

# Messvergleiche und Beschreibung technischer Unterschiede bei Subwoofern

Im Kapitel "Dolby-Surround-Lautsprecher und Subwoofer" wurde ja schon auf die Anforderungen eingegangen, die ein Subwoofer in der Praxis erfüllen sollte.

Auf *diesen beiden* Seiten soll vor allem die technische Realisierbarkeit einer sauberen Signalverarbeitung und die zugehörige Messtechnik beschrieben werden.

## Anforderungen an Subwoofer

- Tiefreichender Frequenzgang
- Günstiges Verzerrungsverhalten
- Hoher maximaler Schalldruck
- Gutes Impulsverhalten
- Geringe Anregung stehender Wellen im Raum
- Problemlose Anpassung an Satellitenboxen

## FREQUENZGANG UND KLIRRFAKTOR

Frequenzgang-Messungen für Subwoofer müssen in Abständen von wenigen Zentimetern durchgeführt werden, weil selbst die größten und besten schalltoten Räume für Frequenzen unter etwa 35 Hz nicht mehr ausreichend sind. Bei mehr als etwa 50 cm Entfernung wirken sich Raumresonanzen schon so stark aus, dass eine "echte" und vergleichbare Frequenzgang- und Klirrfaktor-Messung praktisch unmöglich ist. Man müsste eine Vielzahl von Ergebnissen aus unterschiedlichen Mikrofonaufstellungen *ausmitteln*.

Die folgenden Messungen wurden *im Nahfeld* mit 2 bzw. 3 Mikrofonen (an den Tieftönern und an der Bassreflexöffnung) gemacht, bei denen die Mikrofone im richtigen Verhältnis von Membran- und Bassreflexrohr-Durchmesser eingepegelt waren. Die so erzielten Ergebnisse entsprechen in etwa denen, die in mehreren Metern Entfernung in fast unrealisierbar großen schalltoten Räumen (Länge, Breite und Höhe je über 30 m) zu erwarten wären.

Bei den gemessenen *Klirrfaktorwerten* würden sich in größeren Messabständen durch den *Körperschall* der Gehäuse, Undichtigkeiten und „surrende“ Kabel oder Anschlussklemmen jedoch etwas *ungünstigere* Werte ergeben (Je besser die Gehäusekonstruktion, desto geringer sind diese Unterschiede).

Einige dieser Messungen fanden bei so hohen Lautstärkepegeln statt, dass die Auslenkungen der Lautsprechermembranen zwischen 20–30 Hz beim AW-7 und AW-1000 bis zu 40 mm betragen. Beim AW-880 und bei den *Fremdfabrikaten* waren es jeweils 28 und 25 mm.

Der AW-1000 kann die 20-Hz-Grundwelle mit einem Schalldruck von über 95 dB (1 m Abstand) abstrahlen. Bei ihm besteht der überwiegende Teil des Klirrfaktors aus der zweiten und dritten Oberwelle, die vom Ohr kaum als Verzerrungen wahrgenommen werden. Das sind also "musikalisch weniger bedenkliche" Harmonische.

Zwei der zum Vergleich herangezogenen Konkurrenzprodukte gehören zu den Besten auf dem Markt, das dritte hat seinen Schwerpunkt eher beim Design. Bei kleineren Lautstärken sind die hörbaren Unterschiede im Vergleich zu unseren Modellen AW-1000 oder AW-7 außer im Tieffgang nicht besonders ausgeprägt. Bei größeren Lautstärken können die Unterschiede jedoch wichtig werden. Beim *Produkt 1* (eines renommierten deutschen Herstellers, Preisklasse weit über 1000 Euro) fehlt es etwas an Tieffgang und an der Übersteuerungsfestigkeit im Bereich unter 20 Hz. Bei den *Produkten 2 und 3* sind bei mittleren und größeren Lautstärken so starke Strömungsgeräusche hörbar, dass *sie* die eigentliche nutzbare Lautstärkegrenze darstellen – schon weit vor dem Erreichen der maximalen Verstärkerleistung. Bei Subwoofern mit hohen, statistisch schwankenden Strömungsgeräuschen sind Klirrfaktormessungen im Bereich von 20 bis

40 Hz schwierig. Selbst mit dem anerkannt hochwertigen Messplatz (Rohde & Schwarz UPD) sind dann keine konsequenten und reproduzierbaren Ergebnisse zu erzielen, weil die Messprozedur durch die Strömungsgeräusche gestört und zeitweise unterbrochen wird.

