

Car Hifi

Oliver Gaubatz
29946

Ton Seminar | SS16
Prof. Oliver Curdt

Inhaltsverzeichnis

1. Grundbegriffe.....	3
1.1 DSP.....	3
1.2 Verstärker.....	3
1.3 Lautsprecher.....	4
2. Vorteile Fahrzeug.....	5
2.1 definierter Raum.....	5
2.2 Direktschall.....	5
3. Nachteile Fahrzeug.....	5
3.1 Enger Raum.....	5
3.2 Begrenzte Leistungsaufnahme.....	5
3.3 Optimierung für vier Plätze.....	6
3.4 Gewicht.....	6
4. Ansätze.....	6
4.1 Bose.....	6
4.2 Bang & Olufsen.....	6
4.3 Harman / Kardon.....	7
4.4 Burmester.....	7
Abbildungsverzeichnis.....	8
Literaturverzeichnis.....	8

1. Grundbegriffe

1.1 DSP

Der digitale Signalprozessor in der Fahrzeugakustik ist das Element in der Signalkette, welches direkt vor der Endstufe kommt. Die DSP-Einheit besitzt mehrere Eingänge für Mono, Stereo und Surroundsignale, sowie Ausgänge für jeden einzelnen Verstärkerweg. Dabei handelt es sich um eine programmierbare, digitale Frequenzweiche, Equalizer zur Frequenzkorrektur, Phasenschieber, Delays und einen akustischen „Upscaler“.

Durch die Delay Funktion können Laufzeitunterschiede zwischen den Lautsprechern, bedingt durch ihre Position im Fahrzeug, ausgeglichen werden. Dazu werden alle Signale an das Langsamste angepasst, meistens an den Subwoofer im Kofferraum. Auch die Pegel der einzelnen Lautsprecher müssen angepasst werden, da der Abstand zum Fahrer sehr stark variiert.

Durch eine digitale Frequenzweiche und einzelnen Verstärkerkanälen pro Lautsprecher können die Lautsprecher exakt mit den Frequenzen ihres Übertragungsbereiches bespielt werden. Die Ordnung der Weichen kann hier exakt eingestellt werden und ist energieeffizienter als passive Frequenzweichen.

Mithilfe von Equalizern kann jeder Lautsprecher für sich oder die Summe angepasst und ggf. linearisiert werden. Da sich der gehörte Frequenzgang am stärksten mit der Position verändert, wird hierzu eine Messung durchgeführt, während sich das Messmikrofon um die Kopfposition des Fahrers bewegt und gemittelt.



Abbildung 1

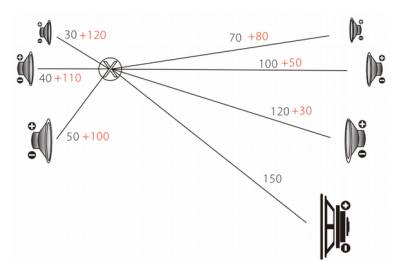


Abbildung 2

1.2 Verstärker

Der Verstärker verbindet das elektromechanische System Lautsprecher mit dem dem elektronischen Audiosystem. Die Aufgabe der Endstufe ist, das eingehende Signal mit genügend Leistung an die Lautsprecher abzugeben. Für eine hohe Ausgangsleistung ist ein hoher Ausgangsstrom und/oder Ausgangsspannung notwendig. Dabei sollte er weitgehend frequenzunabhängig im spezifizierten Frequenzband arbeiten und eine möglichst geringe Verzerrung haben. Auch der Wirkungsgrad sollte aus Gründen des begrenzten Bordstroms und der Wärmeentwicklung an der Endstufe möglichst hoch sein.

