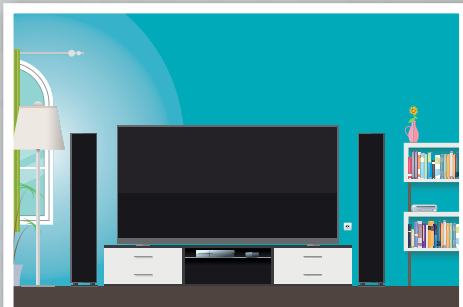


# B&MOTION

DAS BACKES&MÜLLER-MAGAZIN SOMMER / 2022

## Vertikalhorn BMLine 60 Weltpremiere

Akustik Know-How  
**Lautsprecheraufstellung  
zu Hause**



Wahrnehmungsforschung  
an der Universität  
**Immersive Audio**



## Impressum

© Backes&Müller  
High End Audio  
Produktionsgesellschaft mbH

Altenkessler Str. 17/D1  
66115 Saarbrücken (Deutschland)  
Telefon: + 49 (0) 681 / 7616 - 809  
Fax: + 49 (0) 681 / 7616 - 785  
E-Mail: [info@backesmueller.de](mailto:info@backesmueller.de)  
Web: [www.backesmueller.de](http://www.backesmueller.de)

Konzept&Redaktion: Martina Siegler  
Johannes Siegler

Design&Layout: Jean Paul Stoll

Autoren: Johannes Siegler  
Sophia Schülke

Auflage: 1/ 2022

Satz- und Druckfehler sowie technische  
Änderungen vorbehalten.



## Weltpremiere auf der HIGH END 2022

*Backes&Müller präsentiert  
die neue BMLine 60 mit innovativer  
Beamsteering Technologie*

Nach zwei langen Jahren Zwangs-Abstinez bietet die HIGH END in München endlich wieder die Chance auf eine Zusammenkunft der Branche. Viel zu lange hat Corona der Gesellschaft Regeln diktiert und man muss leider den Eindruck gewinnen, auch durch Putins Angriffskrieg, dass sich die Zeiten grundlegend geändert haben. Trotzdem oder gerade deshalb sollte man sich die Zeit nehmen um, fernab der Pushmeldungen und Breaking-News seiner Seele Nahrung zuzuführen. In unserem Falle rede ich natürlich von Musik. Endlich kann man wieder „live“ Konzerte besuchen und sich nach Jahren mit Youtube an echter Raumdiefe, Bühnenperformance und vor allem Livemusik erfreuen. Natürlich geht das nicht jeden Tag und damit kommen wir wieder ins Spiel!

Mit der brandneuen BMLine 60, unserem neuesten Vertikalhorn-Lautsprecher zeigen wir auf der HIGH END 2022 ein echtes High-End-Highlight. Ein Stück perfektes Design das Form und Funktion vereint. Dass dies nicht nur eine hohle Behauptung ist, davon können Sie sich im Artikel über die BMLine 60 überzeugen.

Überhaupt waren wir bei Backes&Müller in den messefreien Jahren in Forschung und Entwicklung ziemlich aktiv. Eine Zusammenarbeit mit Prof. Daniel Strauss vom Institut „Systems Neuroscience & Neurotechnology Unit der HTW und Universität des Saarlandes bringt uns hoch interessante Einblicke in die menschliche Wahrnehmung von Schall und Musik. Lesen Sie im Artikel ‚Zuhören bis die Ohren Wackeln‘ von den ersten spannenden Ergebnissen der Kooperation, die sich auch um das Top-Audio-Thema „Immersion und 3D-Audio“ erstreckt.

Ein kleiner Ratgeber zur optimalen Lautsprecher-aufstellung im Wohnraum rundet diese Messe-Sonderausgabe des aktuellen B&Motion ab.

Ich hoffe und freue mich auf gute Gespräche und Hörerlebnisse mit Ihnen auf der lang ersehnten dies-jährigen HIGH END.

Ihr Johannes Siegler  
Geschäftsführer von Backes&Müller





# **BMLine 60**

## **der ultimative Schallwandler für jeden Hörraum**

---

Unterschiedliche akustische Wohnräume erfordern unterschiedliche Beschallungskonzepte für den perfekten Musikgenuss. Eine authentische Musikwiedergabe in großen Räumen gestaltet sich komplett anders als in kleinen Räumen. Mit der neuen BMLine 60 haben wir einen Schallwandler realisiert, der durch sein innovatives Abstrahlkonzept perfekt an jede Raumgröße und Raumakustik adaptiert werden kann. Backes&Müller hat in der BMLine-Serie erstmals die Zylinderwellenabstrahlung in High-End-Lautsprechern eingeführt und kombiniert diese in der BMLine 60 jetzt mit einem neuartigen Schall-Lenkungsverfahren (Beamsteering).

---

**G**roße Räume haben einen längeren Nachhall, bieten mehr Wandflächen für Reflexionen und je nach Beschaffenheit der Wand-, Decken- und Boden-Oberflächen wirken diese akustisch stärker am Hörplatz als in kleineren Wohnräumen. Auch eine eventuell größere Abhörentfernung erfordert eine angepasste Abstrahlung des Schalls.

Bei den „üblichen“ Abhörentfernungen befindet sich der Lautsprecher im Nahfeld. Dies heißt nichts anderes, als dass am Hörplatz sehr viel mehr Schallenergie vom Lautsprecher direkt am Hörplatz ankommt, als Schallenergie per Reflexionen von Wand, Boden und Decke. Für große Räume und größere Entfernungen hat Backes&Müller deshalb eine Treiber-Technologie entwickelt, die das Nahfeld hin zum Hörplatz erweitert und als NeXT™-Technologie ebenso wie unsere Filtertechnik FIRTEC™ beim Patentamt in München geschützt. Mit Hilfe der NeXT™ Bauweise bleibt der Hörer auch bei größerer Hörentfernung im Direktschallfeld und hört seine Musik ungetrübt von zu starken Raumeinflüssen. Eine spezielle Anordnung der einzelnen Treiber in Verbindung mit dem B&M-Zylinderwellenstrahler bildet auch bei der BMLine 60 die Grundlage dieser Technik. Konsequenter folgt dabei die äußere Gestaltung dem Schallentstehungsprozess. Organische Schallerzeugungsprozesse drücken sich im organischen Gehäusedesign aus. Die BMHorn-Serie ist letztlich die Konsequenz aus dieser Überlegung. Die imposante BMLine 100

demonstriert machtvoll die Qualität und Power dieses Ansatzes, genauso wie die auf europäische Wohnverhältnisse skalierte BMLine 80, die von der Fachwelt gefeiert und mehrfach mit Preisen ausgezeichnet wurde.

In diese Reihe setzt sich wird bruchlos in der neue BMLine 60 fort und wartet dabei mit einer echten Innovation auf: Erstmals ist es möglich, weite Bereiche des Mittelhochtons exakt auf die Position des Hörers mittels Beamsteering (= Strahlsteuerung) auszurichten, einer

