

Grundlagen der Car-HiFi Technik

Teil 2: Subwoofer

► In dieser Grundlagenreihe möchten wir die Spezialisten aus der Car Audio Branche zu Wort kommen lassen, die normalerweise unerkannt in den Entwicklungsabteilungen unsere tollen Neuheiten kreieren. Ganz nach dem Motto „Entwickler plaudern aus dem Nähkästchen“. In Teil 2 kommt Stefan Meyer von Ground Zero zu Wort.

Hallo Stefan, du bist erst letztes Jahr zurück im Aftermarket als Head of Product bei Ground Zero. Bitte schildere kurz deine Stationen als car audio guy.

Vor 30 Jahren begann ich bei Rockford Europe, anfangs noch als Student – und habe dort die längste Zeit im Car Audio verbracht. Die lehrreichste Zeit hatte ich als Lautsprecher-Entwickler bei MB Quart (heute German Maestro / Maestro Badenia) wo es noch eine hohe Fertigungstiefe von Lautsprechern gab. Später war ich dann bei Harman International (JBL, Infinity, Harman/Kardon, Becker) und hatte im Anschluss daran auch Automotive-Luft bei einem Zulieferer geschnuppert. Jetzt bin ich froh wieder bei einer echten Car Audio Größe im Team zu sein.

Wie hat sich die Subwooferentwicklung in den letzten Jahrzehnten verändert?

Es kann heutzutage viel mehr simuliert werden. Die Möglichkeiten, mit denen man einen Subwoofer, bzw. einen Lautsprecher an sich vorab am PC entwickeln kann, haben sich in den letzten Jahren enorm verbessert. Mit moderner CAD Konstruktion lässt sich vorab die Stabilität eines Lautsprecherkorbs prüfen und mit FEM Simulationen die Membran, die Sicke, die Zentrierspinne und das gesamte Magnetsystem vorab simulieren. Man erhält realistische Parameter, Frequenzgänge und Abstrahlcharakteristiken bereits am PC. Mit diesen modernen Werkzeugen gelingt es Subwoofer immer besser zu machen. Auch die Messtechnik hat sich deutlich verbessert, aber dazu erzähle ich später sicherlich mehr.

Was ist deine Meinung zum Thema Hub vs Fläche?

Am Ende des Tages wird ein Luftmasse-Volumen bewegt und da ist natürlich beides hilfreich. Wenn es aber um Soundquality geht, muss man wissen, dass man bei großem Hub auch gerne mal den linearen Bereich verlässt. Ein sinnvoller Kompromiss für dynamische Lösungen ist es, mehrere kleine Treiber zu verwenden. So lässt sich die bewegte Mem-

branmasse schneller kontrollieren und kommt trotzdem auf Fläche.

Ist bei einem Subwoofer das Membranmaterial egal? Hauptsache stabil?

Stabil und auch leicht. Stabilität erreicht man unter anderem durch die Membranform. Papier war und ist ein hervorragendes Material, das durch immer modernere Verfahren und Zusätze mittlerweile extrem gut verstärkt werden kann. Leichte stabile Alternativen sind aber auch Aluminium und Karbon. Bezüglich Materialien gibt es aber immer wieder neue Entwicklungen und wir halten in der Entwicklung natürlich immer die Augen auf - und schauen dabei auch gerne mal über den Tellerrand. Mit modernen FEM - Simulationswerkzeugen (Simulation über finite Elemente) wie z.B. FINEMotor von Loudsoft können wir vorab schon Aussagen über die Verwendbarkeit von Materialien und Membran-Geometrien treffen.

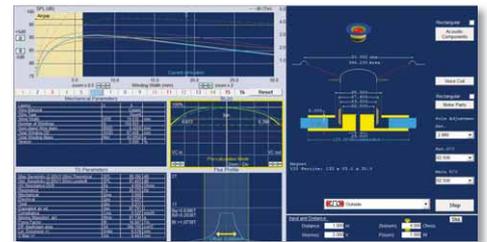
Was ist der Grund, warum günstige Subwoofer so (zu) wenig Hub haben? Die drei Windungen Kupferdraht können doch nicht so teuer sein?

Man kennt es noch aus dem Physikunterricht: der bewegte Leiter im Magnetfeld. Die Kraft, die auf den Leiter wirkt, ergibt sich aus dem Strom, der ihn durchfließt und der Magnetfeldstärke, die auf ihn wirkt. Soll der Subwoofer mehr Hub haben, müssen die zusätzlichen Windungen einen größeren Durchmesser haben, um an den Anschlussklemmen bei der gewünschten Impedanz zu bleiben. Das macht den Magnetspalt größer und die Schwingeinheit schwerer, was mit einem deutlich größeren Magneten ausgeglichen werden und natürlich auch einem deutlichen Anstieg der Herstellungskosten.

Bringt Neodym bei einem Subwoofer eine bessere Performance, oder ist es nur kompakt und teuer?

