



Abb. 1: Testchassis von RCF (Typ LF12N301) mit M-förmiger Sicke aus Polyester-Baumwollgemisch – unser Dank für die freundliche Bereitstellung des Chassis geht an H-Audio in Hannover, www.lautsprechershop.net

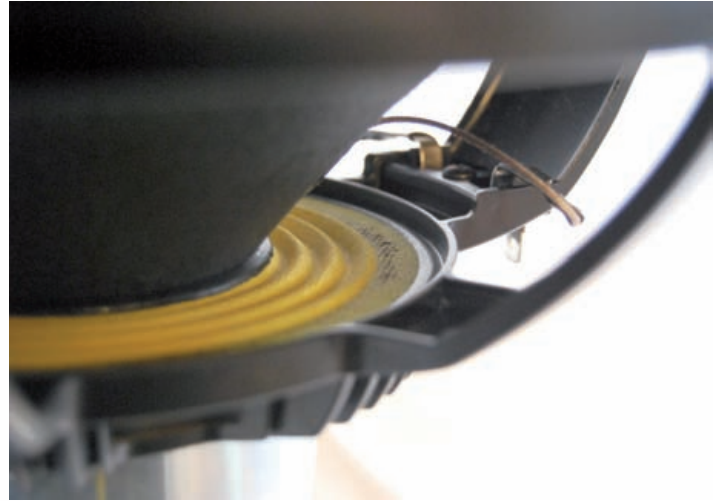


Abb. 2: Zentrierspinne des Testlautsprechers

Eingespieltes Team

Müssen Lautsprecher „eingespielt“ werden?

Von Fabian Reimann

In *tools 4 music*, Ausgabe 6/2010, ging der Autorenkollege Chris Reiss in einem Absatz seines Vergleichstests aktiver Studiomonitore der Fragestellung nach, ob Lautsprecher „eingespielt“ werden müssen oder nicht. Tatsächlich wird diese Frage recht häufig gestellt, wobei die Folgen dieses Einspielvorgangs zuweilen aber stark über- oder unterbewertet werden. Anhand einer Vielzahl von Messungen an einem Beispiellautsprecher soll im Rahmen dieses Artikels ein wenig Licht ins Dunkel gebracht werden.

Zunächst muss der Begriff des „Einspielens“ geklärt werden. Gemeint sind hierbei die mechanischen Auswirkungen auf das schwingfähige System des Lautsprechers. Dazu gehören in erster Linie die Sicke und die Zentrierspinne (**Abb. 1 und 2**), deren mechanische Nachgiebigkeit sich durch den Einspielvorgang verändert.

Nicht zu verwechseln ist der Begriff des „Einspielens“ jedoch mit der gehörmäßigen „Eingewöhnung“ an neue Lautsprecher – häufig wird be-

richtet, dass neu gekaufte Lautsprecher erst nach einer gewissen Zeit anfangen, „gut zu klingen“, was dann ebenso häufig dem abgeschlossenen „Einspielen“ ursächlich zugeschrieben wird. Tatsächlich aber spielt hier der Gewöhnungseffekt im psychoakustischen Sinn eine deutlich größere Rolle als der technische Einspielvorgang.

Hintergrund

Um die Auswirkungen des Einspielens auf einen Lautsprecher zu un-

tersuchen, dienen uns die Messungen der Thiele-Small-Parameter („TSP“). Diese werden nicht über akustische, sondern ausschließlich über elektrische Impedanzmessungen im Bereich der Resonanzfrequenz gewonnen. Neville Thiele und Richard Small, deren Arbeiten aus den 1970er Jahren stammen, ist die Theorie zu diesen für den Kleinsignalbetrieb gültigen Parametern zu verdanken. Sie erkannten, dass sich die Übertragungseigenschaften eines Lautsprechers in geschlossenen oder



Abb. 3: Testmasse zur Ermittlung der Thiele-Small-Parameter, die möglichst genau bekannt sein müssen (Messung mit einer Feinwaage)

mit Ventilationsöffnungen versehenen Gehäusen durch ein elektrotechnisches Ersatzschaltbild beschreiben lassen. So verhält sich beispielsweise ein Lautsprecher in

einem Bassreflexgehäuse wie ein Hochpassfilter vierter Ordnung und fällt an seinem Übertragungsende mit 24 dB pro Oktave ab.

