

Was ist schon NORMAL?

Normalisierung von Isobarendiagrammen

Von Fabian Reimann

Isobarendiagramme sind dem tools 4 music-Leser mittlerweile wohlbekannt. Sie dienen dazu, das räumliche Abstrahlverhalten von Lautsprechern zu visualisieren. Leider ist die Interpretation derselben manchmal nicht ganz einfach. Es ist daher hilfreich zu wissen, wie die Abbildungen überhaupt zustande kommen und welche Daten sie auf welche Weise darstellen.

Isobaren, als Zonen gleichen (Luft-) Drucks, kennen viele Leser auch aus dem Wetterbericht. In den Wetterkarten werden Tief- und Hochdruckgebiete, die für Schlecht- oder Schönwetterzonen stehen, durch Linien abgetrennt dargestellt. Nor-

miert werden die Luftdruckangaben nach der sogenannten Normalnull, was vereinfachend dargestellt der Höhe des Meeresspiegels entspricht. Nur so können die Luftdruckwerte, von unterschiedlich hoch gelegenen Messstationen ermittelt, in einer ge-

meinsamen Karte dargestellt werden. Bei den für die Darstellung des Abstrahlverhaltens bekannten und im Zentrum dieser Ausführungen stehenden Isobarendiagrammen ist ebenfalls eine Normalisierung notwendig, um die gewünschten Informationen ablesbar zu machen.

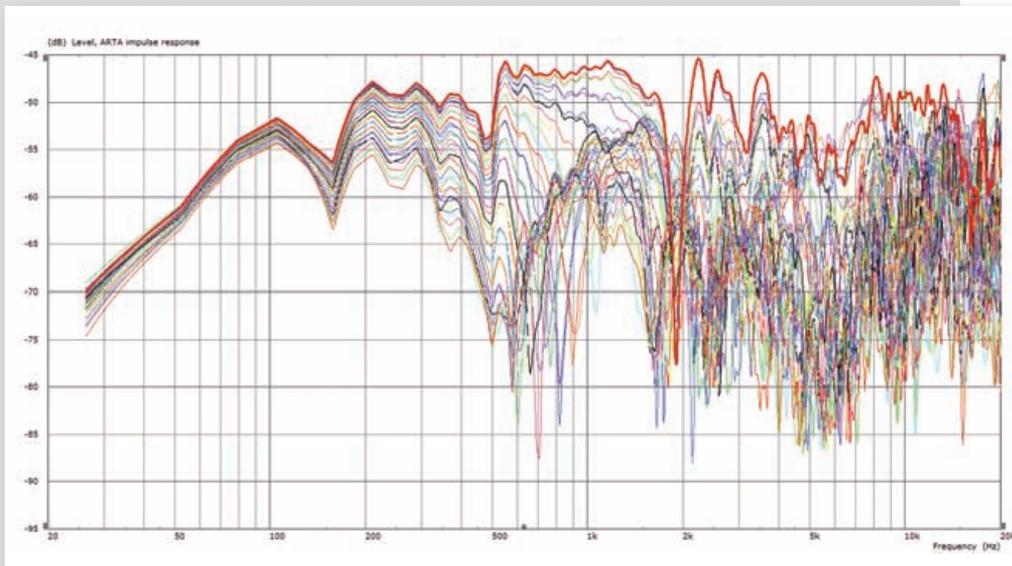


Abb. 1: Eine Vielzahl von Einzelmessungen, die als Rohdaten für ein Isobarendiagramm dienen (0-Grad-Messung in rot hervorgehoben); die hier gezeigten Messungen zeigen zwei Renkus-Heinz-Toppteile (vgl. Test in dieser Ausgabe), die nebeneinanderstehend auf dem Drehteller gemessen wurden

Rohdaten und Normalisierung

Um das räumliche Abstrahlverhalten eines Lautsprechers zu messen, wird dieser auf einen Drehteller gestellt und in definierten Winkelschritten um seinen Schallentstehungsort (meist vereinfachend die Schallwandebene oder der geometrische Mittelpunkt des Gehäuses) gedreht. Für jeden Winkelschritt wird eine Frequenzgangmessung durchgeführt. Für eine Messung des Abstrahlverhaltens im Bereich ± 90 Grad mit einer Winkelauflösung von 5 Grad sind demnach 37 Messungen nötig. In der Einzeldarstellung kann so etwas schnell unübersichtlich werden, wenn viele Einzelkurven einen undurchsichtigen „Farbteppich“ auf dem Bildschirm entstehen lassen (Abb. 1).

Zudem lässt sich der wichtige (und frequenzabhängige) -6-dB-Bereich, der zur Angabe des nominellen Abstrahlwinkels dient, nur mit großer Mühe ablesen.