Hier trifft alles zu. Neodym enthält seltene Erden – und der Name deutet schon an, warum es auch mal einen Euro mehr kostet. Umso wichtiger ist es dann aber das Maxi-

mum an Effizienz aus dem wertvollen Neodym Magneten herauszubekommen. Und auch hier ist das Stichwort Simulation. Ebenfalls von Loudsoft benutzen wir FINEMotor als Entwicklungsgrundlage. Ein Subwoofermagnet – so einfach er auch aussieht – ist ein sehr komplexes Konstrukt bei dem der Magnetfluss geschickt und verlustarm durch einen Magnetspalt gelenkt werden muss. Wenn hier die Geometrien des Magnetmaterials und der Pole nicht stimmen, wird Energie verschenkt.



1 Simulation eines Antriebs mit FINEMotor

Zurück zu Deiner Frage: Ein Neodymantrieb mit überschaubaren Abmessungen kann in der Tat einen deutlich schwereren Ferritmagneten sinnvoll und effektiv ersetzen, wenn er gut berechnet ist. Und das machen wir nicht nur bei Subwoofern – auch bei unseren Hochleistungsmitteltönern unserer Competition Serie haben wir mit FINEMotor alles ins energetische Optimum bringen können.

Wie geht deiner Meinung Flachsubwoofer? Gibt es Kompromisse und wie lassen sie sich zum Entwicklungsziel lenken?

Flachsubwoofer sind eine ganz besondere Herausforderung. Bei Deiner Frage nach dem Membranmaterial hatte ich gesagt, dass die Membranform zur Stabilität beiträgt. Je flacher ein Lautsprecher wird, desto mehr weichen wir von der stabilen Kegelform ab und müssen die Stabilität über das Membranmaterial sicherstellen. Auf Hub und Magnetantrieb sollte man allerdings nicht verzichten. Und genau so haben wir unsere Flachlautsprecher umgesetzt, damit sie eine sinnvolle Lösung für unauffällige Einbauten darstellen.

Der „Einheitsparametersatz“ regiert den Markt, vermutlich wegen der vielseitigen Einsetzbarkeit (g, BR, etc). Gibt es noch Subwoofer, die gezielt und speziell entwickelt werden?

Natürlich möchte man mit seinen Produkten einen breiten Markt bedienen und flexible Gehäusevarianten möglich machen. Allerdings ist es nicht immer so. Der neue GZPW 10 SQX zum Beispiel ist für kleine geschlossene Gehäuse entwickelt worden und performt hier

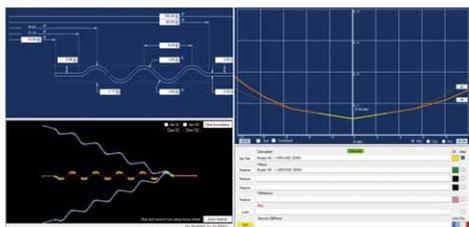
am besten. Und auch unsere SPL Subwoofer sind für ihren Einsatzzweck in die von uns empfohlenen Gehäuse optimiert. Nehmen wir z.B. den GZPW 15XXmax – dieser Subwoofer ist wirklich nur für große Bassreflex Gehäuse mit tiefer Abstimmung konstruiert worden.

Welche konstruktiven Eigenschaften muss ein Subwoofer haben, um in den beliebten kleinen Gehäusen (gut) zu spielen?

Kleine geschlossene Gehäuse verändern die Parameter der Lautsprecher komplett. Das geschlossene Volumen wirkt wie eine zusätzliche Federung und verändert die Güte und die Resonanzfrequenz erheblich. Somit muss der Treiber eine eher weichere Aufhängung haben und darf dabei nicht durch den Druck auf der Membranrückseite ins Taumeln geraten. Dabei die Kontrolle zu behalten ist die Herausforderung.

Thema SPL vs SQ: Was sind die wichtigsten Entwicklungsparameter bei beiden?

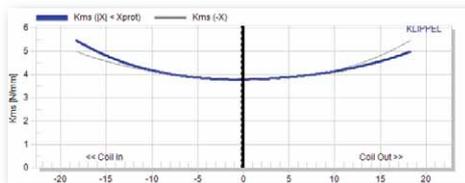
Die Membrankontrolle ist insgesamt die größte Herausforderung. Für einen sauberen Klang muss sich die Membran möglichst linear bewegen und jeglicher Widerstand wirkt dieser Linearität entgegen. Mit der Zentrierspinne und der Sicke haben wir gleich zwei Faktoren, die hier reinspielen. Bei der Entwicklung von SQ Subwoofern versuchen wir dabei zumindest den Einfluss der Sicke so gering wie möglich zu halten und konzentrieren uns auf eine möglichst lineare Spider-Auslenkung. Dies machen wir vorab mit Simulationsprogrammen wie z.B. FINESuspension von Loudsoft, die die Zentrierung und die Sicke in kleinste Elemente zerlegt und die Bewegung anhand der Materialeigenschaften wie z.B. seiner Elastizität simuliert. So lässt sich schon im frühen Entwicklungsstadium die richtige Geometrie und das richtige Material finden bevor überhaupt auch nur ein Muster aufgebaut wird.