Durch die Arbeiten von Thiele und

Small wurde eine Entkoppelung der variablen „Lautsprecher“ und „Gehäuse“ voneinander möglich – Prognosen darüber, wie sich welcher Lautsprecher in welchem Gehäuse verhalten würde, wurden erst dadurch möglich.

Für die Fragestellung nach den Effekten des „Einspielens“ bilden die TS-Parameter daher die Beurteilungsgrundlage. Ausgangspunkt war zunächst das Herstellerdatenblatt, dessen Angaben (sowie auch alle im Folgenden durchgeführten Messungen) in der Übersichtstabelle in Spalte sechs (siehe Tabelle, nächste Seite) aufgeführt werden.

Vorgehensweise

Zunächst wurde das „kartonfrische“ Lautsprecherchassis gemessen. Hierfür sind zwei Impedanzmessungen nötig, wobei eine Messung ohne und eine Messung mit einer Zusatzmasse durchgeführt wird (Abb. 3). Durch die Erhöhung der bewegten Masse

Anzeige



LESS NOISE . MORE SOUND

NEU!

Schallpegelmesser

Terzband-Analysator

FFT-Analysator

STI-PA Messung

Audioanalysator

XL2

TRAGBARER AUDIO- UND AKUSTIK ANALYSATOR



EXELLINE

Messfunktionen

- Schallpegelmessung nach DIN15905-5 oder SLV 2007 inklusive den geforderten Korrekturwerten
- Misst mehr als 60 verschiedene Schallpegel gleichzeitig inklusive TaktMax und aller Messwerte nach DIN 45645-1*
- Echtzeitspektrum in Terzband- oder Oktavbandauflösung
- Hochauflösendes Zoom-FFT, Auflösung bis 0,4Hz, 5Hz-20kHz*
- RT 60 Nachhall mit Impulsquelle oder Rosa Rauschen Signal-Laufzeit (Delay)
- Polarität von Lautsprechern
- STI-PA Sprachverständlichkeit (optional)
- Pegel RMS 2µV-25V (-112 bis -30 dBU)
- THD+N (Totale harmonische Verzerrung + Rauschen)
- Frequenzen
- Oszilloskop

* optional

Vorteile

- Flexible Bedienung mit vordefinierten Anwenderprofilen
- Parallele Aufnahme von Wav-Dateien zur lückenlosen Dokumentation der gemessenen Schallpegel*
- Gesprochene Kurzkomentare ergänzen Messergebnisse*
- Visuelle Limitanzeige bei Überschreitung der Schallpegelgrenzwerte
- Automatische Sensordetektion (ASD) erkennt elektronisches Datenblatt der Messmikrofone M4260 und M2210
- Mini-SD Karte, 2GB wechselbar
- Eingebauter Lautsprecher zum Abhören des Messsignals
- Echtzeituhr zur Dokumentation aller Messwerte
- Wiederaufladbarer Li-Po Akku inkludiert

* optional

Made in Switzerland

Vertrieb für Deutschland:

Hermann Adam GmbH & Co. KG, Felix-Wankel-Str. 1, 85221 Dachau
Telefon: 08131 28 08-0, Telefax: 08131 28 08-30, info@adam-gmbh.de

