

# WO UND WIE?

## Messbedingungen bei Lautsprechertests, Teil 3

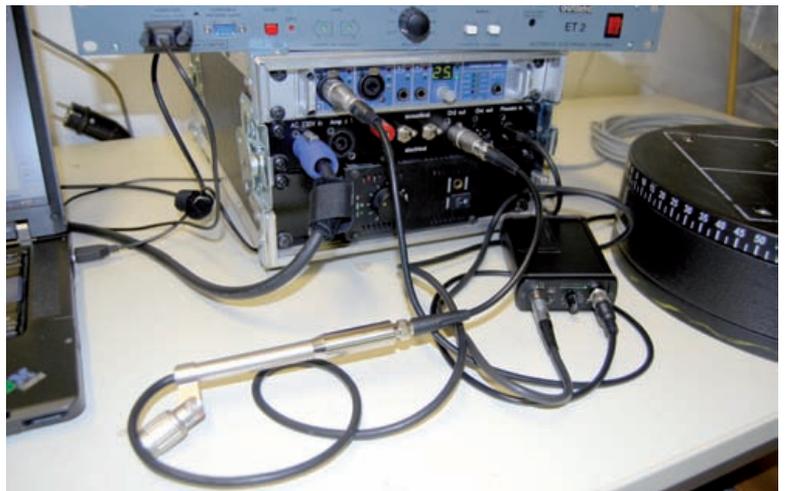
Von Fabian Reimann

In den letzten beiden Ausgaben haben wir bereits dargestellt, aus welchen Gründen es zu Abweichungen zwischen den von uns ermittelten Werten und Angaben aus Herstellerdatenblättern kommen kann. Neben der „richtigen“ Auswahl der anzugebenden Parameter spielt auch eine Rolle, unter welchen Bedingungen die Werte überhaupt zustande gekommen sind. Um eine Vergleichbarkeit auch in Zukunft herzustellen, soll es in diesem Artikel um das grundsätzliche Prozedere und die verwendete Messtechnik beim Test eines Lautsprechers in tools 4 music gehen.

Wenn nicht anders angegeben, nutzen wir für Messungen an Lautsprechern schon seit einiger Zeit den reflexionsarmen Messraum (kurz: RAR) im Bereich Technische Akustik der TU Berlin. Der Raum verfügt über eine begehbare Fläche von etwa 126 m<sup>2</sup>, die aus einem Netz gespannter Stahlseile besteht. Die untere Grenzfrequenz, bis zu der reflexionsfrei gemessen werden kann, liegt bei 63 Hz. Diese Frequenz resultiert aus der Länge der an den Wänden befestigten Keile aus schallabsorbierendem Material, die im konkreten Fall circa 1,4 m lang sind, was einem Viertel der zu absorbierenden Wellenlänge von 63 Hz entspricht. Mit einer Raumdiagonale von 14 m sind auch Messungen an Lautsprechern „größeren Kalibers“ möglich.



**Abb. 1:** Der Arbeitsplatz im Vorraum des reflexionsarmen Raums (kurz RAR) in der TU Berlin. Neben den versammelten Messgerätschaften des Autors steht auch ein kleiner Monitor zur Verfügung, der mit einer Kamera im Messraum verbunden ist. So lässt sich zum Beispiel erkennen, wenn das Messmikrofon im Stativ nach unten kippt, die Box vom Drehteller fällt oder sonstige „Katastrophen“ eintreten.



**Abb. 2:** Microtech Gefell Impedanzwandler MV-203, der mit der Ersatzkapazität K-65 (anstelle einer Messmikrofonkapsel) abgeschlossen ist. In den oberen BNC-Eingang kann nun ein Messsignal eingespeist werden, um das komplette Messsystem auf einmal testen zu können. USB- auf RS-232-Adapter (wie hier im Bild) zum Anschluss des Outline-Steuerteils funktionieren übrigens prinzipiell nicht, es ist immer ein „echter“ LPT-Port nötig.

Im Vorraum (**Abb. 1**) können die für die Messungen benötigten Kabel über ein dünnes Rohr in den Messraum durchgeschoben werden. Bei den Messungen selbst ist die ebenfalls keilbewehrte Tür zum Raum geschlossen.

### Verwendete Messtechnik

Dreh- und Angelpunkt der verwendeten Technik ist die ARTA-Software-Familie des kroatischen Elektrotechnik-Professors Ivo Mateljan (vgl. Tabelle mit unterschiedlicher Mess-Software in tools 4 music, Ausgabe 4/2011).