Bei Mehrwegesystemen befindet sich zwischen der Endstufe und den Lautsprechern eine passive Frequenzweiche. Bei höherwertigen Systemen befindet sich die Frequenzweiche vor der Endstufe, die je ein eigenes Signal pro Lautsprecher verstärkt. Beim Anschluss an das Bordnetz ist zu beachten, dass Endstufenverstärker hochdynamische Lasten mit hohen Impulsströmen sind. Das Bordnetz selbst wirkt wie eine Induktivität, integriert also Lastspitzen auf. Zur Pufferung werden deshalb Kondensatoren mit sehr hoher Kapazität, sog. Supercaps verwendet. Aufgrund von einem geringem Wirkungsgrad und Klirrfaktor von bis zu 25% sind Stetige Endstufen, dazu gehören Class A, B, AB und C Verstärker. Bei geschalteten Endstufen der Klasse D werden die Ausgangstransistoren als Schalter betrieben, d. h. die Transistoren befinden sich entweder im Sperrbetrieb oder im Sättigungsbetrieb. In beiden Zuständen arbeiten die Transistoren mit einem theoretischen Wirkungsgrad von 100%. In der Praxis werden 85% bis 95% erreicht. Klasse-D-Verstärker arbeiten nach dem Prinzip der Pulsweitenmodulation.¹

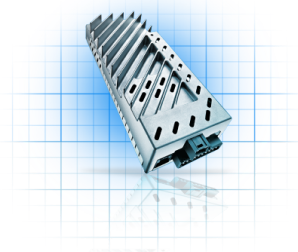


Abbildung 3

¹ Vgl. Meroth, Seite 50

1.3 Lautsprecher

Lautsprecher wandeln die elektrischen Signale der Endstufe in mechanische Schwingungen um. Beim dynamischen Konuslautsprecher wird die Membran, durch die Sicke am Korb befestigt, mithilfe einer Spule und einem Permanentmagneten in Schwingung gebracht.

Aus Gründen der Energieeffizienz werden in Kraftfahrzeugen häufig Neodymmagnete wegen ihrer hohen magnetischen Feldstärke verbaut. Allerdings sind diese temperaturanfälliger, denn bei Temperaturen über 100°C kann es zum dauerhaften Verlust des Magnetfeldes kommen.²

1.3.1 Einbau und Gehäuse

Wird ein Lautsprecher frei aufgehängt, wird der Überdruck, der durch die nach vorne schnellende Membran erzeugt wird, direkt von der Membranrückseite abgesaugt. Dabei spricht man vom akustischen Kurzschluss (siehe Abb. 5). Deshalb ist der Einbau einer Schallwand notwendig. Die einfachste Form einer Schallwand ist eine geschlossene Box. Durch Kompression des Luftvolumens im Inneren wird die Membranauslenkung gedämpft und sowohl die Güte, als auch die Resonanzfrequenz verändern sich. Der Lautsprecherhersteller gibt üblicherweise das ideale Volumen der Box an. Um stehende Wellen im Inneren zu vermeiden, wird meist ein poröses Material wie Schaumstoff für die Innenauskleidung verwendet.

Der Einbau eines Bassreflexrohrs, einer Öffnung in der Schallwand, nutzt zusätzlich die Abstrahlung der Membranrückseite. Die vom Bassreflexrohr umschlossene Luftmasse bildet somit eine eigene Schallquelle. In der Resonanzfrequenz des Systems wird der abgestrahlte Schalldruck so fast verdoppelt, sinkt aber mit 12 dB pro Oktave nach oben hin. Unterhalb der Resonanzfrequenz entsteht wieder ein akustischer Kurzschluss und dadurch ein Abfall von 18 dB pro Oktave.