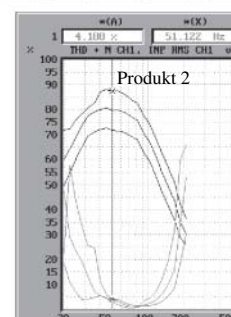
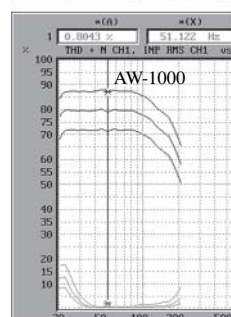
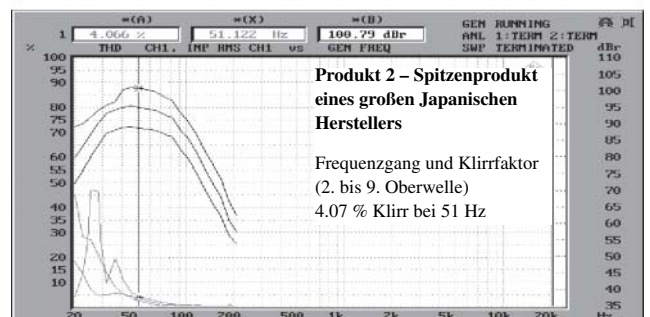
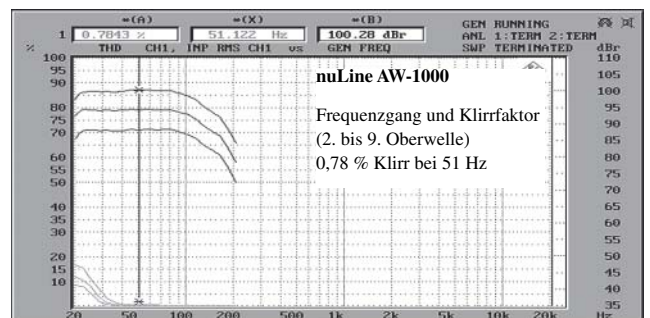
Die Klirrfaktor-Messung mit dem *"THD+N Messverfahren"* (total harmonic distortion plus noise, Diagramme siehe unten), brachte etwas konsequentere, aber auch keine absolut perfekten Ergebnisse.

Bessere Parallelen zum Höreindruck, der subjektiv *mehr als 10-mal so starkes Strömungs-Rauschen* gegenüber dem AW-7 erbrachte, zeigte erst eine "Waterfall-Fourier-Analyse" mit 14 etwa im Sekundentakt durchgeführten FFT-Analysen. Diese Messungen zeigten dann 25 dB Unterschied, was etwa dem 18-fachen(!) Spannungswert entspricht (Diagramme S. 31 links).

## MAXIMAL-PEGEL UND GEHÄUSEPRINZIP

In **Bassreflexboxen** kann – bei perfekter Abstimmung – ein Lautsprechersystem gegenüber geschlossenen Boxen *mehr als die vierfache* Leistung im Tiefbassbereich abstrahlen. Bei Einsatz von hochwertigen Chassis sind dabei die Klirrfaktorwerte eher besser und die Impulsverarbeitung kaum beeinträchtigt. Es bleibt also nur noch ein Problem zu lösen: die Strömungsgeräusche.

**Geschlossene Boxen** für den Tiefbassbereich sind *dann* die beste Wahl, wenn Größe und Verstärkerleistung überhaupt keine Rolle spielen, oder wenn sehr leise gehört wird. Mit mehr als doppelter Chassisbestückung, größeren Gehäusen und mehr als



Die gleichen Woofer, jedoch mit Messung THD+N (Total harmonic distortion + noise: also alle Oberwellen und Nebengeräusche.) Der Klirr-Anstieg über 100 Hz ist unwichtig.

4-facher Verstärkerleistung kann man Bassreflexboxen knapp übertreffen.