Mit ARTA und den beiden anderen Programmteilen STEPS und LIMP können alle nötigen Signale zur Messung von akustisch-/elektrischen Eigenschaften von Lautsprechern erzeugt werden. Die Signale werden über ein RME „Fireface 400“ Audiointerface ausgegeben und die vom Lautsprecher zurückkommenen Signale aufgezeichnet. Als Messmikrofone kommen diverse Modelle von Microtech Gefell zum Einsatz, die nach dem jeweiligen Einsatzzweck ausgewählt werden. Gemein ist den verschiedenen Messmikrofonkapseln, dass sie mit dem Impedanzwandler MV-203/MV-302 verbunden werden. Zu Testzwecken lässt sich auf diesen – anstelle einer Mikrofonkapsel – auch eine sogenannte Ersatzkapazität aufschrauben (**Abb. 2**). Sie schließt den Eingang am Impedanzwandler mit einer mikrofontypischen Kapazität ab und erlaubt es zudem, ein Messsignal einzuspeisen.

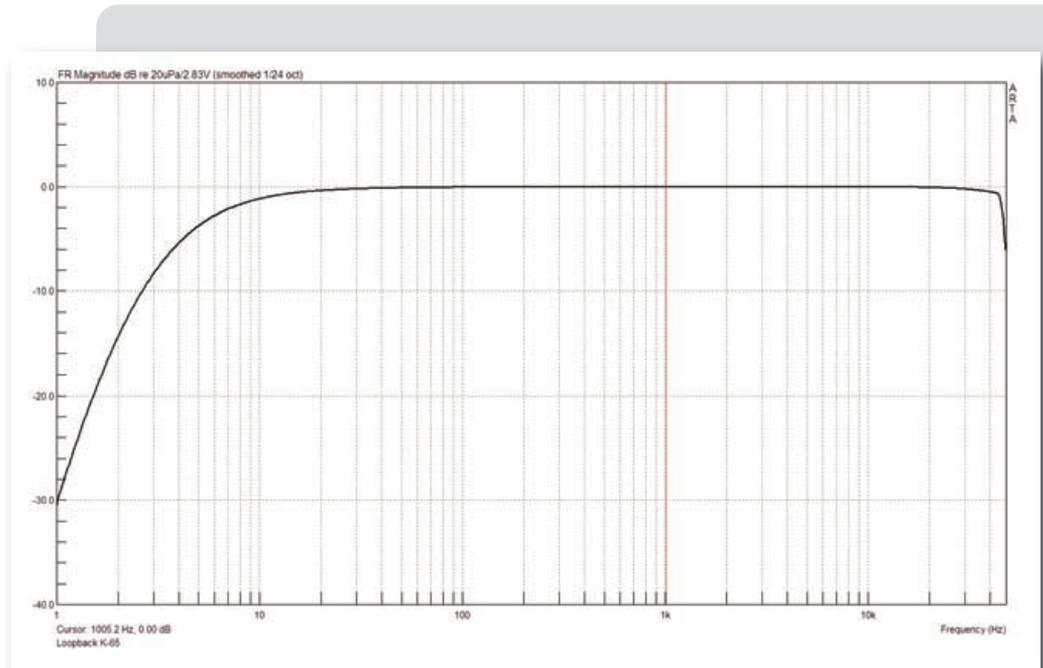
Sinn und Zweck dieser Übung ist es, das komplette Messsystem (bis auf die Kapseln) einem Test zu unterziehen, um möglichen Ungenauigkeiten auf den Grund gehen zu können. Das Ergebnis der Messung mit der Ersatzkapazität K-65 wird in **Abb. 3** gezeigt. Im relevanten Bereich von 20 Hz bis 20 kHz zeigt sich ein idealer, waagerechter „Strich“ im Frequenzgang – man kann also davon ausgehen, dass das Messsystem in Ordnung und für die Messungen bereit ist.