Die Richtwirkung eines Lautsprechers steigt mit der Frequenz und der Membranfläche an. Der Schalldruck ist dabei proportional zur Fläche und Auslenkung der Membran und quadratisch proportional zur Frequenz. Tieftöner und Subwoofer benötigen wesentlich mehr Leistung als Hochtöner. Aus zuvor genanntem Grund werden deshalb größere Membranflächen, für Mitteltöner 165 mm bis 200 mm und für Subwoofer über 250 mm Durchmesser verwendet.^{3 4}

Durch Richtwirkung und Größe der einzelnen Treiber werden Hochtöner in der Regel nahe der Kopfhöhe, im Spiegeldreieck und im Armaturenbrett verbaut. Mitteltöner nutzen den Türbelag als Schallwand und sind deshalb im unteren Teil der Türverkleidung angesiedelt. Da man sich im Fahrzeug für tiefe Frequenzen im Nahfeld des Lautsprechers befindet, ist keine Richtungswirkung spürbar. Deshalb kann der Subwoofer als Mono-Ausführung im Kofferraum platziert werden.

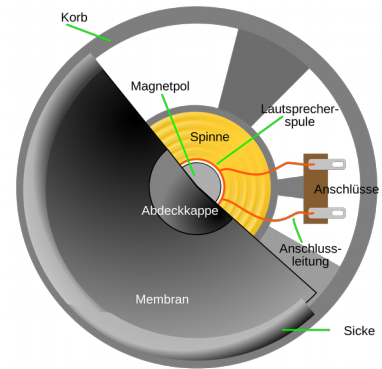


Abbildung 4

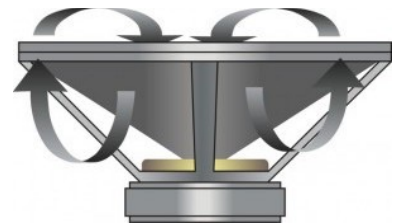


Abbildung 5



Abbildung 6

2 Vgl. Meroth, Seite 59

3 Vgl. Steinigke

4 Vgl. Meroth, Seite 60

2. Vorteile Fahrzeug

2.1 Definierter Raum

In einer Wohnung oder im Studio gibt es immer andere Parameter, die den Klang der Lautsprecher beeinflussen. Selten sieht der Raum, in dem ein Soundsystem genutzt wird so aus wie der, in dem er konzipiert und getestet wurde. In einem Auto sitzt der Hörer an genau der selben Stelle wie der Ingenieur, der das System gebaut hat und alle Macken des Raums kennt. Der HiFi Hersteller kennt außerdem jede Konstellation der Materialien im Innenraum und kann seine Anlage danach justieren.

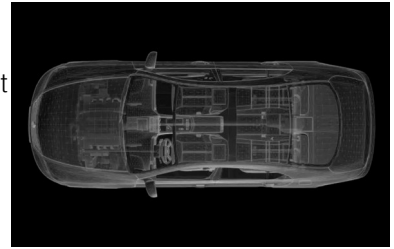


Abbildung 7

2.2 Direktschall

Im Auto ist der Raum sehr begrenzt und die Lautsprecher in den meisten Fällen gut verteilt. Außerdem sitzen Fahrer oder Beifahrer immer im Direktschall, erklärt Burmester, störende Reflexionen gebe es kaum. "Das ist wie hören mit einem Kopfhörer". Der Raumanteil wird wegen der vielen absorbierenden Elementen wie Stoffsitzen oder dem Dachhimmel weitgehend eliminiert und bilden ein gutes Gegengewicht zu den Reflexionen der Scheiben. Zudem sind die Außenwände nicht wie im Wohnzimmer parallel, sondern nach innen geneigt und nie exakt eben. So entstehen stehende Wellen weniger stark.⁵