Mithilfe eines Isobarendiagramms können diese Rohdaten in Form vieler Einzelkurven deutlich übersichtlicher dargestellt werden, indem sie die Messungen in einer quasi-dreidimensionalen Ansicht „stapeln“. Durch Zuordnung in farblich abgetrennte Wertebereiche (in den später gezeigten Beispielen in Schritten von 3 dB) wird das Ablesen erleichtert. Da sich das Abstrahlverhalten eines Lautsprechers über den frequenzabhängigen Pegelabfall zur Bezugsachse definiert, wird die dazugehörige Darstellung üblicherweise auf die 0-Grad-Achse normalisiert. Natürlich sind auch beliebige andere Normalisierungen denkbar, wir wollen uns hier jedoch auf den meistverbreiteten Anwendungsfall beschränken.

Beispielhaft sollen hierfür die Messungen der vertikalen Abstrahlung aus dem Test des Renkus-Heinz CF/CFX-101-Systems (vgl. Test in dieser Ausgabe) herangezogen werden. Der besseren Anschaulichkeit halber schauen wir uns zunächst eine stark reduzierte Anzahl von Einzelkurven in einer gemeinsamen Darstellung an, die dem oben gezeigten Datensatz entstammen. **Abb. 2** zeigt drei Kurven – die 0-Grad-Messung (rot) sowie zwei Messungen neben der Achse bei 15 Grad (blau) und 30 Grad (grün). Beachtenswert ist vor allem der Bereich um die 1,9 kHz bei der 0-Grad-Kurve, der einen tiefen, interferenzbedingten Einbruch zeigt, der ursächlich auf den großen mechanischen Versatz zwischen den Lautsprecherchassis von etwa 30 cm zurückgeht.

Zum Zweck der Normalisierung wird die 0-Grad-Kurve als „Normal“ angenommen. Sie erscheint in **Abb. 3** deswegen als einfacher „Strich“ mit über der Frequenz konstantem Betrag von 0 dB. Die in **Abb. 2** gezeigten zwei weiteren Kurven werden von diesem Vergleichsnorm subtrahiert. Nach der Normalisierung ergeben sich durch den erwähnten interferenzbedingten Einbruch auf der 0-Grad-Kurve vor allem im Bereich um die 1,9 kHz sehr große, positive Differenzwerte von bis zu +20 dB.

In der Isobarendarstellung mit derselben Normalisierung kommt es nun zu einem beachtenswerten Effekt – durch die großen, positiven Differenzwerte wird um 2 kHz ein extrem breiter Abstrahlwinkel angezeigt, der bis an den Rand der Darstellungsfläche von ± 90 Grad

(und darüber hinaus) reicht (**Abb. 4**). Ein derartig großer Abstrahlwinkel ist natürlich physikalisch unmöglich, da es sich bei den hier gemessenen Line-Array-Topteilen um relativ stark richtende Lautsprecher und nicht etwa um Kugelstrahler handelt.

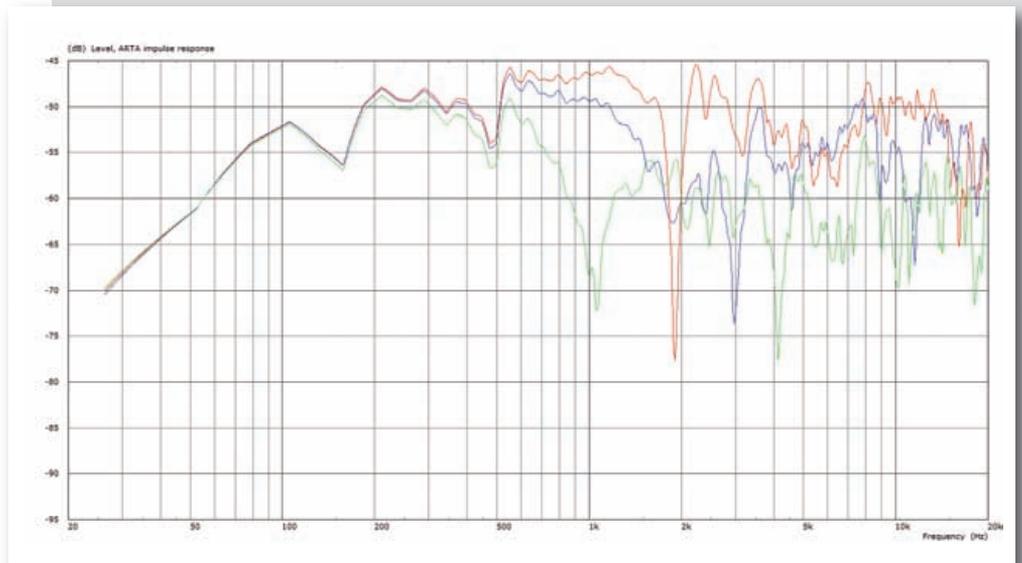


Abb. 2: Detaildarstellung des 0-Grad-Frequenzgangs (rot); weitere Kurven zeigen die Messungen bei 15 Grad (blau) und 30 Grad (grün)