Infolgedessen wird eine passende Messmikrofonkapsel aufgeschraubt

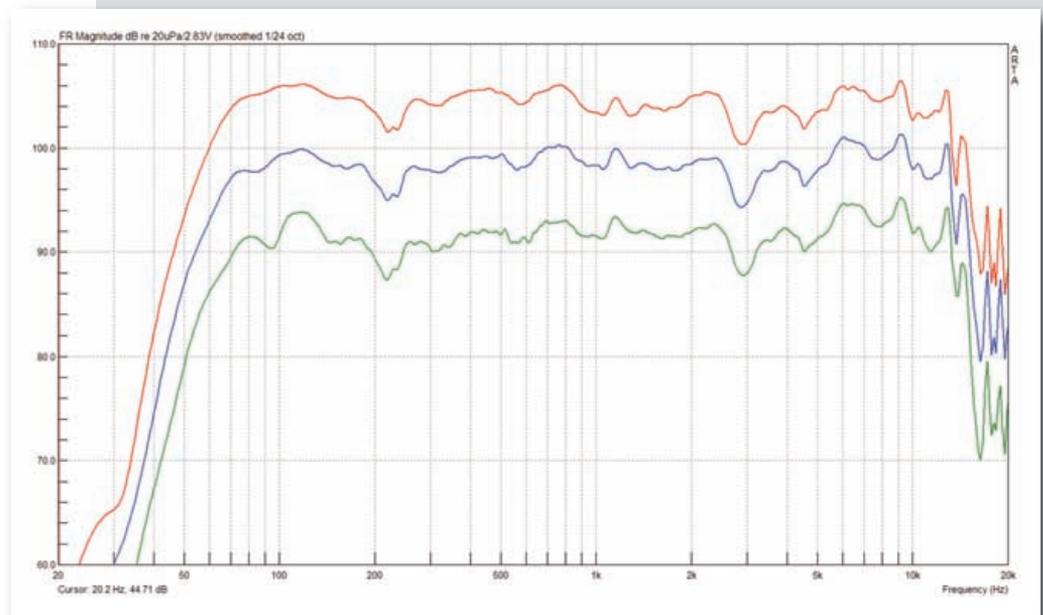
(im konkreten Fall die ½-Zoll-Kapsel MK-201) und das Messsystem mit einem Schallpegelkalibrator von Brüel & Kjær, der bei 1 kHz einen Schalldruckpegel von 94 dB ( $\pm 0,3$  dB) erzeugt, auf absolute Pegel kalibriert.

### Messungen im reflexionsarmen Raum

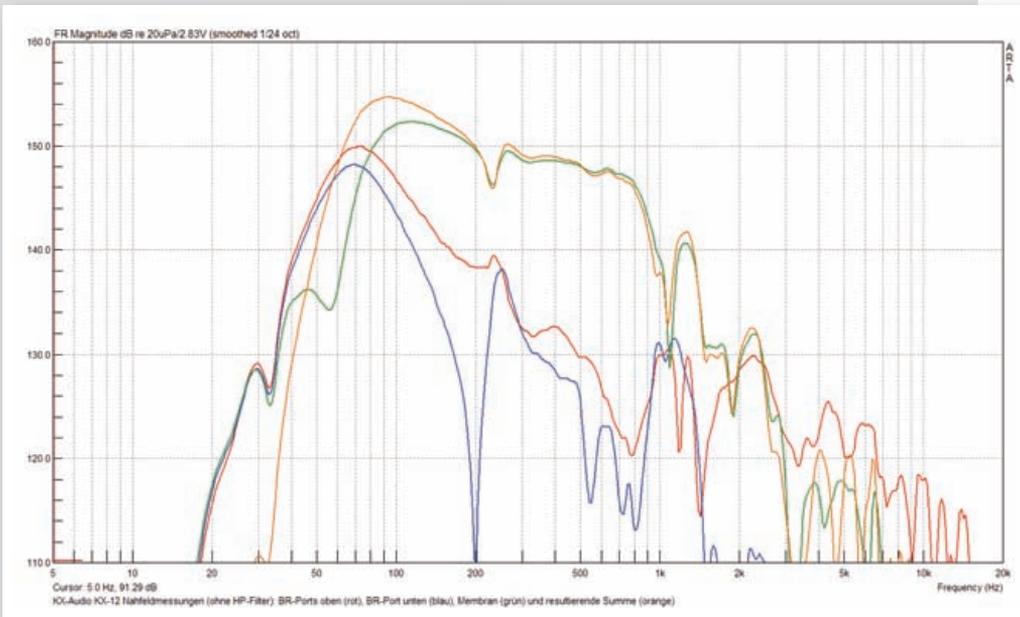
Der zu messende Lautsprecher wird auf einem Stativ in der Raumecke aufgestellt. Im Regelfall (wenn es mechanisch mit vertretbarem Aufwand machbar ist) wird für die Messungen