## Beamsteering im Wohnzimmer

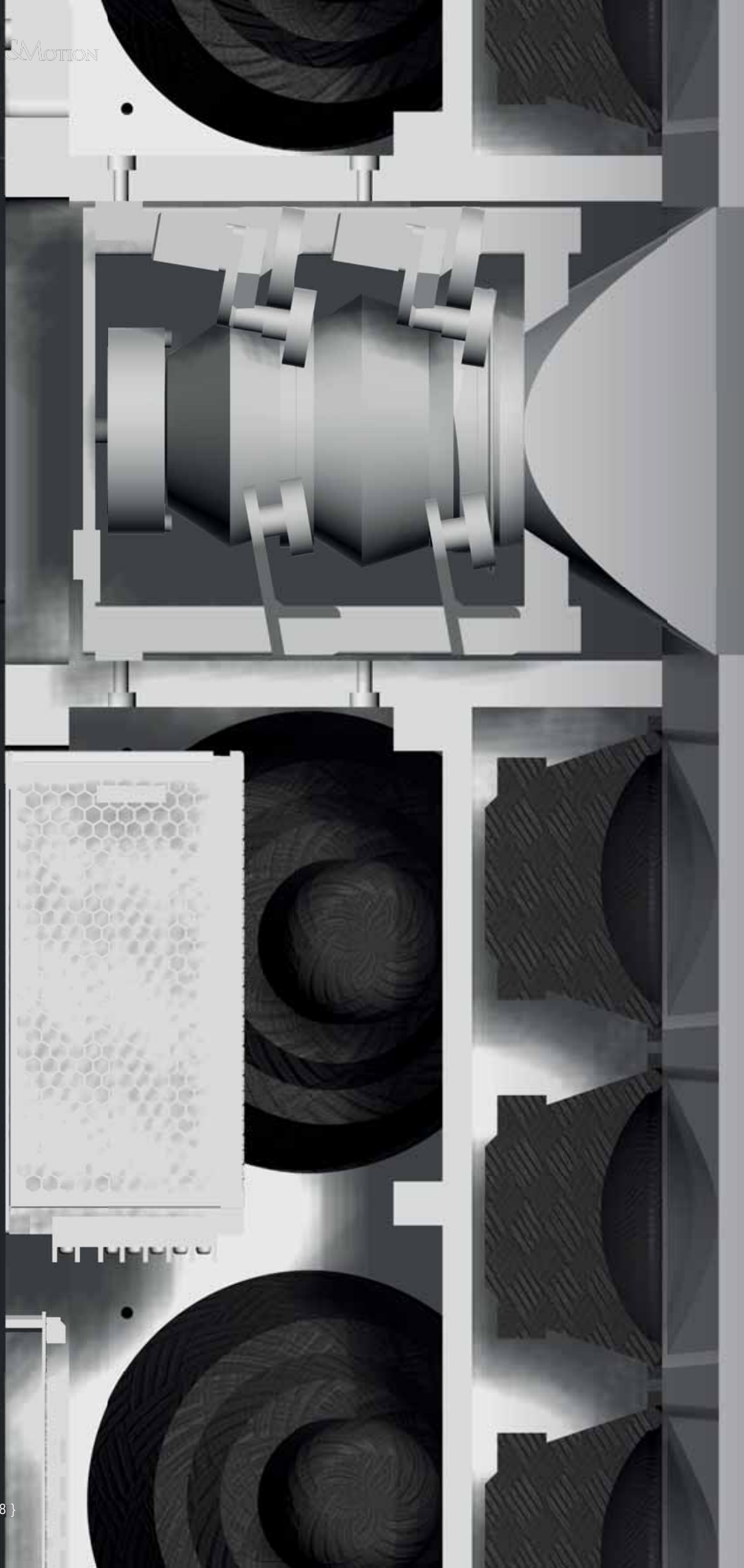
Technik, die vor allem zum Ausrichten von Funk- und Radarstrahlen entwickelt wurde. Dadurch werden gezielt Decken- bzw. Bodenreflexionen vermieden, weil sie gar nicht erst vom Schallfeld angestrahlt werden. Man kann sich diesen Schallstrahl wie den Strahl einer eng bündelnden Taschenlampe vorstellen, die man so ausrichtet, dass der Lichtkegel nur das anleuchtet, was von Interesse ist. Dabei ist die exakte Ausrichtung am Lautsprecher einstellbar. Raumeigenschaften wie die Beschaffenheit des Bodens, die Deckenhöhe und weitere Kriterien lassen sich so exakt berücksichtigen. Umgesetzt wird dies mit dem neuen, patentierten Mittel-Hochtonkonzept VALTEC™, das nicht mit elektronischen

Verzögerungen arbeitet, sondern mit einer hochkomplexen Schallführung über variable Akustiklinsen. Dies hat den Vorteil, dass das resultierende Beamsteering auch außerhalb der Achse (Off-Axis) fehlerfrei funktioniert. Wie die Modelle BMLine 100 und BMLine 80 ist auch die BMLine 60 ein Vertikalhorn. Diese besondere Bauart bringt dem Hörer zwei wesentliche Vorteile:

1. Das Vertikalhorn richtet den Schall auch in der horizontalen Ebene auf den Hörplatz aus. Dadurch werden Wände seitlich der Lautsprecher deutlich weniger zu störenden Reflexionen angeregt. Der Klang am Hörplatz ist deutlich von Fehlern des Hörraums befreit.
2. Jedes Horn hat einen „natürlichen“ Verstärkungsfaktor allein durch seine Form. So wurde dieses Prinzip genutzt, um die Schwingungen der Nadel beim Ur-Grammophon mit Hilfe des Schalltrichters in hörbaren Schall zu verstärken und hörbar zu machen. Bei der neuen BMLine 60 schwingen die einzelnen Chassis des Mitteltonbereichs durch den Horneffekt und auch durch ihre pure Anzahl (10 Stück pro Lautsprecher) deutlich weniger stark. Geringe Auslenkung bedeutet deutlich geringere nichtlineare Verzerrungen. Speziell beim BM-Line-Horn liegt diese Fehlerreduktion im Größenordnung Faktor 100, Verzerrungen sind also schlicht nicht mehr vorhanden und somit unhörbar.



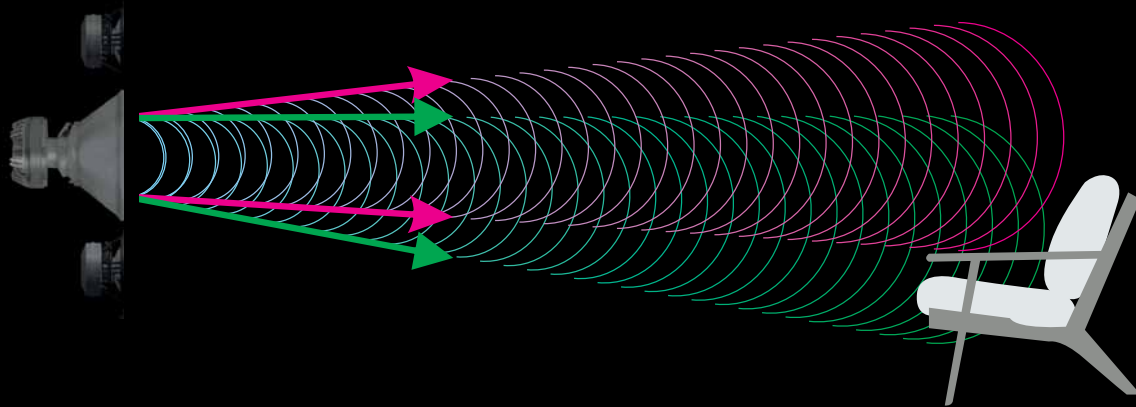






## Valtec™ Zylinderwellenstrahler

Variable Acoustic Lens Technology auf den Hörer ausgerichtete Schallabstrahlung durch Zylinderwellenformung



VALTEC™ ermöglicht die Kontrolle und Einstellung des vertikalen Dispersionswinkels, das sogenannte vertikale „Beamsteering“, eines Hochfrequenztreibers/Hohlleiters. Dazu arbeiten zwei variable Linsen nacheinander mit einem präzisen Hohlleiter, um die Krümmung der Wellenfront zu steuern, die dann zu einem definierten Abstrahlwinkel führt. Der eigentliche Clou besteht aber in weiteren Linsen, die es VALTEC™ ermöglichen, den Schallstrahl vertikal bis zu 30° zu steuern und somit den Schall in Richtung des Hörers zu führen. Dieser Effekt verringert signifikant die Schallabstrahlung in nichtgewünschte Raumwinkel, zum Beispiel an Decke und Boden. Ein elektromechanischer Drehgeber erlaubt eine Anpassung der gewünschten Abstrahlung.

### Beamsteering-Einsteller:

Mit dem Einstell-Rad auf der Rückseite der BMLine 60 lässt sich der Schallstrahl exakt auf den Hörer ausrichten. Dadurch werden Reflexionen an Decke oder Boden vermeiden. Eine exakte Ausrichtung blendet die akustischen Eigenschaften des Abhörortes aus.



## Koaxialer Aufbau

Koaxial bedeutet auf einer Achse liegend. Die Basschassis sind auf der gleichen Achse angeordnet, stabil direkt hinter den Mitteltönern und dem VALTEC-Zylinderstrahler. Diese Anordnung baut die gewünschte Punktschallquelle, nur größer und potenter als gewohnt.

Aus dieser ruhenden Mitte heraus ist eine schwingungsstabile Abstrahlung möglich.