www.adam-gmbh.de

Messungen	1. Messung (kartonfrisch)	2. Messung (24 Stunden eingespielt, nicht abgekühlt)	3. Messung (24 Stunden eingespielt, 2 Stunden abgekühlt)
Parameter			
Freiluftresonanzfrequenz (Hz); Fs (Hz)	52,06	38,49	41,38
Gleichstromwiderstand der Spule; R(dc) (Ohm)	5,5	5,88	5,69
Schwingspuleninduktivität bei 1kHz; Le @ 1 kHz (mH)	1,076	1,1	1,075
Gesamtgüte; Qts	0,23	0,2	0,2
elektrische Güte; Qes	0,24	0,21	0,21
mechanische Güte; Qms	5,27	3,51	3,38
mechanisch bewegte Masse inkl. Luftmasse im Nahfeld der Membran; Mms (Gramm)	49,81	61,66	60,98
mechanischer Verlustwiderstand der Aufhängung; Rms (kg/s)	3,093261	4,247417	4,687063
mechanische Nachgiebigkeit der Aufhängung; Cms (m/N)	0,000188	0,000277	0,000243
Äquivalentvolumen der Aufhängung in Relation zu einer komprimierten Luftmasse; Vas (Liter)	76,61	113,18	99,01
akustisch wirksame Oberfläche; Sd (cm²)	539,13	539,13	539,13
Wandlerkonstante zwischen Magnetfeld und Spule; Bl (Tm)	19,128418	20,564602	20,673046
Wirkungsgrad (prozentual); ETA (Prozent)	4,24	2,99	3,2
Wirkungsgrad (Volt / dB); Lp (2,83V/1m) (dB)	100,01	98,2	98,63

Literatur und Weiterführendes

Audioholics: „**Speaker Break In: Fact or Fiction?**“

Link: www.audioholics.com/education/loudspeaker-basics/speaker-break-in-fact-or-fiction
(man beachte auch die dortige Literaturliste am Ende des Artikels)

D'Appolito, Joseph: „**Testing Loudspeakers**“, Audio Amateur Press, Peterborough 1998

Thiele, Neville und Small, Richard: „**Loudspeaker Parameters**“, AES Master Class M1, AES 124th Convention, Amsterdam 2008

Mowry, Steve: „**An Interview with Neville Thiele**“, Voice Coil Magazine 2006;
Link: <http://www.audioxpress.com/magsdirx/voxcoil/interview-thiele105.pdf>

wird die Resonanzfrequenz des Systems herabgesetzt, sodass durch den gewollt herbeigeführten Parameterdrift die eigentlichen TS-Parameter ermittelt werden. Die nötige Rechenarbeit übernimmt eine spezielle Software, wie hier LIMP aus der ARTA-Programmfamilie (Test siehe tools 4 music, Ausgabe 4/2010). Wer sich für das komplette Formelwerk zur Berechnung der Parameter interessiert, dem sei ein Blick in den Infokasten „Literatur und Weiterführendes“ empfohlen. Wichtig ist, dass die Masse ringförmig und möglichst nahe an der

Schwingspule angebracht wird, sodass die Masse „direkt“ aufliegt und nicht mit einem längeren Weg durch die Membran angekoppelt wird, denn so könnte ein zweites, ungewollt schwingfähiges System entstehen, welches nicht mit dem übrigen Lautsprecher in Phase schwingt und somit die Messung verfälscht (**Abb. 4**).

Die Beschwerung bewirkt, wie erwähnt, einen gewollten Drift der Parameter Fs (Resonanzfrequenz) und Mms (bewegte Masse), was sich praktisch zunächst durch eine Ver-

schiebung der Resonanzfrequenz darstellt. Die blaue Kurve zeigt den Impedanzverlauf des Testchassis in seinem Ausgangszustand (**Abb. 5**). Die Resonanzfrequenz liegt bei ca. 52 Hz. Nach Aufbringen der Beschwerung rutscht die Resonanzfrequenz auf etwa 41 Hz. Da die aufgebrachte Zusatzmasse bekannt ist, lässt sich das Gleichungssystem für die Berechnung der TS-Parameter nun lösen. Die Ergebnisse der Parameterberechnung werden in der ersten Spalte der Vergleichstabelle dargestellt.