2 Simulation einer Zentrierspinne mit FINESuspension

Nach den ersten Versuchsaufbauten werden die Muster an einem Klippel Messgerät auf das Großsignalverhalten hin überprüft. Der

Subwoofer wird mit einem Signal bis zur maximalen Belastbarkeit angesteuert und die Membranauslenkung präzise mit einem Laser abgemessen. Dabei entstehen sehr umfangreiche Messergebnisse, die Aussagen über die Linearität des Magnetsystems, der Induktivität und der Flexibilität der Schwingeinheit geben. In Bild 3 ist nur ein Beispiel dargestellt – nämlich des Faktors K_{ms} , der eine Aussage über die Linearität der Zentrierspinne und der Sicke darstellt. Die X-Achse zeigt die Membranposition die in die negative und positive Richtung auslenkt. Man versucht einen möglichst geraden Verlauf zu erreichen, bis die Membran in Progression geht. Außerdem sollte der Verlauf in positive und negative Richtung möglichst gleich verlaufen, daher ist der Graph auch nochmal gespiegelt dargestellt.



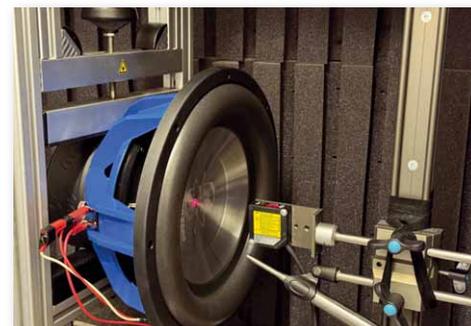
3 Messergebnis der Linearität der Aufhängung mit Klippel

Diese Art der Kontrolle, die auf Spider-Linearität setzt und geringstem Einfluss der Sicke, nennen wir ConeGlide – eine Bezeichnung, die man künftig häufiger auf unseren SQ Subwoofern finden wird. Bei einem SPL Subwoofer sieht das etwas anders aus. Hier geht es wirklich um Hub und das muss aktiv kontrolliert werden. Hier muss die Sicke einen deutlich größeren Einfluss nehmen, um große Auslenkungen zu stabilisieren und das Taumeln der Membran zu verhindern. Für die Entwicklung benutzen wir dieselben Werkzeuge, aber mit anderen Zielsetzungen. Dieses Entwicklungsvorgehen nennen wir ConeGrip – ebenfalls ein Begriff, den man künftig auf unseren SPL Subwoofern finden wird.

Was ist ausschlaggebend für die Belastbarkeit eines Subwoofers? gibt es „Tricks“ bei der Kühlung, die du verraten möchtest?

Neben der ausreichenden Auslegung einer Schwingspule bezüglich des Spulen- und Drahtdurchmessers muss auch die Belüftung genau abgestimmt sein. Wenn zu viel Luft durch die Polkernbohrungen gepumpt wird, geht sie nicht an der Schwingspule vorbei und kann nicht kühlen. Eine zu kleine Polkernbohrung kann jedoch die Luft zu sehr komprimieren. Um die optimale Kühlung zu

finden, hilft uns wieder das Klippel Messsystem, das beim Großsignal Parametertest auch die Spulentemperatur ermittelt und hier in der Entwicklung eine optimale Kühlung erarbeitet werden kann. Und das ist bei jedem Subwoofer ganz individuell.



4 Klippel Messung mit Laser

Wie ist deine Herangehensweise zur Entwicklung eines Subwoofers? Was kommt zuerst, was kann man sich dann aussuchen? Gibt es einen Rest, der sich dann zwangsläufig ergibt?

Eigentlich hast Du es gut getroffen: es beginnt mit einer Zielsetzung bezüglich der angestrebten Gehäuseart, Gehäusevolumen und der geforderten Belastbarkeit. Dabei ergibt sich in der Tat zwangsläufig ein Zusammenspiel aus Membran- und Spulengewicht, Spulendurchmesser und linearer Auslenkung, womit die eigentliche Entwicklung beginnt und alles in Einklang gebracht werden muss. Mit der Auswahl der Materialien hat man allerdings noch sehr viel Einfluss auf den Klang bei SQ Subwoofern und die Dynamik bei SPL Subwoofern und kann dem Subwoofer somit einen eigenen Charakter verleihen.

Welchen Subwoofer würdest du für dich persönlich entwickeln?

Einen Subwoofer, der von allem etwas mitbringt und mit tiefen satten Bässen Klang und Dynamik vereint, auch wenn das Kofferraumvolumen darunter leiden muss.

Vielen Dank, Stefan!



Stefan Meyer,
Head of Product bei Ground Zero