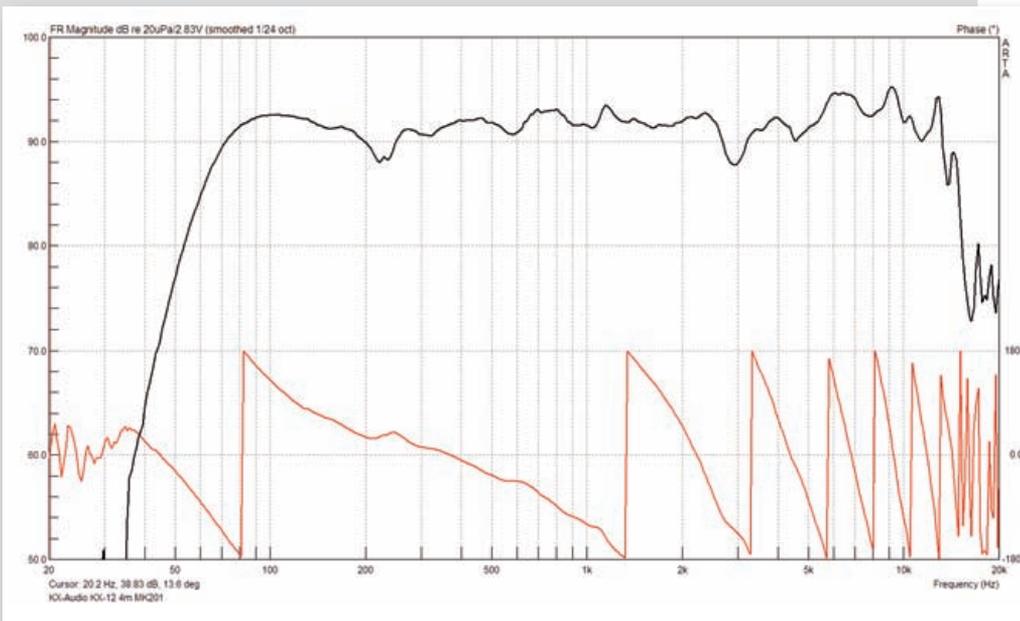
**Abb. 3:** Loopback-Messung am K-65 (die -3 dB Eckfrequenzen liegen bei 6 Hz bzw. 46 kHz)



**Abb. 4:** Frequenzgang des Lautsprechers (siehe Abb. 4) in verschiedenen Entfernungen (rot = 1 m, blau = 2 m, grün = 3 m, Zeitfenster 80 ms, Mikrofon auf den Punkt zwischen Hoch- und Tieftöner ausgerichtet)



**Abb. 5:** Nahfeldmessungen am Lautsprecher zur reflexionsfreien Messung des unteren Frequenzbereiches (rot = obere Bassreflexöffnung, blau = untere Bassreflexöffnung, grün = Membran, orange = resultierende Summe)



**Abb. 6:** Frequenz- und Phasenverlauf, zusammengesetzt aus der Freifeldmessung in 4 m Abstand und den aufsummierten Nahfeldmessungen an den Bassreflexöffnungen bzw. der Membran

das Schutzgitter abgenommen, da auch nur so eine korrekte Ausrichtung des Mikrofons möglich ist. Nun kommt die Frage nach dem „richtigen“ Messabstand auf. Orientiert man sich an der Empfehlung der AES, so sollte der Messabstand mindestens das Vierfache der effektiven Strahler-

fläche betragen. Im konkreten Fall wären das etwa 65 cm (etwas weniger als die Gesamthöhe der Box), sodass mindestens 2,6 m Abstand zum Lautsprecher einzuhalten ist. Unterschreitet man diesen Abstand, wird der gemessene Frequenzgang unter Umständen nicht mehr korrekt dar-

gestellt. So wäre es im Fall der hier zu messenden 12-Zoll/1,4-Zoll-Box auch möglich, dass das Mikrofon in einem zu großen vertikalen Winkel zum Hochtonhorn steht und der gemessene Frequenzgang „zu wenig Höhen“ zeigt.

Der Einfachheit halber würde eine Box dieser Größenordnung in 4 m Abstand gemessen werden. So liegen einerseits sicher Fernfeldbedingungen vor, zum anderen beträgt die Pegeldifferenz zum normierten Messabstand von 1 m genau 12 dB, was das Kopfrechnen im Vergleich zu „krummen“ Abstandswerten etwas vereinfacht.

