

# Am seidenen Faden

## Schwingspulendurchmesser bei P. A.-Hochtonlautsprechern

Von Fabian Reimann

Im Rahmen der Lautsprechertests der letzten tools-Ausgaben wurde wiederholt über den Schwingspulendurchmesser der getesteten P. A.-Lautsprecher gesprochen. Einerseits, weil sich in diesem Zusammenhang leicht missverständliche bzw. schlicht unvollständige Angaben in Herstellerdatenblättern finden, die die Vergleichbarkeit erschweren – andererseits aber auch, weil diese Angabe nicht nur aufgrund der Vergleichbarkeit wichtig ist, sondern auch weil die Angabe dieser „Hausnummer“ handfeste technische Unterschiede markiert. Was es damit auf sich hat, soll in diesem Artikel besprochen werden.

Erfahrungsgemäß ist der Vergleich von Herstellerdatenblättern oftmals eine undankbare Aufgabe. Die vollständige Umsetzung der einschlägigen Normen und Empfehlungen hierfür (siehe hierzu die Titel der DIN bzw. AES in den Literaturangaben) lässt in einigen Fällen zu wünschen übrig. Verständlicherweise werden die Angaben herstellerseitig umso großzügiger gehandhabt, je günstiger das zu bewerbende Produkt wird, wo doch besonders in den unteren Preissegmenten die ehrliche Benennung der verwendeten Komponenten mehr Schatten als Licht auf das Produkt werfen würde. Gerade auch die Angabe des Durchmessers der Schwingspulen (engl. „Voice Coil“, kurz „VC“) wird oftmals vergeblich in den Datenblättern gesucht.

### Schwingspulen – Funktion und physikalische Eigenschaften

Zunächst soll geklärt werden, wobei es sich bei Schwingspulen überhaupt handelt. Ein Blick auf die Abb. 1 zeigt deren Lage im Schnitt durch einen professionellen P.A.-Kompressionstreiber: Sie befindet sich dort, fest verbunden mit der Membran, im Luftspalt eines Permanentmagneten. Letzterer bildet eine Magnetkraft aus, von der sich die stromdurchflossene Schwingspule je nach Phase des anliegenden Signals abstößt und somit Bewegungen an die Membran überträgt. Die Schwingspule wandelt also elektrisch zugeführte Energie in mechanische (also Bewegungs-) Energie, wodurch die Erzeugung hörbaren Schalls möglich wird.

Es mag einleuchten, dass Schwingspulen (meist wird hierfür ein Kupfer- oder Aluminiumlackdraht auf einen sogenannten Träger gewickelt) elektrisch nicht unendlich stark belastbar sind und somit die Leistungsfähigkeit des Lautsprechers maßgeblich begren-

zen (mechanische Variablen wie die Einspannungen der Membran selbst oder die Nachgiebigkeit des Luftvolumens in der Rückkammer werden an dieser Stelle vernachlässigt). Tatsächlich wird in Schwingspulen der Löwenanteil der zugeführten Energie in (akustisch nutzlose) Wärme umgewandelt. Dem Physiker ist die Erhitzung stromdurchflossener Leiter unter dem Fachbegriff der „joule’schen Wärme“ oder auch „Stromwärme“ bekannt. In einem Satz zusammengefasst handelt es sich dabei um das Produkt der an einem Leiter verrichteten elektrischen Arbeit, in dem Reibungsverluste auf atomarer Ebene innerhalb des Leiters schlussendlich zu einer Energieumwandlung führen. Der resultierende, verringerte Leistungsumsatz wird häufig auch als „ohm’scher Verlust“ bezeichnet. Dieser Zusammenhang lässt sich leicht aus Alltagserlebnissen nachvollziehen, wobei das „einleuchtendste“ Beispiel wohl die klassische Glühlampe mit Wolframdraht sein dürfte. Dort wird ein elektrischer Leiter so weit erhitzt, dass er zu glühen beginnt. Der Löwenteil (ca. 90 Prozent) der zugeführten Energie ist nicht für die Lichterzeugung nutzbar. Ebenso sind oftmals Warnhinweise auf Kabeltrommeln zu entdecken, die deren volle Belastung nur dann gestatten, wenn die Trommel vollständig abgerollt ist, um dadurch einen Hitzestau zwischen den Windungen zu vermeiden. Hält man sich nicht an diesen Hinweis, können bei ungesicherten Kabeltrommeln spektakulär verschmolzene Klumpen aus Gummi und Kupfer die Folge sein.