## Finish

Das sich stetig öffnende Mattweiße-Horn, eingefasst von massiven Kantenapplikationen, steht für die gleichförmige Schallabstrahlung in Richtung Hörplatz. Die Form des Horns spielt je nach Finish mit Licht und Schatten der Wohnumgebung. Das nach innen laufend immer weniger Licht reflektierende Horn tönt den Hornverlauf übergangslos in dunklere Nuancen. Die massiven Eck-Applikationen stellen Parallelen in den Raum. Beide Elemente, Horn und Applikationen, können in unzähligen Varianten ausgeführt werden. Ob minimalistisch mit mattweißem Horn und Massivholz-Eiche-Ecken, ob in echtem Klavierlack in schwarz, je nach Ausführung integriert sich der Schallwandler diskret ins Wohnambiente oder gibt Ihrem Hörraum sein unverwechselbares Statement. In jeder Ausführung spielt er genauso rein wie kraftvoll Musik: Function follows form!





## Basserzeugung

Auch hier gilt: Organische Prozesse erfordern organische Formen. Bei der BMLine 60 erzeugen zwölf DMC(TM)-geregelte 10-Zoll-Chassis pro Lautsprecher erzeugen die Tieftöne. Über die komplette Höhe des Lautsprechers werden die bis zu 10 Meter langen Basswellen abgestrahlt und füllen so optimal den Raum mit Bassenergie. Über Leistung spricht man nicht, die Basschassis werden in jedem Falle mit mehr als ausreichend Verstärkerleitung versorgt.

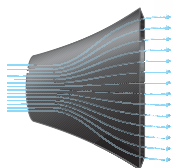
Mit der BM-FIRTEC™-Signalverarbeitung schaffen wir eine vollkommen neutrale, impulsive, zeitneutrale Schallabstrahlung für unverfälschtes Musikhören. Die schlank skulpturale Form des Vertikalhorns sorgt für eine „live-haftige“ Musikdarbietung und schmiegt sich dabei unaufdringlich aber nicht unsichtbar in Ihr Wohnambiente. Die Arbeitsweise der FIRTEC™-Technologie beruht auf der Erkenntnis, dass das menschliche Ohr weder in Betrag noch Phase hört, sondern lediglich eine zeitkontinuierliche Information aufnimmt. Luftdruckschwankungen, in zeitlicher Abfolge

an beiden Trommelfellen eintreffend, bilden die komplette Information des akustischen Ambientes ab. Darin enthalten sind Lautstärke- sowie Richtungs- und Rauminformationen. Unsere FIRTEC™-Signalverarbeitung sorgt dafür, dass sich am Ohr des Hörers die Schallwellen zu dem korrekten komplexen Original-Schallereignis zusammensetzt. Die Impulsantwort eines FIRTEC-Systems enthält keine phasenverzerrten Anteile und ist dementsprechend extrem sauber und ohne Überschwinger. Zusätzlich lässt sich hiermit das Zusammenspiel der Lautsprecher im Hör-Raum optimieren.

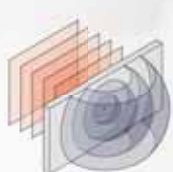


NeXT™ näher dran am Lautsprecher (unsere Technologie sorgt für mehr Direkt-schall am Ohr des Hörers) Die Schallenergie nimmt in einem Zylinderwellenfeld, wie es die BMLine 35 abstrahlen vermag, bei einer Entfernungsverdoppelung um 3dB ab. Im Kugelwellenfeld eines konventionellen Lautsprechers beträgt der Verlust 6dB. Diese physikalischen Grundlagen bilden die Basis unserer NeXT™-Technologie. Ein neu entwickeltes Zylinderwellen abstrahlendes Element übernimmt in den BMLine-Modellen 35 und 50 die Übertragung des Mittelhochton-Bandes ab 800 Hz. Durch eine Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Mathematik in Kaiserslautern ist es uns gelungen, einen Schlitzstrahler höchster Güte mit einem äußerst kräft-

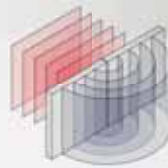
tigen Antrieb zu kombinieren. Aufgrund seiner Abstrahlcharakteristik befindet sich also der Hörplatz, auch in großen Räumen, stets im Nahfeld. Die Schallintensität am Ohr ist deutlich stärker vom Direktschall geprägt als von indirektem, reflektiertem Schall. Dies reduziert die Beeinflussung der gehörten Musik durch den Raum auf ein Minimum. Die zusätzlich gerichtete Abstrahlung reduziert nochmals Reflexionen an Decke und Boden. In der Summe erwächst hieraus ein charismatisches Musikerlebnis mit beispielloser Impulstreue und authentischer Rauminformation der Aufnahmen. Auch unterhalb von 800 Hz strahlt der Schallwandler durch die linienförmige Anordnung der Bass- und Mittelton-Konusspeaker konsequent eine perfekt angegliche Zylinderwelle ab.



B&M Zylinderwellen-Fraunhofer-Adapter zur Formung einer Zylinderwelle



Kugelwelle vor Schallwand  
Foto: [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

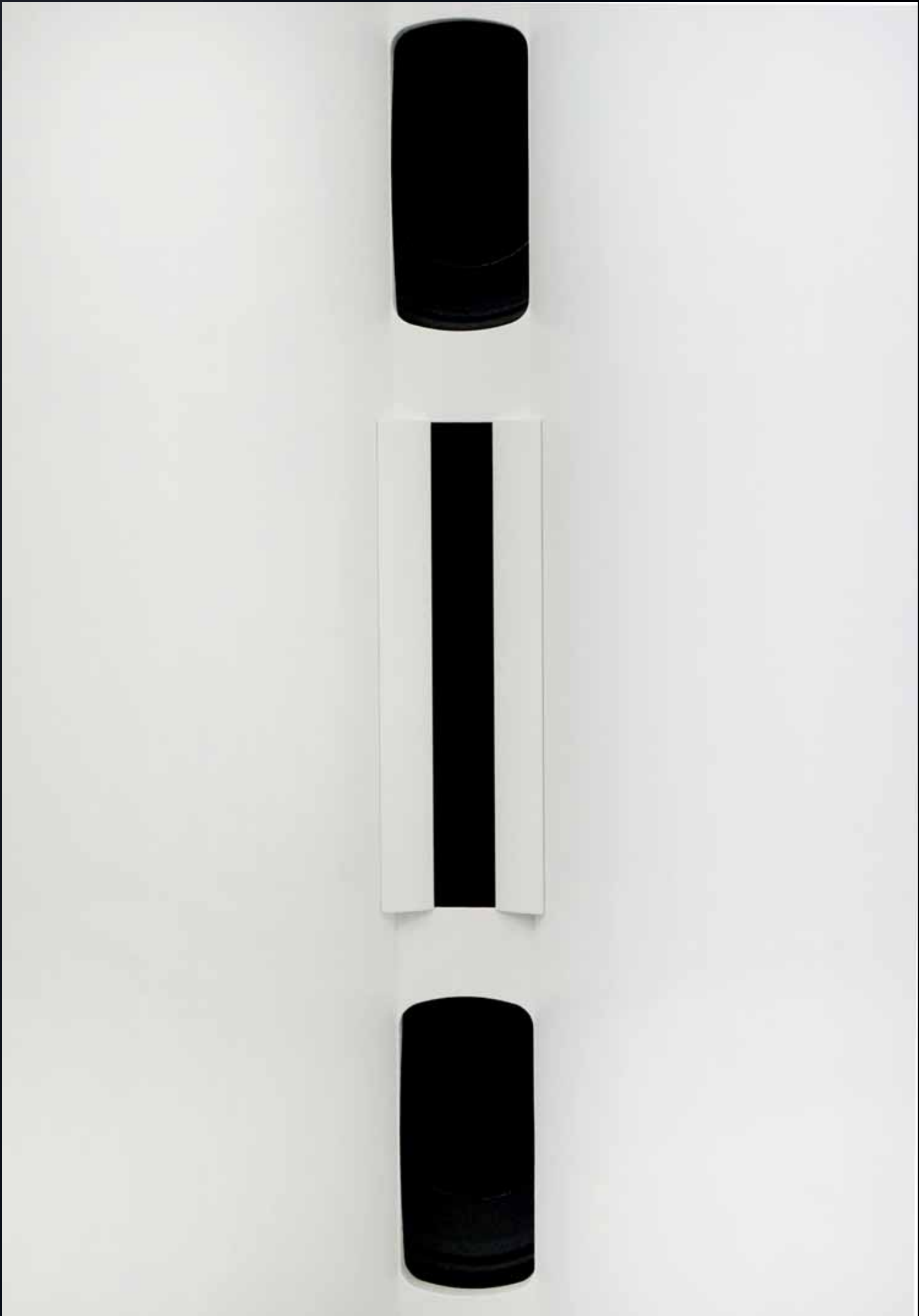


Zylinderwellen vor Schallwand  
Foto: [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)