Einspielen

Nachdem die Parameter im Ausgangszustand gemessen wurden, geht es nun an das eigentliche Einspielen. Dazu wird der Lautsprecher über 24 Stunden „eingewobbelt“, was bedeutet, dass er mit einem Sinussignal niedriger Frequenz (im konkreten Fall 15 Hz) beaufschlagt wird. Da bei dieser Frequenz kaum nennenswert hörbarer Schall abgestrahlt wird, ist dieses Verfahren auch für das soziale Umfeld (Nachbarn) sehr verträglich. Das Chassis muss über diesen Zeitraum deutlich sichtbar auslenken, sodass sowohl die Sicke als auch die Zentrierspinne etwas „gestreckt“ werden. Eine Auslenkung

4. Messung (24 Stunden eingespielt, 36 Stunden abgekühlt)	Hersteller- datenblatt
44,47	48
5,59	5,5
1,069	1,8
0,21	0,21
0,22	0,22
3,96	6,4 ¹
66,02	62
4,652806	keine Angabe ²
0,000194	keine Angabe ³
79,19	70
539,13	530
21,595999	21,5
3,03	3,1
98,47	97,5

¹ Wert nicht plausibel, rechnerisch ergibt sich 3,619

² rechnerisch ergibt sich 5,0 (wenn $Q_{ms} = 3,619$)

³ rechnerisch ergibt sich 0,00018

von wenigen Millimetern ist ausreichend, je nach Größe des Chassis und dafür vorgesehenem, linearem Auslenkungsbereich kann der notwendige Wert aber variieren. Im konkreten Fall lenkte das Chassis etwa 2 mm in jede Richtung aus, was angesichts der Angabe des Herstellerdatenblatts von 34 mm bis zum mechanischen Schadensfall („peak to peak“) ein ausreichender Wert ist. Nach der 24-stündigen Einspielphase

wurden die bekannten Messungen direkt und ohne eine Abkühlphase wiederholt (siehe Spalte drei in Vergleichstabelle).

Zwei weitere Messungen im Abstand von zwei und 36 Stunden zum Ende der Einspielphase werden in Spalte vier und fünf der Tabelle dargestellt.

Interpretation

Welche Werte haben sich durch das Einspielen nun verändert? Dazu sollte zunächst dem Parameter F_s (Freiluftresonanzfrequenz) Beachtung geschenkt werden. Im Ausgangszustand lag dieser noch bei ca. 52 Hz. Nach der Einspielphase und noch mit „heißer“ Schwingspule ergibt sich eine deutliche Verschiebung auf ca. 39 Hz. Nach zweistündiger Abkühlung werden schon 41 Hz gemessen, nach einer noch längeren Ruhephase stabilisiert sich der Wert schließlich auf etwa 45 Hz. Durch das Einspielen des Chassis sinkt also dessen Resonanzfrequenz, wobei dieser Parameterdrift langzeitstabil zu sein scheint. Ein ähnlicher Verlauf der Werteänderung lässt sich auch beim Parameter V_{as} (Luftvolumen, dessen Steifigkeit dem der Membranaufhängung äquivalent ist) feststellen. Der Wert sinkt durch das 24-stündige „Weichklopfen“ von 77 Liter auf 113 Liter ab, stabilisiert sich aber nach 36-stündigem Ruhen auf 79 Liter. Ebenso zeigt der Parameter C_{ms} (die mechanische Nachgiebigkeit der Aufhängung), dass durch das Einspielen zunächst eine starke Ver-



Abb. 4: Die selbsthaftende Testmasse wird symmetrisch auf dem Chassis angebracht

schiebung nach unten einsetzt (sprich, die Aufhängung wird „weicher“), er sich aber nach der Abkühl- und Ruhephase auf einen Wert stabilisiert, der leicht unter dem Ausgangswert liegt.

Insgesamt betrachtet ist also festzustellen, dass der Einspielvorgang vor allem die mechanischen Eigenschaften der Aufhängung beeinflusst hat. Infolgedessen sank die Resonanzfrequenz des Lautsprechers. Welchen Einfluss hätten die veränderten Werte nun auf den Frequenzgang des Lautsprechers in der Praxis?

