

Von Alexander Bloch

**D**ie Thiele-Small-Parameter, die in der Regel jedem Subwoofer beiliegen, haben wir in *autohifi* 3/2005 den erklärt. Doch was können wir jetzt damit anfangen? Was bringt uns zum Beispiel ein geringes äquivalentes Luftvolumen (Vas)? Und wieso sind fs und Qts so wichtig?

Prinzipiell hängen die meisten Thiele-Small-Parameter voneinander ab. Ändert sich ein Wert, zieht er andere mit sich. Nehmen wir etwa die Resonanzfrequenz (fs): Erhöht der Entwickler das Membrangewicht (Mms), so wird sie tiefer; gleichzeitig sinkt der Wirkungsgrad, weil der gleiche Antrieb mehr Masse bewegen muss.

Oder die Steifigkeit der Membranaufhängung: Wird sie weicher, sinkt fs – und das äquivalente Luftvolumen (Vas) wird größer. Die technischen Daten eines Lautsprechers stellen daher immer nur einen Kompromiss aus vielen Faktoren dar.

Der ideale Tieftöner, der aus einem winzigem Volumen 20 Hz mit hohem Wirkungsgrad zaubert, existiert daher nicht. Jeder Tieftöner oder Subwoofer besitzt seinen speziellen Anwendungsbereich, für den er optimiert ist. Wollen wir grob herausfinden, für welchen Anwendungsbereich oder welches Gehäuse ein Woofer optimal geeignet ist, brauchen wir ganz zu Anfang zwei Parameter:

1. Resonanzfrequenz fs
2. Gesamtgüte Qts

Nun folgt ein kleiner Rechenrick: Wir teilen fs durch Qts, woraus sich ein Wert ergibt, den man als Effizientes Bandbreiten-Produkt (EBP) bezeichnet. Das EBP bietet einen sehr brauchbaren Anhaltspunkt dafür, in welchem Gehäuse der Woofer sich besonders wohl fühlt. Bevor



Eine Frage der Größe: Wie groß der Magnet eines Woofers ist, sagt weniger über seine Qualität aus als über seine Gehäuseeignung. Starke Antriebe brauchen oft ventilerte Gehäuse.



# Size matters

Die Größe der Thiele-Small-Parameter ist von entscheidender Bedeutung für das Gehäuse eines Subwoofer.

wir uns jetzt in technische Kompliziertheiten über das EBP versteigen, versuchen wir es mit ein paar Beispielrechnungen zu erklären.

Nehmen wir einmal vier Woofer mit folgenden Daten (die vier simulierten Frequenzgänge befinden sich in den Diagrammen rechts oben):

<b>Woofer 1:</b>	<b>Fs = 30 Hz</b> <b>Qts = 0,7</b>
<b>Woofer 2:</b>	<b>Fs = 30 Hz</b> <b>Qts = 0,4</b>
<b>Woofer 3:</b>	<b>Fs = 30 Hz</b> <b>Qts = 0,3</b>
<b>Woofer 4:</b>	<b>Fs = 45 Hz</b> <b>Qts = 0,55</b>

Da Woofer 1 trotz niedriger Resonanzfrequenz an dieser Stelle nur einen sehr geringe Dämpfung (also Pegelabfall) hat, (Qts von 1 = 0 dB, 0,7 = -3 dB, 0,5 = -6 dB usw.) würde es theoretisch genügen, ihn in eine riesige Wand ohne Gehäuse zu stecken, und er würde trotzdem ausreichend Basspegel produzieren. Er ist also ein waschechter Free-Air-Woofer.

Sein EBP lautet:  $20/0,7 = 42,9$

**Zicke:** Der Cerwin Vega Stroker mit seinem hohen EBP von 195,6 und den stark streuenden T/S-Parametern war eine Strafe für jeden Gehäusebauer. Richtig gut lief er nur in Horngehäusen bzw. in doppelt ventilerten Bandpässen.

Woofer 2 fällt bei der gleichen Resonanzfrequenz ohne Gehäuse schon um über 7 dB ab (Qts = 0,4). Für eine Free-Air-Anwendung ist das zu leise, er braucht also ein Gehäuse. In Frage käme sowohl ein geschlossenes als auch ein Bassreflexgehäuse – EBP = 75.

Um den Pegelabfall von Woofer 3 trotz seines extrem geringen Qts bei der Resonanzfrequenz mit einem geschlossenen Gehäuse im erträglichen Rahmen zu halten, müsste das Gehäuse sehr klein ausfallen. Die Resonanzfrequenz im eingebauten Zustand (fc) läge nach folgender Formel

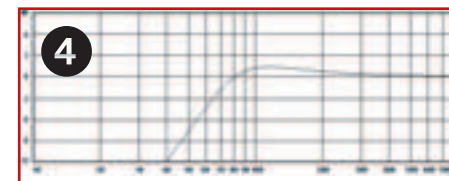
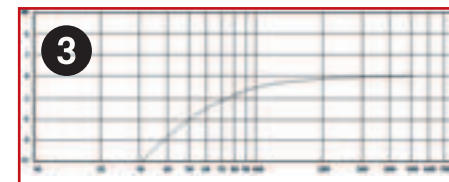
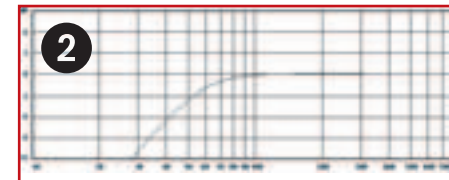
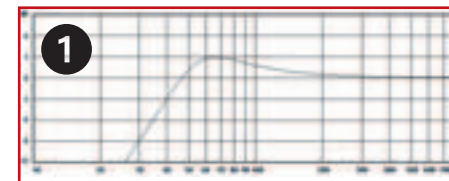
$$f_c = (Q_{tc} \times f_s) / Q_{ts}$$

mit  $(0,7 \times 30) / 0,2 = 70 \text{ Hz}$

also so hoch, dass von einem Subwoofer keine Rede mehr sein dürfte – EBP = 100.