Detail: Mittel-Hochton Unit

# Grundlagen zur Aufstellung von Lautsprechern

Für eine einwandfreie Stereo-Abbildung sollte man bei der Lautsprecheraufstellung folgende Punkte beachten:

1. Aufbau eines gleichschenkligen Dreiecks durch Speaker und Hörer, dem Stereodreieck
2. Symmetrische akustische Verhältnisse für die erste Reflexion beachten
3. Ein möglichst großer Anteil der Schallenergie am Ohr soll durch Direktschall gebildet werden
4. Rückwand- und Seitenwandabstand optimal wählen
5. Modenbildung im Bassbereich beachten



Das Ziel bei der Optimierung der Aufstellung von Lautsprechern lautet, die linke und rechte Stereoinformation am Ohr des Hörers so zusammenzuführen, dass ein ausgewogenes, natürliches Klangbild aufgebaut wird. Die Grundlage dafür bildet die Symmetrie. Nur im Falle einer akustisch symmetrischen Aufstellung kann der Hörer eine exakte Mittenordnung, eine Verteilung des Schallereignisses im Panorama oder sogar in der Raumtiefe erwarten. Der Lohn für dieses „Mehr“ an Information ist ein authentischeres Musikerleben, der Aufbau einer Bühne vor den Augen des Hörers, die nicht künstlich breit oder unnatürlich flach ausfällt. Das gleichschenklige Stereodreieck: Diese Symmetrie erreicht man am einfachsten, indem die Lautsprecher im Stereodreieck platziert werden. Die Basisbreite, also der Abstand von Lautsprecher zu Lautsprecher, ist dabei identisch zum Abstand zwischen Lautsprecher und Hörer, also: Abstand Hörer zum linken Lautsprecher = Abstand Hörer zum rechten Lautsprecher = Abstand linker Lautsprecher zu rechtem Lautsprecher. So braucht das Musiksignal vom rechten Lautsprecher genauso lange zum Ohr des Hörers, wie es links braucht - eine wichtige Voraussetzung für eine saubere Ortung.

Unser Gehör ist nämlich extrem trainiert in der Wahrnehmung der ersten Wellenfront, also des Schalls, der von der Quelle den direkten Weg zum Ohr findet. Dabei wird jeder kleinste zeitliche Versatz dieser Wellenfront zwischen linkem und rechtem Ohr wahrgenommen und akustisch eingeordnet. Dort wo die erste Wellenfront zuerst gehört wird, wird das Schallereignis auch hin verortet. Unter anderem deswegen ist der exakt gleiche Abstand zwischen Hörposition und den beiden Lautsprechern so wichtig. Ist es aus den gegebenen räumlichen Verhältnissen nicht möglich, den Abstand des Hörers zu den beiden Lautsprechern gleich zu halten, bieten unsere Lautsprecher eine Kompensationsmöglichkeit: die „Distance Shift“. Hier wird der Abstand eingestellt, den der Lautsprecher vom Hörer haben müsste um genauso weit entfernt zu sein wie der andere Stereospeaker. Ist zum Beispiel der linke Lautsprecher 2,60 Meter vom Hörer entfernt, während der rechte nur zwei Meter entfernt ist, so kann man den rechten Speaker mittels der „Distance Shift“ von 0,60 Metern in die Symmetrie zurückzubringen.

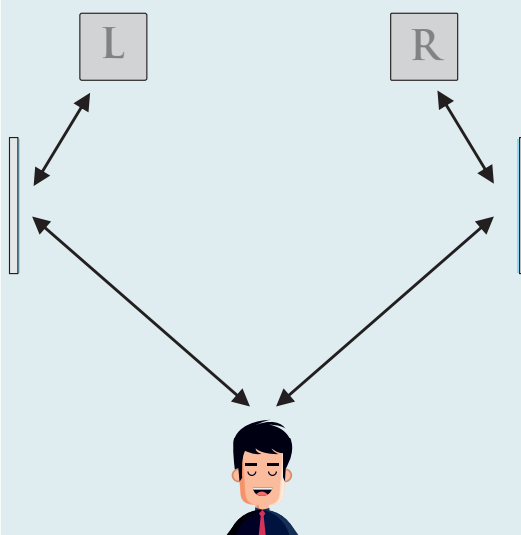


## Die Schönheit in der Symmetrie

Wesentlich für die stabile Bildung der virtuellen Bühne vor den Augen des Hörers sind die Seitenreflexionen. Idealerweise sollten sich keine Reflexionen der Seitenwänden zum Direktschall addieren, also am Hörplatz nur Schall direkt vom Lautsprecher ankommen, nicht von Seitenwänden reflektierter Schall. Dies ist allerdings völlig unrealistisch, da die meisten Abhörräume über Seitenwände verfügen, die sich nahe am Lautsprecher befinden und so Schall an das Ohr des Hörers reflektieren.

Ist der Raum allerdings so groß, dass die Seitenwände und die Rückwand einen Abstand von deutlich mehr als drei Metern aufweisen, spricht man von einer „Freifeldaufstellung“. Das bedeutet nichts anderes als eine Aufstellung der Lautsprecher, akustisch betrachtet, auf einem freien Feld. Hier stören keine nahen Seitenwände und die Wiedergabe ist nicht maßgeblich durch den Charakter des Raumes geprägt.

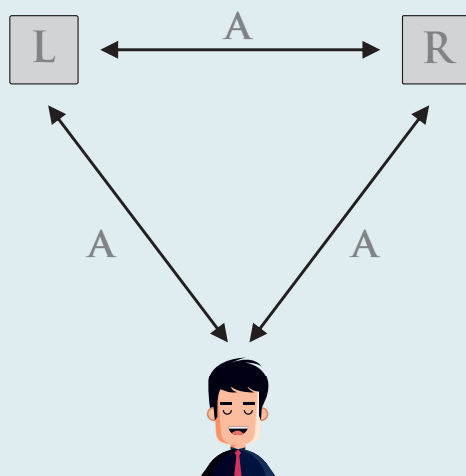
Was aufgrund der Reflexionen eine ide-



Spiegeltrick

## Direktschall versus Reflexion

Wählen Sie den Abhörabstand passend zur Größe des Lautsprechers. Größere Lautsprecher brauchen einen größeren Abstand bis das sich der Schall der einzelnen Treiber zu einem homogenen Schallfeld aufgebaut hat. Eine Faustformel gibt einen Mindestabstand von der 3-4 fachen Lautsprecherhöhe vor. Beispiel: Die Hörposition eines Lautsprechers mit 1,20m Höhe sollte mindestens 3,6 Meter entfernt sein. Andererseits sollte der Abhörabstand möglichst gering sein, damit der Direktschallanteil deutlich größer ist als der Nachhall des Raumes und der Reflexionen im Raum. Mit Direktschall ist der Schall gemeint, der nicht über Umwege (Reflexionen) ans Ohr gelangt, sondern direkt vom Lautsprecher kommt. So klingt ein 70 cm kleiner Lautsprecher in 5 Meter Abstand sehr diffus. Natürlich hängt dies wiederum stark von der Nachhallzeit des Raums ab, ein bedämpfter Raum klingt deutlich trockener und lässt größere Abstände zu als ein Raum mit Sichtbetonwänden, Decken und Steinboden. Genaugenommen



Stereodreieck

ale Situation ist, birgt jedoch gleichzeitig den Nachteil, dass solch große Räume oft einen viel zu langen Nachhall mit Klangverfälschungen aufweisen. Ein Ausweg aus diesem Dilemma bietet wieder die Symmetrie. Sind die Reflexionen der linken seitlichen Begrenzung Seitenwand identisch mit der rechten, führen sie nicht mehr zu einer Verschiebung, also zu einem Kippen des Klangbildes in eine Richtung.

