anforderungen an den Schallpegel zuverlässige Monitorlösungen bereit, die jederzeit eine exzellente Performance garantieren.

Und da eine optimale Wiedergabe unter unterschiedlichsten Raumbedingungen und auf allen Audiosystemen so entscheidend ist, ist es gut zu wissen, dass der Mix mit Genelec-Lautsprechern jederzeit absolut authentisch abgebildet wird. Nicht umsonst heißt es: „*When you get it right on a Genelec, it's right everywhere.*“

Unsere vollständige Produktpalette finden Sie auf der Genelec-Website: [www.genelec.com](http://www.genelec.com).



IMMERSIVE AUDIO IST REALITÄT

# Expertenberatung für Ihr neues 3D-Studio

Unser weltweites Experten-Team steht Ihnen mit dem kostenfreien Genelec-Helpdesk gerne zur Verfügung und berät Sie zu Grundlagen und praktischen Fragen der Dimensionierung und Installation eines Monitorsystems für immersive Musik-, Broadcast-, OTT- oder Filmproduktionen.

SENDEN SIE IHRE ANFRAGE EINFACH AN  
[immersive.helpdesk@genelec.com](mailto:immersive.helpdesk@genelec.com)

**GENELEC®**  
the sonic reference

## Hauptsitz und Produktion

Genelec Oy  
Olivitie 5  
FI-74100 Iisalmi  
Finnland  
T: +358 17 83 881  
E-Mail: [genelec@genelec.com](mailto:genelec@genelec.com)

## USA

Genelec Inc.  
7 Tech Circle  
Natick MA 01760  
USA  
T: +1 508 652 0900  
E-Mail: [genelec.usa@genelec.com](mailto:genelec.usa@genelec.com)

## Schweden

Genelec Sweden  
Ellipsvägen 10A  
SE-141 75 Kungens Kurva  
Schweden  
T: +46 8 449 5220  
E-Mail: [info@genelec.com](mailto:info@genelec.com)

## China

Beijing Genelec Audio  
Room 101, Building B33  
Universal Business Park  
No.10 Jiuxianqiao Road  
Chaoyang District  
Beijing 100015  
China  
T: +86 10 5823 2014  
T: +86 400 700 1978  
E-Mail: [genelec.china@genelec.com](mailto:genelec.china@genelec.com)

## Japan

Genelec Japan Inc  
2-22-21 Akasaka  
Minato ku  
JP-107-0052 Tokyo  
Japan  
T: +81 3 6441 0591  
E-Mail: [genelec.japan@genelec.com](mailto:genelec.japan@genelec.com)