Auswirkungen

Die gemessenen TS-Parameter wurden zu Vergleichszwecken in ein Simulationsprogramm eingetragen, wobei die Datensätze aus Spalte zwei („kartonfrisch“, schwarze Kurve) und Spalte fünf (24 Stunden einge-

Anzeige

prolight+sound (6. - 9. 4. 2011)
KV2/KX Audio - Halle 8.0 Stand J26

the future of sound

KX audio™

IAD GmbH Johann-Georg-Halske-Str. 11 41352 Korschenbroich
Tel. +49(0)2161.617830 Fax +49(0)2161.6178350 Internet: www.iad-audio.de

IAD
International Audio Distribution

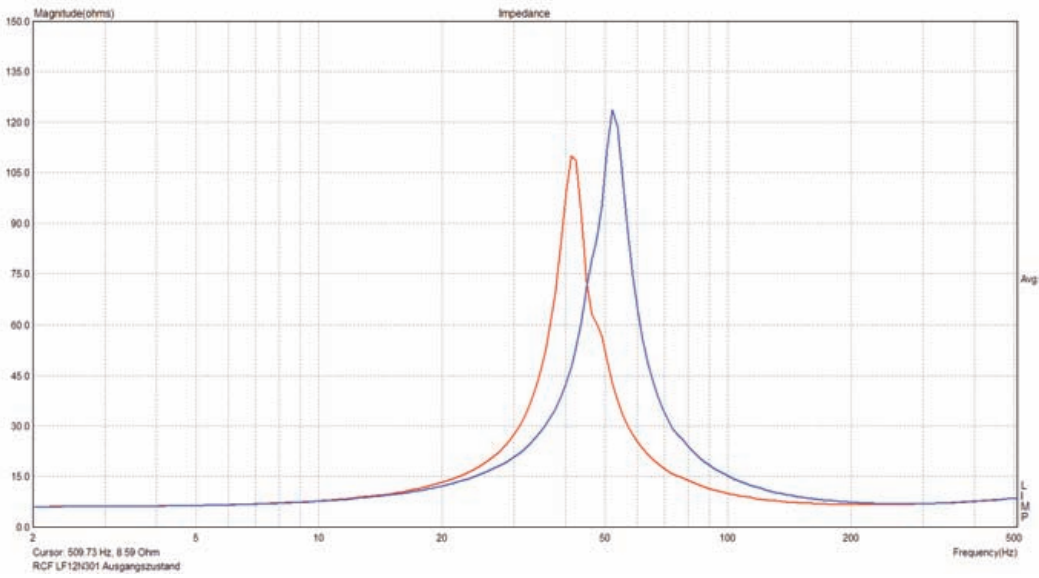


Abb. 5: Impedanzmessungen im Bereich 2 bis 500 Hz mit (blau) und ohne (rot) Testmasse zur Ermittlung der TS-Parameter – das Zusatzgewicht bewirkt eine Verschiebung der Resonanzfrequenz zu einer tieferen Frequenz