Zu empfehlen ist also eine Lautsprecheranstellung, die an der linken Seite des Hörplatzes die gleichen akustischen Eigenschaften aufweist wie an der rechten. Ist links vom Hörer eine Glasfläche (harte Reflexion), rechts dagegen eine gemauerte Wand mit einem Bücherregal davor (geringe Reflexion), so sollte die Glasfläche beim Hören so abgedeckt sein, dass sie die gleichen Reflexionseigenschaften aufweist wie die Bücherwand. Dies kann man durch einen etwas dickeren Vorhang erreichen, der sich eventuell wegziehen lässt, wenn keine Musik gehört wird.

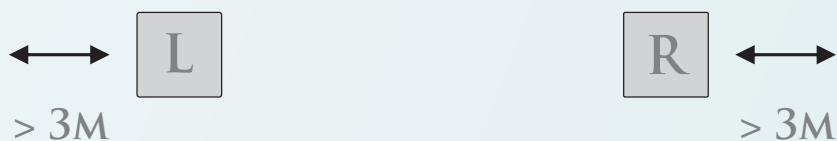
spielt zusätzlich das Abstrahlverhalten des Lautsprechers bei der Bestimmung des optimalen Hörabstandes erneut eine große Rolle.

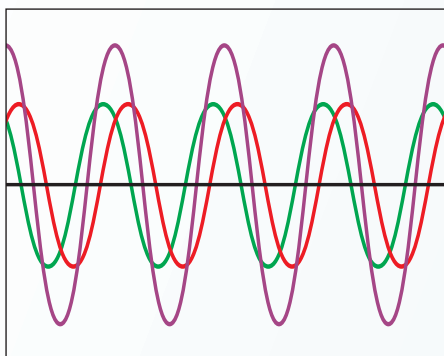
Bei unseren Zylinderwellenstrahlern BMLine 25, BMLine 35 und den größeren Modellen erreicht sehr viel mehr Direktschall das Ohr des Hörers, da hier durch die Zylinderwelle die Abstrahlung auf den Sweetspot ausgerichtet ist. Diese Lautsprecher spielen Ihre akustischen Vorteile speziell in Räumen aus, die keine idealen akustischen Eigenschaften aufweisen, wie eben die meisten Wohnräume. Hier kann der Abstand auch etwas größer gewählt werden, ohne dass der Sound an dem Hörplatz zu diffus und verwaschen ist. Lautsprecher mit D'Apollito-Anordnung, wie die BMLine 15 und BMLine 20 richten ihren Schall deutlich besser auf den Hörplatz aus wie ein klassischer Rundstrahler der herkömmlichen Bauart. Es ist daher wichtig, vor dem Kauf des Lautsprechers auch diesen Aspekt mit einem Fachmann zu erörtern.



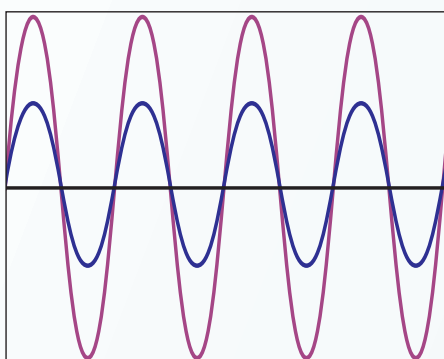
**Lautsprecheraufstellung im Wohnraum**

Sind die Rück- und Seitenwände nicht extrem weit voneinander entfernt (mehr als fünf Meter), dann haben diese eine Wirkung auf die Klangqualität und Wiedergabe. Physikalische Grundlage bei Überlegungen zu Mindestabständen ist die Wellenlänge. Werden zwei Wellen gleicher Wellenlänge phasengleich addiert, wird das Ergebnis sechs dB lauter. Treffen sie phasenverdreht ( $180^\circ$  Phasenversatz) aufeinander gibt es eine vollständige Auslöschung.

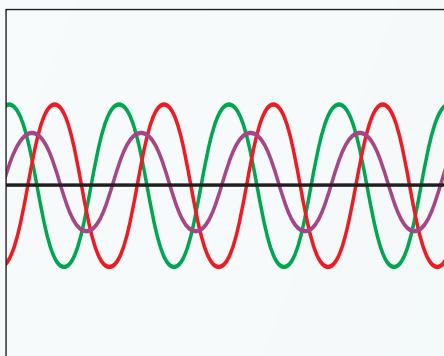
**ECKAUFSTELLUNG****WANDAUFSTELLUNG****FREIE AUFSTELLUNG**



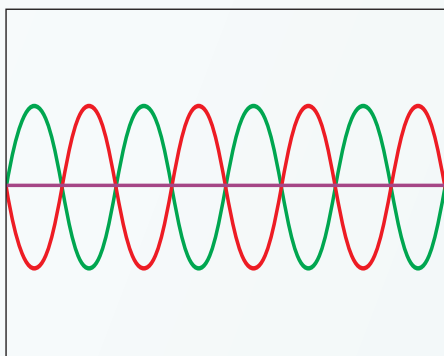
VERSTÄRKUNG



ABSCHWÄCHUNG



MAXIMALE VERSTÄRKUNG



KOMPLETTE AUSLÖSCHUNG

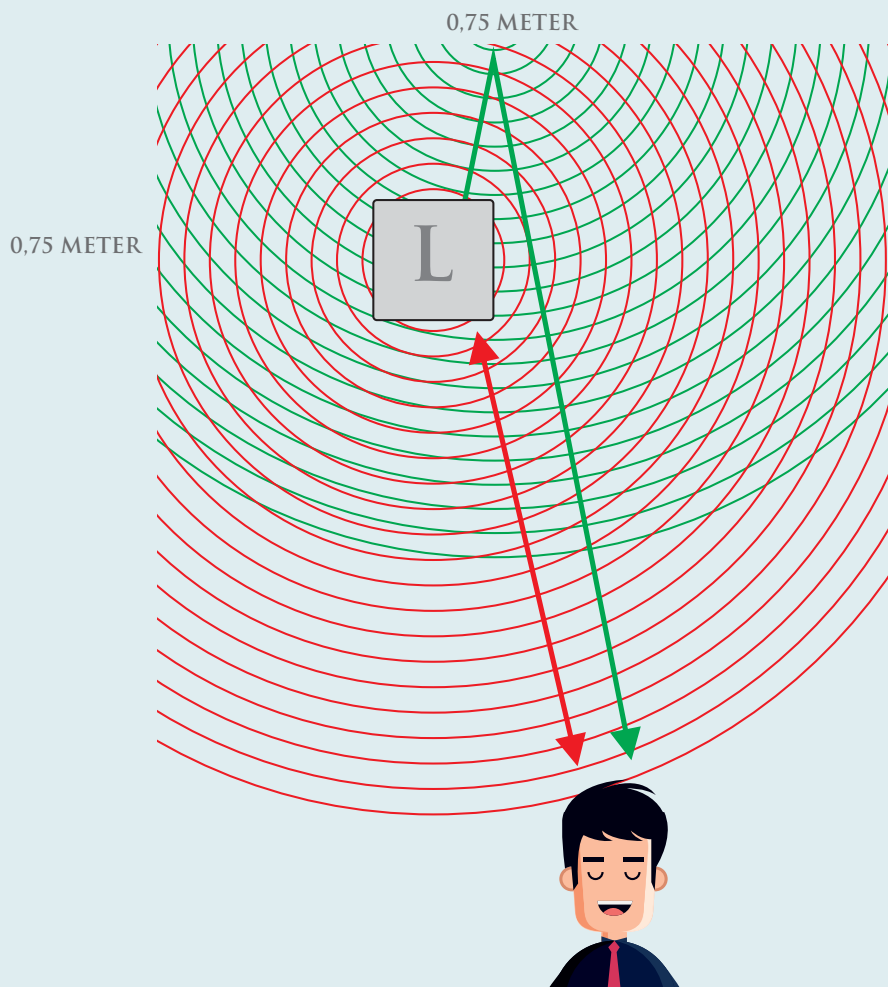
Die grüne Welle stellt den Direktschall des Lautsprechers dar. Die rote Welle entsteht durch die Reflexion an der Rückwand. Das Ergebnis der Überlagerung wird durch die blaue Welle dargestellt. Je nach Abstand der Rückwand kann es zur Verstärkung oder Abschwächung kommen.