Qtc ist in diesem Fall eine gewünschte Dämpfung um Faktor 0,7 (-3 dB, siehe auch letzten Teil). Damit kommen nur Gehäuse in Frage, die durch zusätzliche Bassreflexrohre untenrum noch Bass-Energie nachschieben, also Bassreflexkisten oder Bandpässe.

Nun hat sich bei den ersten drei Woffern nur das Qts geändert – der Antrieb wurde also immer stärker. Woofer 4 ist schließlich ein Grenzfall. Auf den ersten Blick ist nur über das Qts nicht ableitbar, welches Gehäuse für ihn ideal ist. Seine Resonanzfrequenz liegt nicht sehr tief, das Qts aber relativ hoch. Wollen wir



wirklich Tiefbass damit produzieren, sagt uns aber sein recht hohes EBP von 81, dass wir hier ein Bassreflexgehäuse benötigen. Da das EBP aber noch weit vom Wert 100 entfernt ist, signalisiert es uns gleichzeitig, dass hier auch ein geschlossenes Gehäuse möglich ist – mit Abstrichen bei der unteren Grenzfrequenz.

Aus diesen Beispiel können wir schon drei Erkenntnisse ableiten:

1. Je höher das EBP, desto wichtiger wird für den Woofer ein Bassreflexrohr (es können auch zwei sein). Doppelt ventilerte Bandpässe funktionieren nur mit Woffern mit einem EBP von weit über 100 gut.

**Vierwege-System:** Mit steigendem EBP (von Woofer 1 mit 43 bis Woofer 3 mit 100) verschlechtert sich die Tiefbassaubeute eines Subs auch in großen Gehäusen. Eine Bassreflexöffnung wird unabdingbar. Woofer 4 hingegen besitzt eine höhere Resonanzfrequenz und damit ein EBP von 82. Er läuft auch in einer geschlossenen Box.

2. Im Bereich eines EBP zwischen 60 bis 80 eignen sich sowohl geschlossene Gehäuse als auch Bassreflexkisten.

3. Unterhalb eines EBP von 40 kommen nur extrem große Gehäuse oder Free-Air-Anwendungen in Betracht.

Die Grenzen zwischen den einzelnen Bereichen sind freilich fließend. Ohne vorherige Computersimulation lässt sich das ideale Gehäuse oft nicht ermitteln.

Aber es gibt noch weitere T/S-Parameter. Was sagen sie uns?

**Vas:** Wer wenig Platz in seinem Auto für einen Subwoofer hat, der sollte darauf achten, dass dieser Wert besonders niedrig liegt. Die benötigte Gehäusegröße hängt nämlich linear vom Vas ab.

**Qms:** Mechanische Verluste bedeuten selten etwas Gutes, da sie bremsend und damit energievernichtend wirken. Wichtig: Je höher der Qms-Wert, desto niedriger die Verluste.

**Qes:** Dieser Wert liegt immer verdammt nahe an der Gesamtgüte Qts – und wie wir oben gelernt haben, hat Qts weniger mit Qualität als mit dem richtigen Gehäuse zu tun. Je stärker

der Wert für die Antriebsstärke BL ist (also auch der Magnet), desto niedriger fällt Qes aus. Woofer mit großen Magneten sind also besser geeignet für ventilerte Systeme oder für kleine Gehäuse, klingen aber nicht unbedingt besser.

**SPL:** Der Wirkungsgrad kann nie hoch genug sein, schließlich sparen wir dadurch Verstärkerleistung und gewinnen meist an maximaler Lautstärke.



Perfekt: Einen individuell gemessenen Datensatz mit den exakten Thiele-Small-Parametern bieten meist nur sehr teure Woofer wie die der Aliante-Serie von Phase Evolution. Bei Standardangaben muss mit starken Abweichungen gerechnet werden.

**Xmax:** Auch hier sind hohe Werte die besseren, denn sie garantieren eine hohe Maximal-Lautstärke. Gute Subwoofer haben mindestens ein Xmax von +/- 10 mm.

Zum Schluss noch eine sehr wichtige Anmerkung zu den Thiele-Small-Parametern: Nur bei sehr hochwertigen Woffern hat der Hersteller sie wirklich individuell gemessen. Bei den meisten anderen Tieftönern nennt die Firma einen Mittelwert aus Messungen vieler Chassis. Übrigens ändern sich die T/S-Parameter auch mit der Alterung des Chassis recht stark. Übertriebene Genauigkeit bei der Gehäusebestimmung bedeutet also, mit Kanonen auf Spatzen zu schießen. ■