Jedoch tut sich bei der Wahl größerer Messabstände ein weiteres Problem auf. Auch sehr große, reflexionsarme Räume verschlechtern bei tieferen Frequenzen ihre Absorptionseigenschaften. Um das zu zeigen, wurde der zu testende Lautsprecher in Abständen von 1 m, 2 m und 4 m gemessen (**Abb. 4**). Während die Kurven oberhalb von 150 Hz um jeweils 6 dB auseinanderliegen, jedoch einen weitgehend identischen Verlauf zeigen, kann man im Bereich unter 150 Hz eine zunehmende Schwankung bei größer werdendem Messabstand erkennen. Um den (Tief-)Bassbereich sicher messen zu können, sind daher ergänzende Nahfeldmessungen nötig. Dafür wird das Messmikrofon sehr nah an die Membran und eventuell vorhandene Resonatoröffnungen herangestellt. Dadurch, dass der Direktschall im Nahfeld deutlich lauter als eventuelle Reflexionen ist, können Raumrückwirkungen sicher ausgeblendet werden. Ein Beispiel für derartige Messungen zeigt **Abb. 5**. Die Einzelmessungen werden anschließend komplex aufsummiert und die resultierende Gesamtkurve phasenetzig an die eigentliche Frequenzgangkurve angehängt. Da durch die Nahfeldmessung die Gültigkeit des Frequenzverlaufs mit steigender Frequenz abnimmt, geschieht dies meist im Bereich um 100 Hz.

Das Ergebnis – der Gesamtfrequenzgang mit dazugehörigem Phasenverlauf – wird in **Abb. 6** dargestellt. Da es sich beim hier gemessenen Lautsprecher um eine Aktivbox (also



**Abb. 7:** Messaufbau im reflexionsarmen Raum mit Messmikrofon (Microtech Gefell Impedanzwandler MV-203 mit Messmikrofonkapsel MK-201) in vier Metern Entfernung zum Lautsprecher. Die Schaumstoffstücke unter den Steckern dienen weniger der Unterdrückung von Reflexionen, sondern verhindern vielmehr Brummschleifen über das nicht ummantelte Stahlseilnetz, welches im RAR die begehbare Fläche bildet.

mit integriertem Verstärker- bzw. DSP-Modul) handelt, zeigt die Y-Achse nicht den Wirkungsgrad des Lautsprechers bezogen auf eine bestimmte Klemmenspannung, sondern lediglich den Schalldruckpegel am Mikrofon bei der Messung.

### Messung des Grundrauschens bei Aktivboxen

Leider nicht in der aktuellen Lautsprecher-Norm (DIN EN 60268-5:2003) beschrieben ist die Messung des Grundrauschens bei Aktivboxen. Daher haben wir ein eigenes, einfach durchführbares Verfahren festgelegt. Die zu messende Box wird in einer Raumecke des RAR aufgestellt und

mit einem besonders rauscharmen Messmikrofon (hier mit Microtech Gefell MK-102, siehe **Abb. 8**) in 0,5 m Abstand zur Frontplatte gemessen. Dabei ist zu beachten, dass, obwohl der RAR sehr leise ist, geringe Störungen durch im Betrieb befindliche Teststände oder vorbeifahrende LKWs möglich sind. Daher erfolgt vor und nach der Messung des Grundrauschens der Box noch eine Messung mit ausgeschalteter Box. Messungen werden erst dann als „sicher“ akzeptiert, wenn der Abstand zwischen dem Grundrauschen des Messsystems und dem gemessenen Rauschpegel der Aktivbox mindestens 6 dB beträgt.



**Abb. 8:** Geräuschmessung in 0,5 m Entfernung zur Boxenfront mit der hochempfindlichen und sehr rauscharmen Messmikrofonkapsel MK-102

Alle Messungen werden über den Zeitraum von 1 min aufgezeichnet und anschließend der A-bewertete, äquivalente Dauerschallpegel berechnet. So werden auch eventuelle kurzzeitig auftretende Störgeräusche wie ratternde Lüfterlager oder Störgeräusche aus dem Hochtöner durch Netzteilartefakte während des Messintervalls erfasst.

### Finale

Wir hoffen, mit diesem Artikel einen weiteren Einblick in die Messbedingungen bei den hier immer wieder thematisierten Lautsprechertests gegeben zu haben. Weiterführende Fragen beantworten wir gerne – einfach eine Mail schicken an [redaktion@tools4music.de](mailto:redaktion@tools4music.de) oder die Anfrage auf der tools-Facebook-Seite posten. ■

Anzeige

[www.ferrofish.de](http://www.ferrofish.de)

Testbericht in tools 4 music 3/2011



## A16 MK-II

2 x 16 Channel AD/DA Converter

### analog

- 192kHz / 24Bit AKM Wandler
- gain / level einzeln einstellbar
- volle Kontrolle aller Ein- und Ausgangspegel über zwei TFT Screens

### digital

- 64+64 Ch. MADI
- 16+16 Ch. ADAT
- BNC Wordclock

### control

- MIDI Interface
- komplett fernsteuerbar
- flexibles Routing

Top Ausstattung zum unschlagbaren Preis!



**FERROFISH**  
advanced audio applications