Seiten- wie Rückwand führen zu solch einer Überlagerung von reflektierter Welle mit dem Direktschall. Sie bilden für tiefe Töne mit ihren Wellenlängen von zehn bis drei Metern eine ideale Reflexionsfläche. Alle Basschassis strahlen kugelförmig ihren Schall in den Raum, egal ob hinten, seitlich oder vorne im Lautsprecher montiert. So gelangt dann eine Welle direkt vom Chassis zum Ohr. Gleichzeitig wird diese Welle vom Chassis aber auch an Seiten- und Rückwand gestrahlt (kugelförmige Abstrahlung) und von dieser zum Ohr des Hörers zurückreflektiert. Dabei hat die Welle durch den Umweg über die Wand eine größere Strecke zurückgelegt, sie erreicht unser Ohr quasi „über Bande“. Dieser Umweg führt zu einer Phasenverschiebung in der Welle. Welche Auswirkung dieser Umweg hat, können wir an einem konkreten Rechenbeispiel erläutern. Eine drei Meter lange Welle (Bassston von zirka 110 Hz) wird a) direkt zum Ohr abgestrahlt und b) über die Rückwand des Raums zum Ohr reflektiert. Der Abstand des Lautsprechers von der Rückwand beträgt 0.75 Meter. Jetzt addieren sich im Ohr des Hörers beide Wellen, einmal die direkte und einmal die „Umweg-Welle“ deren Umweg 1.50 Meter beträgt.

(Umweg: LS zu Rückwand = 0.75 Meter + Rückwand zum Lautsprecher = 0.75 Meter, zusammen also 1.50 Meter).

1.50 Meter ist aber genau die halbe Wellenlänge, was zu einer Auslöschung der direkt abgestrahlten Welle führt, wie in Abbildungen links zu sehen: Natürlich führt das in der Realität nicht zu einer kompletten Auslöschung, da die an der Rückwand reflektierte Welle etwas gedämpft ist und viele andere Reflexionen diese Auslöschung schwächen. Trotzdem ist dieser Ton am Abhörplatz leiser als benachbarte Frequenzen. Noch extremer wird dieser Effekt, wenn nicht nur die Rückwand, sondern auch die Seitenwand 0.75 Meter entfernt ist, wodurch sich die Überlagerungen noch verstärken. Insofern gilt die Faustregel: Die Abstände des Lautsprechers zu Rückwand und Seitenwand sollten nie gleich sein.

Wie bereits erläutert, kann es durch Reflexionen an Begrenzungsflächen zu Auslöschungen und Überhöhungen im Bassbereich kommen, je nach Oberfläche der Wände, Decke und Böden auch zu einem Einfluss der Raumakustik auf die Höhen der Wiedergabe. Hier kommen die Einstellfilter High- und Lowshelving zum Zuge.



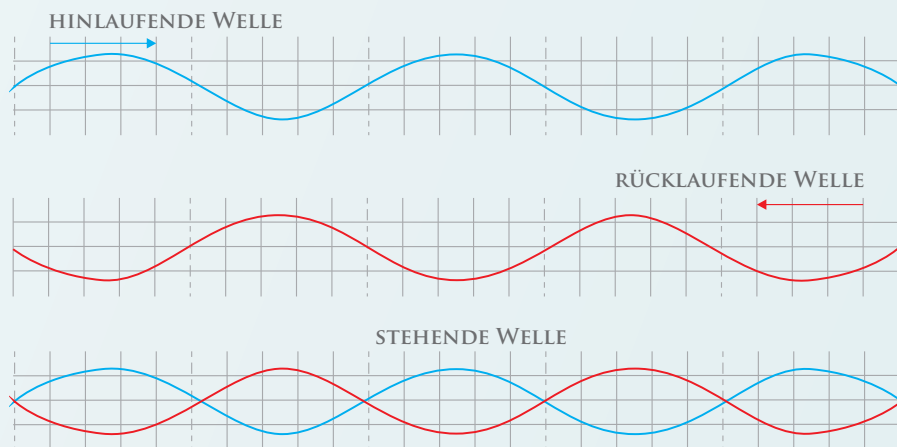
Low- und Highshelvingfilter, umgangssprachlich auch Kuhschwanzfilter genannt, dienen der Anhebung bzw. Absenkung des unteren bzw. oberen tonalen Bereichs. Oft werden diese undefiniert auch als Bass- und Höhenfilter bezeichnet. Stehen die Lautsprecher frei im Raum; können die Filter in Neutralstellung stehen. Eine wandnahe Aufstellung (Abstand Wand zu Lautsprecher unter drei Meter) führt zu einer Erhöhung der Bassenergie, die bei unseren Lautsprechern mit Hilfe des Lowshelving-Reglers reduziert werden kann.

Eine Eckaufstellung führt zu einer Erhöhung dieser Effekte. Hier kann der Lowshelving die Überhöhung im Bassbereich stärker korrigieren, was am besten mit dem eigenen Gehör justiert wird. Vertrauen Sie Ihren Ohren.

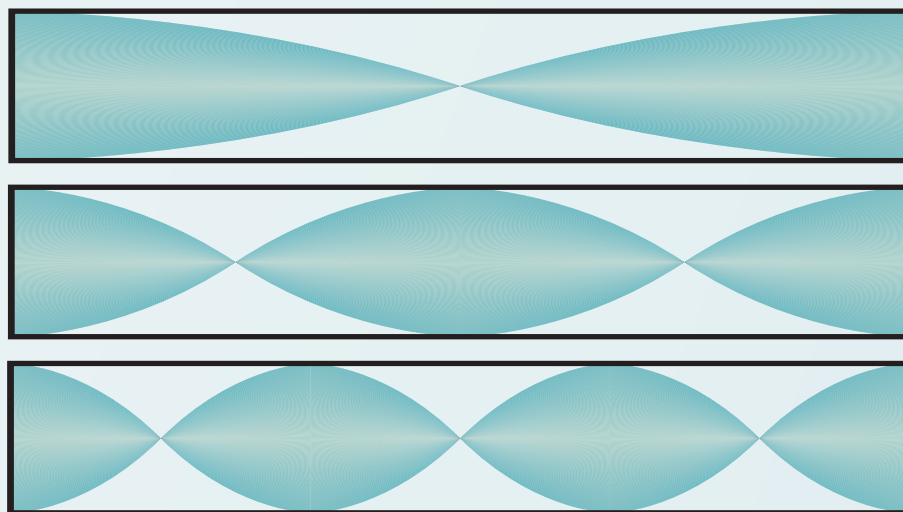
Das Gleiche gilt für den Einsatz des Highshelving-Reglers. Bei einer Überdämpfung des Wohnraums durch viele Vorhänge, Teppiche, Möbel etc. kann eine leichte Höhenanhebung sinnvoll sein. Auch hier sollten Sie zuallererst auf Ihre Ohren vertrauen, nur ein Akustiker der viel Messerfahrung hat ist in der Lage, Messungen korrekt zu interpretieren. Messungen mit einer Mess-Software aus dem Internet im Do-It-Yourself-Verfahren durchgeführt, stiften meist mehr Verwirrung, als dass sie zu tieferen Erkenntnissen führen würden. Mit verschiedenem Musikmaterial abgehört, darf es weder muffig, bassig noch grell klingen. Natürlich können unsere Fachleute eine Beratung und Einmessung vor Ort vornehmen, um die verschiedensten Aspekte der Aufstellung richtig auszuloten.

## Das Thema Moden

Mit Moden sind nicht die schnelllebigen Moden der Textilindustrie gemeint, vielmehr bilden sich Raum-Moden durch stehende Wellen in geschlossenen Räumen. Geschlossene Räume bilden für die abgestrahlten Wellenlängen (tiefe Töne) einen zu engen Käfig. Dabei wird eine vom Lautsprecher abgestrahlte Wellenfront an den Wänden reflektiert und zurückgeworfen. Die reflektierte Welle überlagert sich auf ihrem Weg zurück mit der ankommenden Welle:



Bestimmte Wellenlängen passen so perfekt zur Raumgeometrie, dass sie stehende Wellen bilden, was dann stationär zu Überhöhungen und Auslöschungen führt. An bestimmten Stellen im Raum ist stationär der Bass immer überbetont, oft in Raumecken und in Rückwandnähe. An anderen Positionen im Raum fehlt dementsprechend durch Auslöschung Bassenergie, die auch durch Filterkorrekturen nicht komplett aufgefüllt werden kann.