### Elektrische Belastbarkeit von Lautsprechern

Diese prinzipiell nur begrenzte elektrische Belastbarkeit von Lautsprechern hängt, neben den geschilderten Effekten der joule’schen Wärme auf die Schwingspule, auch davon ab, inwiefern das Lautsprecherchassis für sich betrachtet in der Lage ist, die anfallende Hitze zu verteilen und an die Umgebung abzuführen. Bei den üb-

lichen Tief- und Mitteltonlautsprechern lässt sich ohne große Anstrengungen eine relativ hohe Wärmekapazität nutzen – an der Schwingspule erzeugte Hitze kann vom System leicht aufgenommen werden, da die relativ großen Magneten und Körbe dieser Lautsprecher die entsprechende Masse und Oberfläche zur Verfügung stellen. Bei Hochtonlautsprechern stellt sich dies meist schon etwas kritischer dar. Diese verfügen in den meisten Fällen über eher kleine Magneten und Abdeckungen, sodass deren Wärmekapazität relativ betrachtet gering ausfällt. Natürlich gibt es hier eine Vielzahl von Maßnahmen, die herstellerseitig ergriffen werden können. Dazu zählt beispielsweise die Integration von Kühlrippen in die Abdeckungen der Treiber zur Verbesserung der Konvektionskühlung, aber auch die geschickte Positionierung von Belüftungsöffnungen in der Antriebseinheit selbst, womit Luftströmungen direkt an der Schwingspule vorbei geführt werden können, um nochmals die Wärmeabfuhr zu verbessern. Eine sehr sensible Übergangsstelle ist, sowohl in Tief- als auch in Hochtonlautsprechern, der Luftspalt zwischen Spule und Magnet (Abb. 1). Da es sich bei Luft um einen bekanntermaßen schlechten Wärmeleiter handelt, der die erzeugte Abwärme nicht sonderlich effektiv an die benachbarten Gehäuseteile weiterleiten kann, setzen einige Hersteller ein sogenanntes „Ferrolfluid“ ein. Hierbei handelt es sich um eine eisenhaltige Flüssigkeit, die in den Luftspalt eingefüllt wird, um die Wärmeleitung in diesem Bereich zu verbessern. Natürlich geht auch dies nicht ohne entsprechende mechanische Verluste einher, da die Bewegungen der Schwingspule zwangsweise durch die Flüssigkeit bedämpft werden. Während dünnflüssige Varianten des Fluids hierbei als klanglich „besser“ eingestuft werden, zeigen diese auch nur begrenzte Verbesserungen bei der Wärmeleitung. Gegenteiliges trifft auf dickflüssigere Varianten zu.

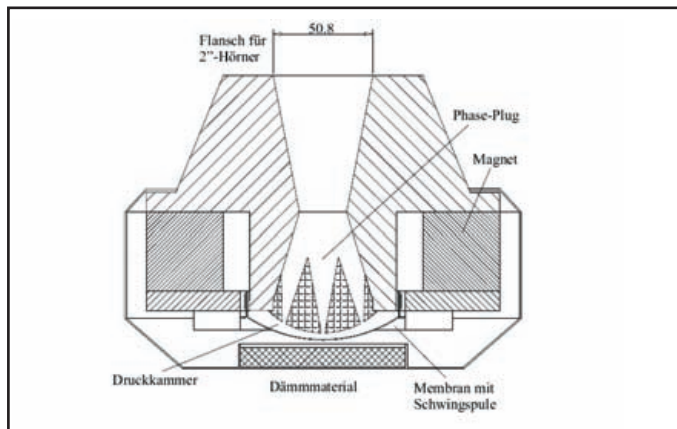


Abb. 1: Schnitt durch einen Hochton-Kompressionstreiber – die Lage der Schwingspule innerhalb des Systems ist gekennzeichnet (Quelle: Makarski, S. 24)