Bei **Passiv-Membran-Boxen** reicht eine Passivmembrane pro angetriebenem Chassis nicht aus, wenn man im Maximal-Pegel mit einer Reflexbox gleichziehen will (wenn jede Passivmembrane die gleiche Fläche und den gleichen Hub hat, den auch das angetriebene Chassis aufweist). Dabei wird dann eine *wesentlich größere*, nur „indirekt angekoppelte“ Masse zusätzlich „geschüttelt“, was gegenüber einer Reflexbox für die Impulsverarbeitung ungünstiger ist.

**Mehrkammer-Bandpass-Gehäuse** bringen in einem schmalen Frequenzbereich einen hohen Wirkungsgrad – allerdings bei deutlich verschlechterter Impulsverarbeitung. Sie werden überwiegend als *Passiv-Woofers* realisiert und klingen unpräzise und brummelig. Wenn man den „Resonanzbereich“ auf deutlich über eine Oktave ausdehnt, verschwindet der Wirkungsgradvorteil wieder. Es ist damit also kaum möglich, einen halbwegs linearen Frequenzgang von 30 bis etwa 100 Hz zu erreichen.

**Dipol-Basslautsprecher** können so aufgestellt werden, dass sie die Raumresonanzen weniger anregen. Es sind sehr große Membranflächen und Hübe erforderlich, um damit ausreichenden Schalldruck im Tiefbass zu erzielen. Wenn man die Strömungsgeräusche und die Verzerrungen im Griff hat, können sie für HiFi-Anwendungen geeignet sein – weniger für Surround.

**Horn-Lautsprecher-Systeme** für den Tiefbassbereich haben riesige Abmessungen und sind in normalen Wohnräumen kaum sinnvoll unterzubringen. Dem hohen Wirkungsgrad stehen Nachteile in der Impulsverarbeitung entgegen. Bei den großen Abmessungen ist es nur schwer möglich, die Gehäuseresonanzen in den Griff zu bekommen.

## VERSTÄRKERLEISTUNG UND CHASSIS-EIGENSCHAFTEN

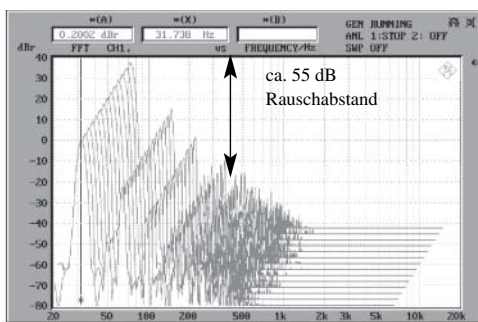
Ein Lautsprecher-System, das 3 dB weniger Wirkungsgrad hat, benötigt für die gleiche Lautstärke die *doppelte* Verstärkerleistung. Leider wird ein 500-Watt-Subwoofer oft einem 250-Watt-System vorgezogen, selbst dann, wenn seine gesamte Leistungs-Differenz nur als Abwärme frei wird!

Leistungsangaben sind manchmal aber auch *stark übertrieben!* Beispielsweise sind diese Werte für Computerlautsprecher oft um mehr als *20-fache* überzogen (Stichwort PMPO) – so etwas sollte im HiFi-Bereich *nicht auch noch* anfangen.

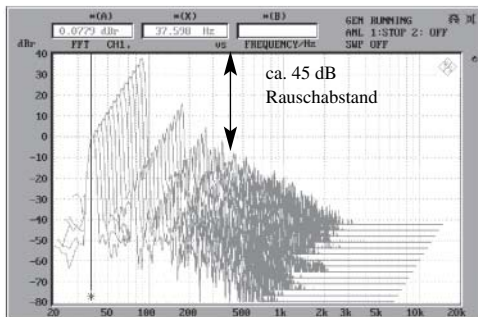
Ein Vergleich eigener Modelle mit den Produkten anderer Hersteller ist immer etwas problematisch, weil man dabei auf die eigenen Stärken fixiert ist und die Schwächen der Mitbewerber vielleicht etwas überbewertet.