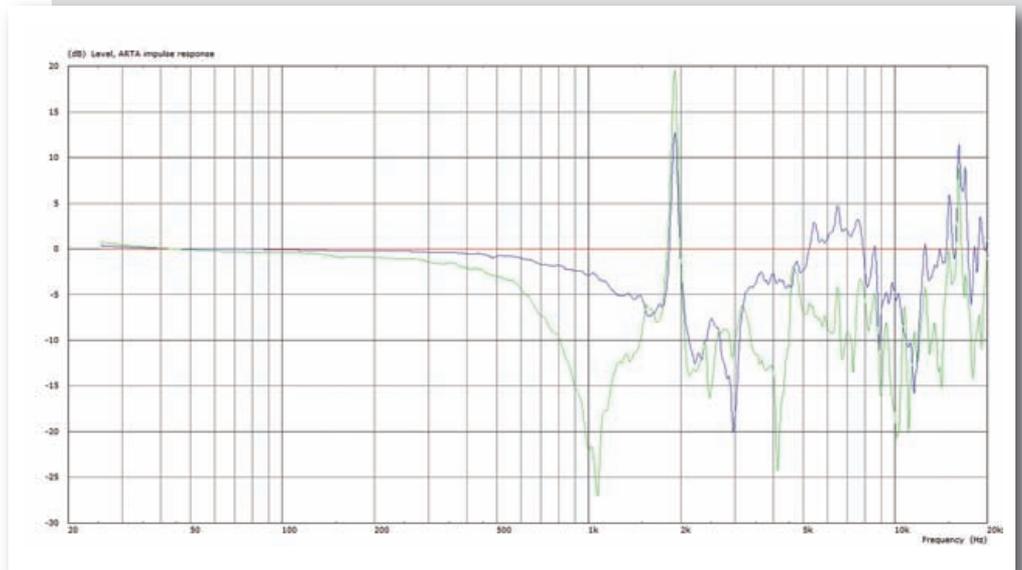


Abb. 3: Die 0-Grad-Messung wurde für die Normalisierung als Bezugswert festgelegt (rot); die 15-Grad- (blau) und die 30-Grad-Kurve (grün) zeigen die Differenz zu der 0-Grad-Messung

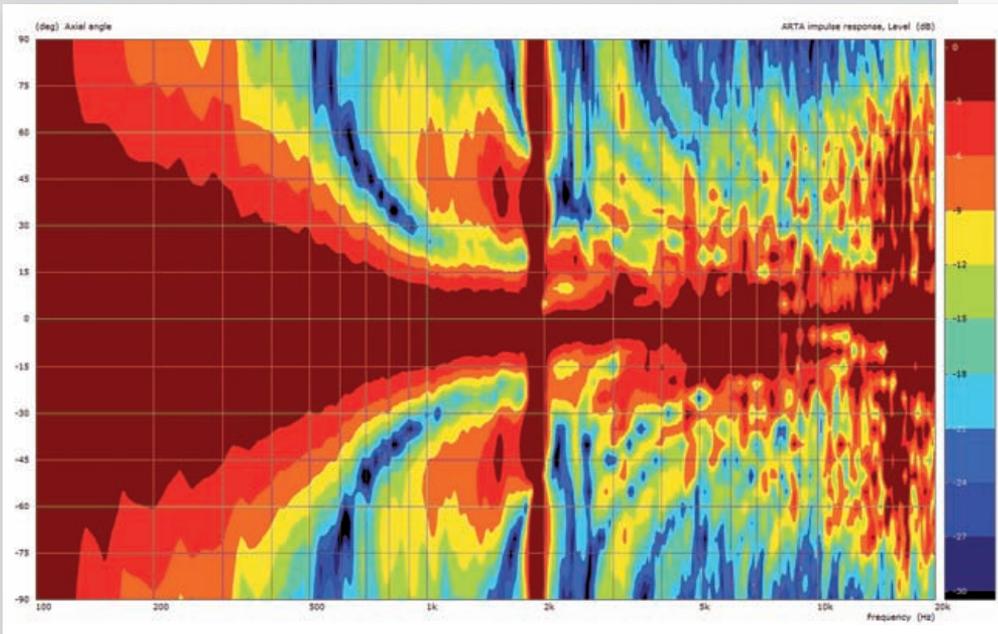


Abb. 4: Isobarendarstellung mit Normalisierung auf die 0-Grad-Achse; im Bereich um 2 kHz kommt es zu einer scheinbaren Aufweitung, die durch den Einbruch auf der Mittenachse bedingt wird