Bassenergie-Verteilung im Raum

Bei gegebener Raumgeometrie lässt sich daran grundsätzlich nicht viel ändern. Man kann versuchen, diese Raummoden so anzuregen, dass es an der Abhörposition nicht zu extremen Löchern oder Überhöhungen kommt. Eine akustisch günstige Modenverteilung im Raum ergibt sich, wenn die Raummoden nicht nur an einer Stelle im Raum angeregt werden. So montieren wir in unseren Lautsprechern die Basschassis in verschiedene Höhen um so eine chaotische Anregung zu erreichen. Auch die bereits beschriebenen Ratschläge zum Abstand von Rück- und Seitenwand wirken sich auf die Modenverteilung und intensität günstig aus. Ein oder mehrere zusätzliche Subwoofer können das Problem der stationären Moden am Abhörplatz ebenfalls erheblich verringern. Das Thema Moden ist allerdings so komplex, dass es hier keine einfachen Lösungen gibt. Trotzdem lässt sich meist eine Optimierung am Hörplatz erreichen.

Text: Johannes Siegler







# Zuhören bis die Ohren wackeln:

**Kann Musik daheim genauso intensiv sein wie im Konzert?**



Fotos & Bildzeilen: Johannes Siegler

Schon mal einem Gespräch oder einer Musik so angestrengt zugehört, dass sich die Ohren bewegt haben? Ganz bestimmt. Nur, dass die Bewegungen im Submillimeterbereich liegen. Neurowissenschaftler aus dem Saarland bilden in Experimenten die Prozesse des menschlichen Hörens nach und messen unter anderem die körperlichen Reaktionen auf Musik. Die Wissenschaftler wollen wissen, wie gut Lautsprecher ein musikalisches Ereignis überhaupt wiedergeben können.

Ohren, die in der Videovergrößerung auf und nieder hüpfen, eine 360-Grad-Leinwand und Aktivlautsprecher aus dem Saarland: Bei dieser Kooperation zwischen universitärer Wissenschaft und Lautsprechertechnik ist der Mensch das Messobjekt. „Wir wollen herausfinden, wie immersiv Menschen beim Musikhören über Lautsprecher eingebunden sind“, sagt Daniel Strauss, „dazu analysieren wir die Aufmerksamkeitsprozesse und emotionalen Reaktionen des Menschen mit verschiedenen Messsystemen“. Strauss ist Professor für Systemische Neurowissenschaften und Neurotechnologie und Leiter des Instituts für Systemische Neurowissenschaften und Neurotechnologie (Systems Neuroscience & Neurotechnology Unit, SNNU), welches an der Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes und der Ingenieurwissenschaftlichen Fakultät der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes angesiedelt ist. Zu auditorischer Aufmerksamkeit forscht man hier seit rund

20 Jahren – eine saarländische Spezialität, die international ihresgleichen sucht. Einige der Fragen, welche die Wissenschaftler interessieren: Wie gut kann ein musikalisches Ereignis über Technik überhaupt abgebildet werden? Schwingen Menschen beim Hören von Musik über Lautsprecher emotional genauso mit wie beim realen musikalischen Erlebnis im Konzert? Und wie verteilt sich Aufmerksamkeit auf verschiedene Geräusche im Raum? Um das herauszufinden, werden in audiovisuellen Laboren des Instituts auch Experimente mit einer 360-Grad-Leinwand als Projektionsfläche für Musik gemacht – hinter, über und unter der Leinwand sind 32 Laut-

sprecher verteilt, um für die Testperson im Zentrum ein Rundum-Musikerlebnis nachzubilden. „Man erwartet, dass eine perfekt abgestimmte Audiowiedergabe ein höheres immersives Erlebnis zur Folge hat, zum Beispiel, dass der Mensch emotional genauso ‚mitschwingt‘ wie bei einer realen Darbietung. Aber ob das so ist, wollen wir hier in mehrere Sinne umfassenden virtuellen Welten analysieren“, sagt Strauss.

Für ihre Projekte zur Wahrnehmungsforschung sind Strauss und sein Team auf die saarländische Manufaktur Backes&Müller, Marktführer für Premium-Aktivlautsprecher, zugegangen. Ausschlaggebend ist eine Besonderheit der saarländischen Lautsprecher. „Ich kenne keinen anderen technischen Ansatz, bei dem man versucht, die einzelnen Schallwandler qualitativ so hochwertig zu bauen, und auf Aspekte wie Phasengleichheit schaut“, sagt Strauss. Aspekte, die für die Messtechnik der Wissenschaftler besonders relevant sind.

„Wir stellen Lautsprecher her, welche die Signale zeitlich linear wiedergeben. Fehler in der Zeitstruktur, die zu schnellen Höhen und langsamen Bässen führen, werden damit vermieden“, erklärt Johannes Siegler, Geschäftsführer von Backes&Müller. Die Raumtiefe der Musik bleibt also erhalten. Eine wichtige Voraussetzung für die Neurowissenschaftler, damit das Ohr orten kann, von wo genau ein Instrument erklingt. Auch bei der saarländischen Lautsprecher-Manufaktur hat man Erwartungen an die Kooperation. „Wir haben später, wenn wir behaupten, dass unsere Lautsprecher wie live klingen, dann hoffentlich einen realen wissenschaftlichen Beleg“, sagt Siegler.

## HTW Saar bildet Hörprozesse nach und misst menschliche Reaktion auf Musik







Außenansicht des 3D-Audio Domes.  
Die gut erkennbaren Lautsprecher  
beschallen eine für den Schall transparen-  
te Akustikleinwand.



In 3 Ebenen sind die  
Lautsprecher angeordnet  
(oben, mittig, unten) zu-  
sätzlich noch in der Decke  
und im Boden des Domes.



Realisiert ist die Konstruktion durch ein Trussing aus Kreisbögen, zwischen die die Leinwand zur Videoprojektion gespannt ist.  
Vier Videobeamer erzeugen eine 360°-Rundumprojektion.





Bildauschnitt einer 360°-Projektion



Einrichtung des Messplatzes für die Messung von Immersion beim Musikhören im Backes&Müller Hörraum. Zum Einsatz bei diesem Hörtest kamen die BMLine 35.





Zwei Lautsprecher in der obersten Ebene zur 360° Beschallung mit „Savannensound“. Es gibt acht vertikale Pfosten im 360°-Kreis. Jeder Pfosten trägt drei Lautsprecher um drei horizontale Ebenen abzudecken. Diese insgesamt 24 Lautsprecher bilden eine 360° Rundumbeschallung die durch vier Decken- und vier Bodenlautsprecher zu einem 3D-Dome erweitert werden.

Externe Bässe bauen das Fundament des akustische 3D-Bildes



Bei den Untersuchungen geht es auch um das affektive Erleben. Emotionen sind komplex, werden beschrieben durch Valenz, einer Wertigkeit, die positiv oder negativ sein kann, und Erregung, einem Aktivierungsniveau, das von niedrig bis hoch reichen kann. „Diese Ebenen sind messbar. Auf der Ebene der Erregung kann beispielsweise die Herzrate gemessen werden, auch die elektrodermale Antwort – also der Hautwiderstand, den etwa auch Lügendetektoren messen“, sagt Strauss. Zur Messung von Vorgängen des zentralen Nervensystems arbeitet das Team auch mit EEG-Hauben, wobei Sensoren unter anderem die Veränderung der Spannung der Kopfhaut messen. Reagiert das EEG auf das äußere Signal, sei die Musik in gewisser Weise im EEG reflektiert. Und damit eine messbare Größe.