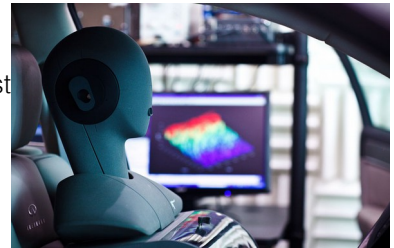


Abbildung 8

3. Nachteile Fahrzeug

3.1 Enger Raum

In allen geschlossenen Räumen kann es durch Reflexion zu stehenden Wellen kommen. Liegt die Breite des Fahrzeuginnenraums bei rund 150 cm, so entstehen stehende Wellen bei 110 Hz und den Vielfachen kommen. In manchen Positionen des Fahrzeugs gibt es dadurch an den Wellenbäuchen eine Überhöhung, sowie Auslöschung an den Wellenknoten. Verschiedene Materialien reflektieren und absorbieren den Schall außerdem unterschiedlich stark. Zum Einen unterscheiden sich Dachhimmel, Fenster, Türbeläge, Sitze, ... von einander, zum Anderen macht es einen Unterschied, ob Stoff- oder Ledersitze als Ausstattung gewählt werden. So muss das Audiosystem an jede mögliche Kombination angepasst werden.

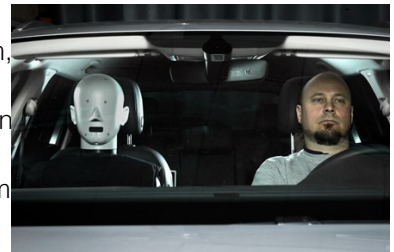


Abbildung 9

Durch den begrenzten Raum wird auch die Einbautiefe der Lautsprecher definiert. Das Luftvolumen hinter der Membran ist oftmals zu gering für eine optimale Ausbreitung der Wellen in den Abstrahlraum.

3.2 Begrenzte Leistungsaufnahme

Die Bordspannung liegt typischerweise bei 12 Volt. Da Leistung aus Spannung und Stromstärke resultiert muss der Strom entsprechend sehr groß sein, was dickere Kabel und damit höhere Kosten und weniger Flexibilität zur Folge hat. Bei einer 1500 W Endstufe fließen bis zu 125 Ampère, wodurch ein Querschnitt von mindestens 25 mm² (Ø 5,6 mm) resultiert.

Außerdem wird die in den Lautsprechern umsetzbare elektrische Leistung begrenzt (U^2 / R).⁶



Abbildung 10

5 Vgl. Wegin
6 Vgl. Schmatz

3.3 Optimierung für vier Plätze

Durch Verzögerung und Anpassung von Lautstärke, Delay und Phase einzelner Lautsprecher gelingt es, den Klang für einen Platz im Fahrzeug zu optimieren. In der Regel für den Fahrer, in der Oberklasse für den Fond. Doch selbst hier wird durch Mehrfachmessung ein Mittelwert für alle möglichen Positionen des Fahrers gebildet.

Die Anpassung für die weiteren Plätze im Fahrzeug ist ein wohl gehütetes Geheimnis der Hersteller. Eine Lösung wäre die „räumliche Trennung“, z. B. durch Stützlautsprecher. So arbeitet der Centerlautsprecher im Armaturenbrett für den Fahrer als Links und für den Beifahrer als Rechts.

Eine andere Lösung ist es, dem Benutzer die Option zu geben, für welche Stelle im Fahrzeug der Klang optimiert wird, z. B. durch die Option „Fahrer“ / „Alle“ oder die Eingabe per X/Y Koordinaten.



Abbildung 11

3.4 Gewicht

Beim Auto ist jedes Kilo abgezählt. Gerade die Premiumhersteller verwenden teuerste Materialien und Verbundstoffe, um das Gewicht des Fahrzeugs zu reduzieren und somit das Leistungsgewicht und Handling zu perfektionieren. So kann man es sich nicht erlauben, ein 30 Kilo schweres Soundsystem mit an Bord zu nehmen. Das gesamte System aus zwölf Lautsprechern, einem Subwoofer und Endstufe des Porsche Panamera von Burmester wiegt gerade einmal zwölf Kilo.^{7 8}