Wie man sieht, ist trotz der Vielzahl möglicher Maßnahmen stets eine deutliche Grenze der elektrischen Belastbarkeit der Schwingspulen gegeben, wobei besonders die „leichten“ Spulentypen in Hochtontreibern betroffen sind. Tatsächlich ist der Hauptfaktor für die Bemessung der elektrischen (und damit thermischen) Belastbarkeit bei der zur Verfügung stehenden Oberfläche der Schwingspule auszumachen – je größer diese ausfällt, desto höhere Leistungen können sicher verarbeitet werden. Eben deswegen ist die Angabe des Durchmessers dieser Spulen von entscheidender Bedeutung, wenn man beim bloßen Lesen der Datenblätter die Leistungsfähigkeit zweier Lautsprecherboxen miteinander vergleichen möchte. Obwohl die Audio Engineering Society (vgl. AES 2003: S. 5) diese Angabe empfiehlt, sucht man leider häufig vergebens danach.

Anzeige

# REINVENTING THE ALL-TERRAIN LOUDSPEAKER

**GIUGIARO**  
DESIGN

## verso series

The design of these cabinets, modern and balanced, has been conceived in collaboration with the prestigious team of Giugiaro Design.

The series includes 6 models (3 passive and its 3 active versions), all of them 2 way full range and made of high density and resistance plastic material.

Due to its high quality and versatility, the VERSO loudspeakers are ideal for use in fixed and mobile applications, as well as stage monitors.





SLD Mediatec GmbH Schnieglinger Str. 166, 90425 Nürnberg Tel +49 911 544849 Fax +49 911 9569828

info@sls-mediatec.de [www.sld-mediatec.de](http://www.sld-mediatec.de)



Abb. 2: Hier trifft die Schieblehre auf einen sehr weit verbreiteten Hochtontreiber italienischer Herkunft, der momentan in vielen Boxen der 500-Euro-Klasse (und manchmal auch höherpreisigen Exemplaren) verwendet wird – der Schwingspulen-durchmesser liegt hier bei ca. 25 mm (entspricht 1 Zoll)



Abb. 3: Ein Hochtontreiber mit transparenter Kunststoffmembran und 44-mm-Schwingspule – diese „Standardgröße“ für 1-Zoll-Treiber (1,75 Zoll VC-Durchmesser) ist bei professionellen P.A.-Lautsprechern häufig anzutreffen



Abb. 4: Schweres Geschütz: Die Aluminiumkalotte eines 1,4-Zoll-Hochtontreibers mit 75-mm-Schwingspule (entspricht 3 Zoll), was der traditionellen „Standardgröße“ für einen Treiber mit 1,4-Zoll-Öffnung entspricht

### Konventionen und Fallgruben

Die meisten Anwender von Beschallungslautsprechern werden mit Bezeichnungen wie „1-Zoll-Horn“ oder „2-Zoll-Treiber“ vertraut sein. In aller Regel beziehen sich diese Angaben zum Durchmesser jedoch nicht auf den Durchmesser der Schwingspule, sondern auf den Durchmesser der Schallaustrittsöffnung am Treiber (in Abb. 1 „Flansch“) bzw. am Hals des Hochtonhorns. Üblicherweise erwartet man bei einem Treiber mit 1-Zoll-Anschluss eine Spule mit 1,75 bis 2 Zoll Durchmesser, wohingegen bei Treibern mit 1,4- oder 2-Zoll-Anschluss Spulen mit 3-Zoll-Durchmessern oder mehr erwartet werden dürfen. Diese „Standards“ haben sich, vor allem für das letztere Beispiel, dadurch entwickeln können, dass in P.A.-Anlagen der 1970er und 1980er Jahre eine Auftrennung des Hochtonbereiches in zwei Frequenzbereiche vorherrschend war. Dort kamen Treiber mit 1,4- oder 2-Zoll-Anschlüssen im Mitteltonbereich zum Einsatz, welche für den Superhochton durch mehrere kleine Treiber an kurzen Hörnern (beispielsweise Ringradiatoren) unterstützt wurden. Die größeren Treiber für den Mittelton verfügten zumeist über große Schwingspulen, um deren untere Grenzfrequenz auszudehnen – mit sinkender Frequenz steigt statistisch betrachtet die nötige Energie, die ein Lautsprecher zu verarbeiten hat, weswegen große Spulen auch zwingend nötig waren.