Für einen der hier gemessenen Subwoofer wird vom Werk eine Verstärker-Ausgangsleistung von *800 Watt* an 6 Ohm genannt. Seltsam ist nur, dass die Stromaufnahme aus dem Netz im gleichen Datenblatt mit *250 Watt* angegeben ist! Die nachgemessene Musikleistung liegt bei knapp 200 Watt, die halbwegs unverzerrte Peak-Leistung (für *einen einzigen* Wellenzug bei 50 Hz) beträgt etwa 300 Watt. Trotz der angegebenen 800 Watt kann dieser Woofer im Maximalpegel also nicht mit dem AW-7, dem AW-880 oder gar dem AW-1000 mithalten, weil der Wirkungsgrad des zugehörigen Chassis deutlich geringer ist.

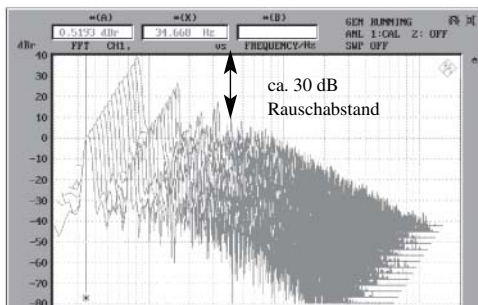
Unabhängig davon kann man mit *60 %* der effektiven Membranfläche und *25 %* weniger Hub (gegenüber dem AW-1000) *nur knapp die Hälfte* der akustischen Leistung im Tiefbassbereich abstrahlen – egal wie stark der Verstärker ist.



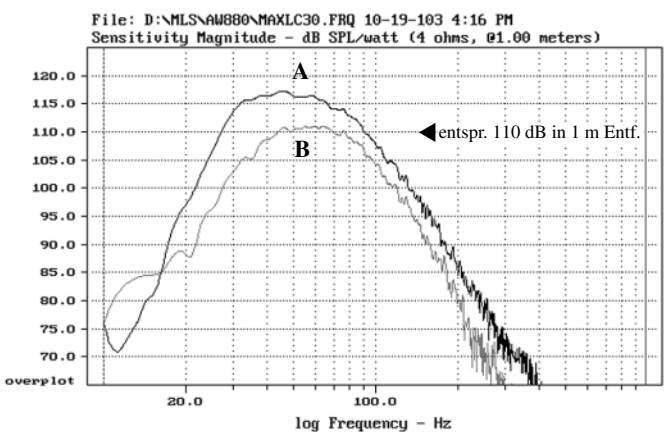
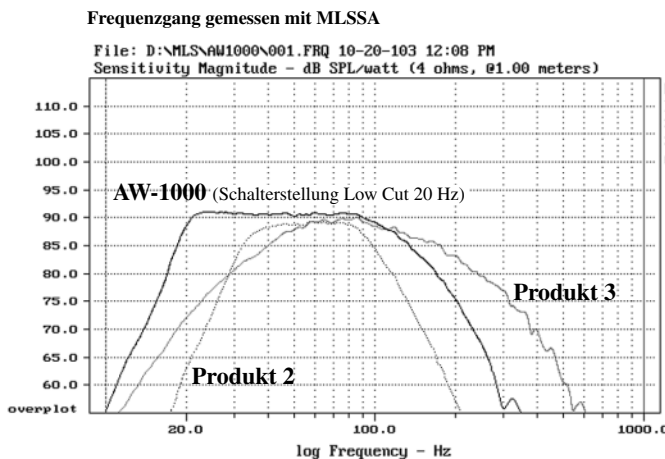
**nuWave AW-7**  
am Strömungsgeräusch-Maximum.  
(Bei Reflex-Rohr-Resonanz 32 Hz)



**Fremdfabrikat/Produkt 1**  
am Strömungsgeräusch-Maximum.  
(Bei Reflex-Rohr-Resonanz 38 Hz)



**Fremdfabrikat/Produkt 2**  
am Strömungsgeräusch-Maximum.  
(Bei Reflex-Rohr-Resonanz 35 Hz)



**Absoluter Maximalpegel**  
A) AW-880 (Schalterstellung Low Cut 30 Hz)  
B) Produkt 2 (mit angegebenen 800 Watt)