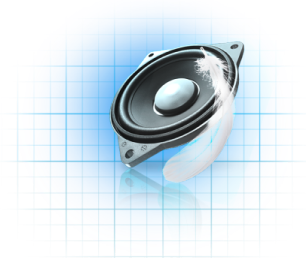


Abbildung 12

4. Ansätze

4.1 Bose

Waveguide

Durch die Bose Waveguide Speaker-Technologie wird kraftvoller Spitzenklang auch bei kompakten Lautsprechern ermöglicht. Die Entwickler stellten fest, wenn man den Lautsprecher auf einem Rohr montiert, man die kleine Bewegung der Membran in großen Klang verwandeln kann. Sie entdeckten eine Röhre, die zu den mechanischen Eigenschaften des Lautsprecher passte und über ein breites Spektrum effizient übertrug. Weitere Untersuchungen zeigten, dass man die Röhre falten und in jede Form bringen kann, ohne dass sie ihre akustischen Eigenschaften ändert.

So kann man ein vollen, klaren Klang aus einem kleinen Gehäuse erzeugen, indem man Luft durch gefaltete Tunnel lenkt. Diese Technologie lässt einen Aktenkoffer großen Lautsprecher wie eine komplette Stereoanlage klingen.⁹

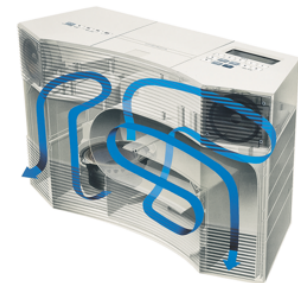


Abbildung 13

4.2 Bang & Olufsen

Acoustic Lens Technology

Die Acoustic Lens Technology sorgt dafür, dass die Schallwellen in einem 180-Grad-Fächer im ganzen Raum verteilt werden und dass eine glasklare Wiedergabe erzielt wird. Durch diese visionäre Bang & Olufsen Technologie der Minimierung von Reflexionen an Wand oder Decke wird das bestmögliche Audioerlebnis erreicht. So lässt sich der sogenannte „Sweet Spot“ auf den ganzen Raum ausdehnen, um ein unglaubliches Raumgefühl entstehen zu lassen und eine unfassbare Originaltreue zu gewährleisten.¹⁰



Abbildung 14

7 Vgl. Wegin

8 Vgl. Heel

9 Vgl. Bose

10 Vgl. Bang & Olufsen

4.3 Harman / Kardon

Frontbass

HARMAN und Mercedes-Benz revolutionieren mit der exklusiven Frontbass-Technologie des neuen SL das Musikerlebnis in einem Roadster. Erstmals sind die beiden Basslautsprecher im Fußraum vor Fahrer und Beifahrer untergebracht und fest mit der Stirnwand der Rohkarosserie verbunden. Gegenüber herkömmlichen Lösungen mit der Einbaulage in den Türen bietet diese vollkommen neue Positionierung zahlreiche Vorteile: Der hinter den Frontbass-Lautsprechern liegende Raum, der aus den Karosserie-längsträgern gebildet wird, dient als großvolumiger Resonanzkörper. Das Ergebnis ist ein extrem druckvoller, klarer und stabiler Bass über das gesamte Frequenzband hinweg.

Weil die Frontbass-Technologie den Soundexperten neue Freiräume auch bei der Einbaulage der übrigen Komponenten eröffnet, konnten die Hoch- und Mitteltöner auf der optimalen Ebene rund um Fahrer und Beifahrer platziert werden.