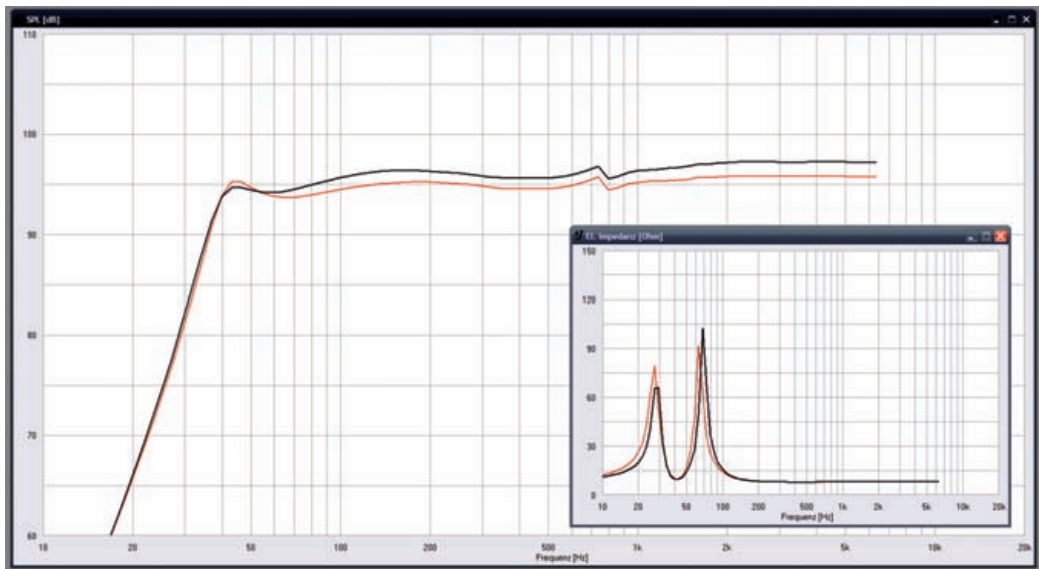


Abb. 6: Simulation der gemessenen TS-Parameter im Direktvergleich – Datensätze des „neuen“ (schwarz) und des „eingespielten“ Chassis (rot)

spielt mit 36 Stunden Ruhephase, rote Kurve) verwendet wurden (Abb. 6). Simuliert wurde ein Bassreflexgehäuse mit einem auf 40 Hz abgestimmten Resonator. Zunächst fällt der allgemeine Wirkungsgradunterschied von 1,5 dB auf, der so ja auch schon in der Tabelle abzulesen war (siehe dort: L_p (2,83 V / 1m) (dB)). Darüber hinaus ist im Bereich um 45 Hz zu sehen, dass die rote Kurve (das eingespielte Chassis) die schwarze Kurve etwas überragt – der Wirkungsgrad ist hier also etwas höher.

Der hörbare Unterschied zwischen dem eingespieltem und dem nicht eingespieltem Lautsprecher dürfte daher zwar gering, aber immer noch im Bereich des Wahrnehmbaren sein. Es stellt sich nun die Frage, ob die an einem Beispiellautsprecher gewonnenen Erkenntnisse einfach so auf andere Lautsprecher übertragbar sind. Die Antwort hierauf gestaltet sich schwierig. So könnte ein breithart eingespannter 18-Zoll-Tieftöner mit dreifacher, harzgetränkter Zen-

trierspinne eine deutlich stärkere Parameterdrift an den Tag legen als ein Hi-Fi-Breitbandlautsprecher mit zarter Schaumstoffsicke und besonders weitmaschig gewebter Zentrierspinne. Sprich – je stärker die mechanischen Verluste in einem System bereits konstruktionsbedingt angelegt sind, desto wahrscheinlicher ist es auch, dass ein „Einspielen“ zu einer merklichen Verschiebung der TS-Parameter führt.

Ebenso schwierig ist die Frage nach der Reversibilität bzw. Langzeitstabilität der Parameter. Diese bleibt zwar spannend, muss an dieser Stelle jedoch aus Platzgründen unbeantwortet bleiben – gegebenenfalls wird ein Folgeartikel weiter auf dieses Thema eingehen.

Finale

Im Rahmen dieses Tests wurde ein Beispiellautsprecher vor und nach einer 24-stündigen Einspielphase gemessen. Dabei zeigte sich ein Parameterdrift, der primär die mechanischen Eigenschaften der Aufhängung betraf. Durch Einfügen der Daten in ein Simulationsprogramm konnte gezeigt werden, dass sich die Wiedergabeeigenschaften als Folge des Einspielens ändern. Auch wenn die simulierten Unterschiede gering waren, wurde deutlich, dass das Einspielen nicht ohne Folgen blieb. Eine Verallgemeinerung dessen fällt jedoch aus den genannten Gründen schwer, sodass hieraus keine einfache Faustregel zum Thema „Einspielen von Lautsprechern“ abgeleitet werden kann.

Wenn nun zu einem Hörvergleich unterschiedliche Kandidaten gegenübergestellt werden sollen, kann es durchaus sinnvoll sein, alle einzuwobeln, um die eventuell auftretenden Unterschiede abzufangen. Wichtig ist, diese Einspielphase vor dem eigentlichen Hörtest stattfinden zu lassen. So würde eine Variable, die den Höreindruck beeinflussen könnte, im Vorfeld minimiert.

Unter dem Strich haben die Ohren wieder mal das „letzte Wort“. Und über deren „Bewertung“ lässt sich in ästhetischer Hinsicht wie gewohnt trefflich diskutieren. ■