Im Anschluss sind komplexe Korrelations- und Phasenanalysen der Signalverarbeitung nötig, um aus den erfassten Signalen des Gehirns auch brauchbare Informationen gewinnen zu können. „Denn allein unter einer Elektrode befinden sich Millionen Neuronen, die ein extrem gemischtes Potenzial zeigen“, gibt Strauss zu bedenken. Mit den EEG-Daten können zum Beispiel Aufmerksamkeitsprozesse genau analysiert und daraus auch Parameter wie das „Eintauchen“ in die Musik bestimmt werden. Ebenso versuchen die Forscher zu erkennen, ob beispielsweise bestimmte Instrumente an

unterschiedlichen Orten gerade die Aufmerksamkeit des Hörers binden; oder wie das Gehirn die vielen unterschiedlichen Instrumente und Klänge einer Darbietung zu einem Musikstück integriert. In Bezug auf die Analyse der räumlichen Wahrnehmung haben die Neurowissenschaftler aber noch mehr in petto. Etwa durch Messungen der elektrischen Signale der Ohrmuskeln oder der Analyse

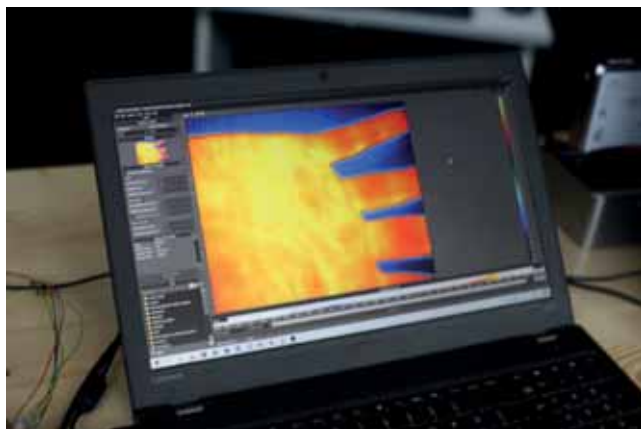
## **Bewegung von Ohrmuskel zeigt, wie sich das Ohr beim Zuhören anstrengt**

minimaler Ohrbewegungen mit einem hochspezialisierten Kamerasystem. Die nötigen Hinweise liefern Muskeln um das menschliche Ohr, die das Hörorgan auf interessante Geräusche minimal ausrichten können, aber im Laufe der Evolution überflüssig wurden. „Es ist ein neuronales Fossil, ein rudimentäres Muskelsystem, das seine Funktion längst verloren hat“, sagt Strauss und führt aus, „wir können diese Muskelaktivität aber messen. Manchmal resultieren aus dieser Aktivität auch minimale Bewegungen, die wir durch Spezialkameras darstellen können“. Am Ohrmuskel-Experiment nahmen bisher 28 Testpersonen teil. Während sie einem Text zuhören soll-

ten, wurde ein Titel einer Musikrichtung, die sie mochten, vorgespielt. Ihre Ohren richteten sich auf die konkurrierenden Geräusche aus, was mit bloßem Auge aber nicht sichtbar war. Mittels Eulerscher Videovergrößerung wurden die Ohrbewegungen verstärkt, um sie besser abzubilden. „Kein Mensch wusste, ob sich die Ohren überhaupt bewegen und selbst wenn, dann nicht wie schnell“, sagt Strauss. Eine weibliche Testperson etwa versetzte die Wissenschaftler mit einer Ohrbewegung von 0,15 Millimeter ins Staunen – die bisher maximale Muskelbewegung, die im Experiment gemessen werden konnte. Vergleichswerte vom Musikerleben in realen Konzerten sind nun ebenfalls geplant. „Am Aufmerksamkeitsverständnis mit EEG wird international auch geforscht. Aber Untersuchungen zu Höranstrengung und Ohrbewegungen beim Hören von Musik hat bisher noch niemand in diesem Umfang durchgeführt“, sagt Strauss. Auch habe das Team des Instituts inzwischen spezielle Neurotechnologien entwickelt, um diese Muskelgruppen genauestens zu analysieren.

Höranstrengung und Ohrbewegungen beim Hören von Musik hat bisher noch niemand in diesem Umfang durchgeführt“, sagt Strauss. Auch habe das Team an der HTW inzwischen eine bessere Signalverarbeitungstechnik als andere Forschungsgruppen.

Text: Sophia Schülke

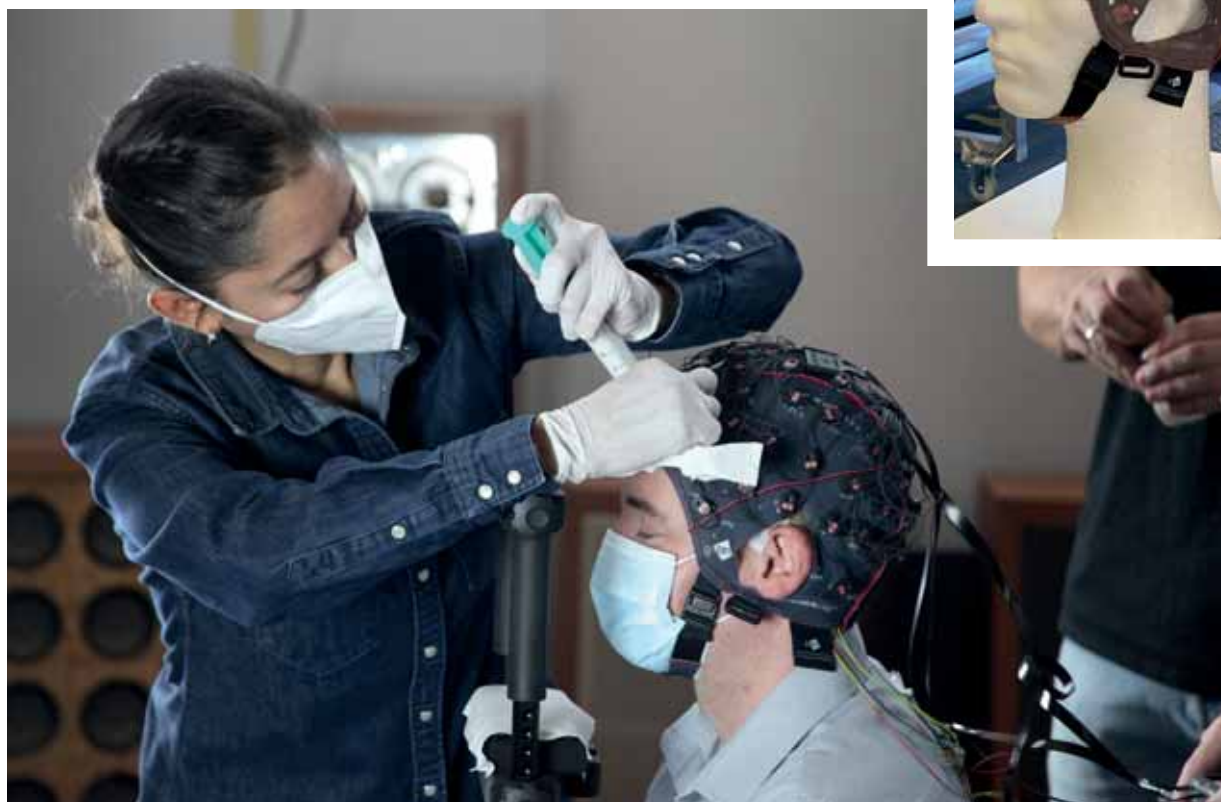


Das Wärmebildkamera gibt Hinweise auf die Stärke des Klangeindrucks beim Probanden. In Verbindung mit anderen Messungen wie zum Beispiel Hautwiderstand und den vielen Messdaten der EEG-Haube entsteht per Korrelation eine Messgröße über die emotionale Reaktion des Hörers.





Eine Kamera verfolgt per Eye-Tracking genau die Reaktion des Probanden auf Musikinstrumente im Stereobild. Zusätzlich wird die Wahrnehmung durch eine Wärmebildkamera (rechte Hand) die Pulskontrolle (linke Hand), verschiedenen Hautwiderstandsensoren und die EEG-Haube aufgezeichnet und später aufwendig ausgewertet.



Um eine möglichst guten Aufzeichnung der EEG-Ströme zu erhalten, sorgt an jedem einzelnen Sensor Kontaktgel für die fehlerfrei Ableitung des Potentials an dieser Stelle der Kopfhaut.

B&M<sup>MOTION</sup>  
**B&M**

BACKES UND MÜLLER  
AUDIOPHILE MANUFAKTUR



BMLINE 60

INNOVATION. KRAFT. PERFEKTION.

BACKES UND MÜLLER  
AUDIOPHILE MANUFAKTUR

Backes&Müller High End Audio Produktionsgesellschaft mbH | Altenkessler Str. 17/D1 | 66115 Saarbrücken (Deutschland) Telefon: + 49 681 844 932 - 10 Fax: + 49 681 844 932 - 11 | E-Mail: [info@backesmueller.de](mailto:info@backesmueller.de) | [www.backesmueller.de](http://www.backesmueller.de)