Die momentan verfügbaren Hochtontreiber der Oberklasse (es handelt sich hier zumeist um 1,4-Zoll-Typen mit 3-Zoll-Schwingeinheiten), haben derartige Hochtonergänzungen nicht mehr nötig, da die Entwicklung bei der Kontrollierbarkeit der Membranmaterialien aber auch der treiberinternen Schallführungen einige Fortschritte gemacht hat. Diese „Standards“ (beispielsweise die Assoziation eines 1,4-Zoll-Treibers mit der Eigenschaft „professionell“), die sich im Unterbewusstsein vieler Techniker bis heute gehalten haben, werden in Datenblattangaben oftmals „genutzt“. Doch der Reihe nach ...

In Abb. 2 sieht man einen momentan sehr stark verbreiteten Treiber mit 1-Zoll-Flansch. Sein Schwingspulen-durchmesser liegt bei 1 Zoll, was ein auch bei Hi-Fi-Hochtönern üblicher Wert ist. Infolgedessen kann der Treiber nur für die Wiedergabe relativ hoher Frequenzen eingesetzt werden. Oftmals wird zum Schutz vor thermischer Überlastung auch ein Schutzelement wie eine kleine Glühlampe in der Frequenzweichenschaltung für ihn verwendet, um bei Überschreiten einer gewissen Lastgrenze den anliegenden Strom zu begrenzen. All dies resultiert natürlich in einem recht begrenzten Maximalpegel, sodass ein Vergleich mit dem in Abb. 3 zu sehenden Treiber in jedem Fall hinkt. Dort (Abb. 3) wird ebenfalls ein Hochtöner mit 1 Zoll Flanschdurchmesser gezeigt, der Durchmesser der Schwingspule ist mit 1,75 Zoll aber deutlich größer, sodass auch die elektrische Belastbarkeit entsprechend höher anzusetzen ist (in diesem Fall etwa 15 bis 20 Watt, im zuvor genannten Beispiel deutlich weniger).

Abb. 4 zeigt die Schwingeinheit eines professionellen Hochtontreibers mit 1,4-Zoll-Öffnung und 3 Zoll Schwingspulendurchmesser, also ganz dem „Standard“ entsprechend. Derartige Treiber können gut und gerne mit Dauerleistungen von 50 bis 75 Watt aufwarten. Neuerdings gibt es einige Treiber, die ebenfalls mit 1,4-Zoll-Öffnungen, jedoch deutlich kleineren Spulen (im Bereich von 1,3 bis 1,75 Zoll) ausgestattet sind als gemeinhin erwartet. Dem Kunden wird damit auf den ersten Blick die „professionelle Aura“ eines sonst deutlich höherpreisigen Lautsprechers suggeriert. Dass tatsächlich nur ein relativ „kleiner“ (und somit begrenzt leistungsfähiger) Treiber zum Einsatz kommt, wird durch die alleinige Benennung des Flanschdurchmessers geschickt umschifft.

Die Kombinationsmöglichkeiten sind in dieser Hinsicht sehr vielfältig, sodass es praktisch problemlos machbar wäre, einen Hochtöner mit 1-Zoll-Schwingspule an ein Horn mit 2-Zoll-Öffnung zu montieren. Die Datenblattangabe könnte in diesem Fall völlig korrekt einen „2-Zoll-Hochtöner“ angeben – korrekt, aber unvollständig, falls der Schwingspulendurchmesser in so einem Fall nicht erwähnt würde.