Der Klang fokussiert sich so wie bei keinem anderen bisher bekannten Soundsystem präzise auf die Fahrzeuginsassen. Außen bleibt es hingegen erheblich ruhiger als bei einem herkömmlichen Soundsystem, weil die für Türlautsprecher unvermeidlichen Vibrationen herkömmlicher Soundsysteme nicht auftreten.¹¹

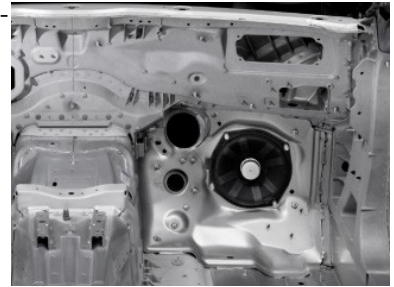


Abbildung 15



Abbildung 16

4.4 Burmester

Ringradiatoren

Die Ringmembran ist aus Titan mit einer Dicke von nur 25 Tausendstel Millimetern gefertigt und in sich V-förmig gefaltet. Die Schwingspule treibt die Membran mittig an; man kann sich die Membran also quasi als rundes Satteldach vorstellen, das auf eine Schwingspule geklebt ist. Die Membran wird innen und außen von einer Gewebesicke geführt und sollte deshalb vor Taumelbewegungen sicher sein.

Da die Membran weich aufgehängt ist, liegt die Resonanzfrequenz des Hochtöners trotz einer dynamischen Masse von nur rund 0,2 Gramm weit unterhalb des ihm durch die Frequenzweiche zugewiesenen Übertragungsbereichs (ab 2,3 Kilohertz) und kann die Wiedergabe nicht stören. Das Magnetsystem setzt auf den Werkstoff Neodym und sollte dadurch hohe Feldstärken erreichen, was erfahrungsgemäß der Klarheit und Impulsivität der Wiedergabe gut tut. Hinter dem Magneten befindet sich eine gewölbte Kammer, in der sich der rückwärtig abgestrahlte Schall „tot läuft“ und die Wiedergabe nicht stören kann.¹²



Abbildung 17

3D-Sound

High-End Surroundsystem bestehend aus 24 Hochleistungslautsprechern und 24 separaten Verstärkerkanälen mit insgesamt 1540 Watt (digital und analog). Durch den Einbau von weiteren Hoch- und Mitteltönern im Dachhimmel und in der Dachbedieneinheit wird mithilfe eigens für die S-Klasse entwickelten Algorithmen die Musik in die dritte Dimension gebracht.¹³



Abbildung 18

11 Vgl. Mauser

12 Vgl. Dames

13 Vgl. Burmester

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1 http://static.harmanardon.com/tl_files/themes/shop/skins/harmanshop/02/images/automotive/tech/tech-amp-bg.png
- Abbildung 2 <http://zapco.co/wp-content/uploads/2015/07/DSP-Manual-070615-S.pdf>, Seite 20
- Abbildung 3 http://static.harmanardon.com/tl_files/themes/shop/skins/harmanshop/02/images/automotive/tech/tech-amp-bg.png
- Abbildung 4 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/Lautsprecher_Schema_front.svg/356px-Lautsprecher_Schema_front.svg.png
- Abbildung 5 <http://blog.steinigke.de/wp-content/uploads/2011/12/Akustischer-Kurzschluss-170x300.jpg>
- Abbildung 6 <https://data.motor-talk.de/data/galleries/848948/4908161/202971457-w988-h555.jpg>
- Abbildung 7 https://assets.bose.com/content/dam/Bose_DAM/Web/consumer_electronics/global/content_pages/other_businesses/automotive/images/automotive_home_page_about_bose_automotive.psd/jcr:content/renditions/cq5dam.web.1000.1000.png
- Abbildung 8 https://assets.bose.com/content/dam/Bose_DAM/Web/consumer_electronics/global/content_pages/other_businesses/automotive/images/automotive_custom.psd/jcr:content/renditions/cq5dam.web.600.600.png
- Abbildung 9 http://www.dynaudio.de/media/2558/bjarkemv_01.jpg?mode=max¢er=0.500000,0.500000&width=440&height=440&upscale=true&quality=90
- Abbildung 10 <http://mds.nordicshops.com/PICTURE/7225-4-fr-gc-kaapelit.jpg>
- Abbildung 11 <https://data.motor-talk.de/data/galleries/0/43/2289/9561391/bose-einstellungen-50077.png>
- Abbildung 12 http://static.harmanardon.com/tl_files/themes/shop/skins/harmanshop/02/images/automotive/tech/tech-loudspeaker-bg.png
- Abbildung 13 http://worldwide.bose.com/aim/assets/images/en/content/lc_waveguide_story_solution.jpg
- Abbildung 14 <http://mediaservice.audi.com/media/cdb/data/b2a95642-8da1-4e61-8c9e-8444c925c3f5.jpg>
- Abbildung 15 <http://harmanardon-eurotraining.com/img/frontbass2.jpg>
- Abbildung 16 <http://harmanardon-eurotraining.com/img/frontbass1.jpg>
- Abbildung 17 <https://youtu.be/lJolhYQ9AMg?t=3m19s>
- Abbildung 18 <http://www.burmester.de/de/assets/uploads/Bilder/automotive/mercedes-benz/s-klasse/mb-s-klasse-dachinsel-leicht-komprimiert.jpg>