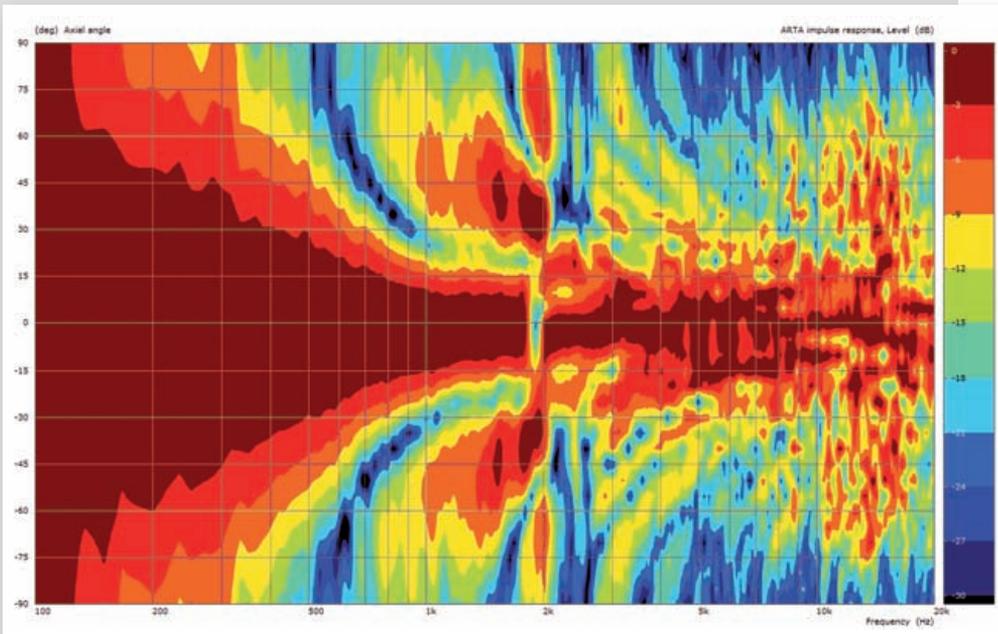


Abb.5: Isobarendarstellung mit Normalisierung auf die gemittelte Maximalamplitude

Da die Isobarendarstellung wie beschrieben die Differenz der Einzelmessungen zur 0-Grad-Achse darstellt, handelt es sich insofern um einen Darstellungsfehler, der das Ablesen des tatsächlichen Öff-

nungswinkels bei dieser Frequenz verhindert.

Alternativen?

Neben der weitverbreiteten 0-Grad-Normalisierung könnte man Isoba-

rendiagramme auch auf die gemittelte Maximalamplitude beziehen, sodass nur Werte ≤ 0 dB dargestellt würden (Abb. 5). Zwangsläufig werden Einbrüche beim 0-Grad-Frequenzgang dann auch in den Isobaren als Einbruch dargestellt.

Durch diese alternative Normalisierung ist die Darstellung in jedem Fall etwas eingängiger und leichter interpretierbar, da Darstellungsfehler wie „scheinbare Aufweitungen“ und dergleichen nicht mehr bedacht werden müssen. Neben der bereits mehrfach erwähnten Problemstelle bei 1,9 kHz zeigt diese alternative Darstellung auch in anderen Frequenzbereichen (zwischen 5 und 8 kHz sowie oberhalb von 15 kHz) noch kleinere Unterschiede auf.

Zugegebenermaßen handelt es sich bei den für diesen Artikel verwendeten Messungen um „Extrembeispiele“, da nur die wenigsten Lautsprecher derartig ausgeprägte Interferenzen an den Tag legen. Demzufolge ist das Darstellungsproblem mit der 0-Grad-Normalisierung bei Lautsprechertests nicht ganz so prominent – anhand dieses Beispiels konnten die Zusammenhänge jedoch besonders deutlich gezeigt werden.

Finale

Die Normalisierung von Isobarendiagrammen auf die 0-Grad-Achse ist gängige Praxis und erleichtert das Ablesen des räumlichen Abstrahlverhaltens von Lautsprechern. Bei starken Interferenzeffekten aufseiten des Lautsprechers kann die Darstellung jedoch an ihre Grenzen kommen und (durch die 0-Grad-Normalisierung) fehlerhafte Abstrahlwinkel darstellen. Für den Vergleich derartiger Abbildungen spielt es also eine wesentliche Rolle, dass die Bezugsgröße für die Normalisierung bekannt ist. Bei Unregelmäßigkeiten in den Isobaren hilft meist nur ein Blick auf die Frequenzgangmessung, um der Ursache auf den Grund zu gehen. Finden sich dort scharfe Einbrüche auf der 0-Grad-Achse, stehen die Chancen nicht schlecht, dass sich auch der beschriebene Darstellungsfehler in den dazugehörigen Isobaren findet. ■