Natürlich sollte man keinem Hersteller eine vorsätzliche Desinformationsabsicht unterstellen, jedoch ist festzustellen, dass besonders in jenen Fällen, in denen sich eine ausführliche Angabe mit Benennung des Schwingspulendurchmessers zu Ungunsten des Herstellers auswirken würde, häufig auf diese verzichtet wird. Mich erinnert diese Praxis an Nährwertangaben auf Lebensmittelverpackungen – diese sucht man auf kalorienreichen Nahrungsmitteln oftmals vergeblich, wohingegen fettreduzierte Artikel deutlich sichtbar ausgezeichnet sind.

Der Kunde ist an dieser Stelle gefordert, sich die Informationen selbst zu besorgen und sein eigenes, sachbezogenes Urteil zu bilden. Hierfür kann, im Falle unklarer Datenblattangaben, eine Anfrage beim



Verbrannte Schwingspule eines recht preisintensiven 1,4-Zoll-Treibers italienischer Herkunft mit 3-Zoll-Schwingspule. Trotz verhältnismäßig großer Oberfläche sind auch derartige Spulen aus professionellen Treibern elektrisch natürlich nur begrenzt belastbar; bei genauem Hinsehen ist zu erkennen, dass der Kleber, mit dem die Spule auf dem Träger fixiert wurde, Blasen geschlagen hat – dies deutet auch auf die enormen Temperaturen hin, die zum Defekt der Schwingeinheit geführt haben

Hersteller oder Vertrieb sinnvoll sein (neben der regelmäßigen, ebenso sinnvollen Lektüre von tools 4 music natürlich).

### Finale

Im Rahmen dieses Artikels wurde knapp auf die Grundlagen der elektrischen Wärme sowie der Erhitzung von Schwingspulen in Lautsprechern eingegangen. Besondere praktische Bedeutung galt dabei der tatsächlichen Oberfläche der Spulen in Hochtontreibern beim Vergleich untereinander. Ich möchte an dieser Stelle Hersteller zu mehr „Offenheit“ in den Datenblättern ermutigen, denn die jetzige Situation fördert letztendlich nur Unsicherheit auf Anwenderseite. Aus Platzgründen bewusst übergangen wurde in diesem Artikel das Thema der thermischen Kompression („Power Compression“). Interessierte Leser finden hierzu jedoch in Ausgabe 4/2009 in der „Grundlagenserie Lautsprechermesstechnik“ detaillierte Informationen. Wer das Heft nicht griffbereit hat, kann sich als Abonnent den Artikel im Online-Archiv unter [www.tools4music.de](http://www.tools4music.de) kostenfrei herunterladen. ■

## Literatur & Weiterführendes

- AES2-1984 (2003): „AES Recommended Practice Specification of Loudspeaker Components Used in Professional Audio and Sound Reinforcement“
- Andersson, Ronny: „Loudspeaker Voice Coil Temperature Estimation“, Master Thesis 2008, Lulea University of Technology
- Chapman, Peter: „Thermal Simulation of Loudspeakers“, AES Convention 104 (Mai 1998)
- Demtröder, Wolfgang: „Experimentalphysik Band II“, 3. Auflage, Springer 2004, S. 54 - 59
- DIN EN 60268-5: Elektroakustische Geräte – Teil 5: Lautsprecher, Beuth Verlag 2003
- Goertz, Anselm: „Lautsprecher“, S. 463 - 464, in: Weinzierl, Stefan (Hrsg.): „Handbuch der Audiotechnik“, Springer 2008
- Klasco, Mike: „Asian Voice Coil Manufacturers – A Voice Coil Survey“ in: Voice Coil Magazine, 3/2008
- Makarski, Michael: „Theoretische und experimentelle Untersuchung der Schnittstelle Hornreiber-Horn“, Dissertation RWTH Aachen 2001

[www.poyun.com](http://www.poyun.com)

interessante Website eines chinesischen Herstellers, auf der man sich die schrittweise Produktion von Schwingspulen bzw. ganzer Schwingeinheiten ansehen kann