Literaturverzeichnis

Bang & Olufsen *Beolab 12 – Hochwertige Lautsprecher.*

http://worldwide.bose.com/aim/en_tc/web/waveguide_solution/page.html

Aufgerufen am 04.06.2016

Bose *Acoustic waveguide technology.*

http://worldwide.bose.com/aim/en_tc/web/waveguide_solution/page.html

Aufgerufen am 05.06.2016

Burmester, Marianne *S-Klasse*

<http://www.burmester.de/de/automotive/mercedes-benz/s-klasse.html>

Aufgerufen am 02.06.2016

Dames, Jörg (Hrsg.) *Nicht aus der Lameng entwickelt: Technik Burmester*

B10 [http://www.fairaudio.de/test/lautsprecher/2012/test-burmester-B10-B-](http://www.fairaudio.de/test/lautsprecher/2012/test-burmester-B10-B-10-lautsprecher-box-2.html)

[10-lautsprecher-box-2.html](http://www.fairaudio.de/test/lautsprecher/2012/test-burmester-B10-B-10-lautsprecher-box-2.html) Aufgerufen am 06.06.2016

Heel, Franz-Christoph (Hrsg.) *Guter Klang in kleiner Stube* [http://www.pf-](http://www.pf-magazin.de/panorama-aktuelles-beitrag/items/guter-klang-in-der-kleinen-stube.html)

[magazin.de/panorama-aktuelles-beitrag/items/guter-klang-in-der-kleinen-](http://www.pf-magazin.de/panorama-aktuelles-beitrag/items/guter-klang-in-der-kleinen-stube.html)

[stube.html](http://www.pf-magazin.de/panorama-aktuelles-beitrag/items/guter-klang-in-der-kleinen-stube.html) Aufgerufen am 03.06.2016

Mauser, Michael *Frontbass: Der Beginn einer neuen Sound-Ära im*

Mercedes-Benz SL. <http://harmanardon-eurotraining.com/frontbass.php>

Aufgerufen am 04.06.2016

Meroth, Ansgar (2008) *Infotainmentsysteme im Kraftfahrzeug*. Vieweg Praxiswissen. ISBN 978-3-8348-0285-9

Schmatz, Holger (Hrsg.) *Car HiFi Ratgeber – Strom*. <http://www.carhifi-ratgeber.de/sites/strom.htm> Aufgerufen am 04.06.2016

Steinigke, Bernd (Hrsg.) (2011) *Bauformen bei Basslautsprechern*. <http://blog.steinigke.de/omnitronic/bauformen-bei-basslautsprechern/> Aufgerufen am 04.06.2016

Wegin, Clemens (2014) *Wie sich ein Hi-Fi-Nerd in der S-Klasse bekehren ließ*. <http://www.welt.de/motor/modelle/article130054775/Wie-sich-ein-Hi-Fi-Nerd-in-der-S-Klasse-bekehren-liess.html> Aufgerufen am 03.06.2016