

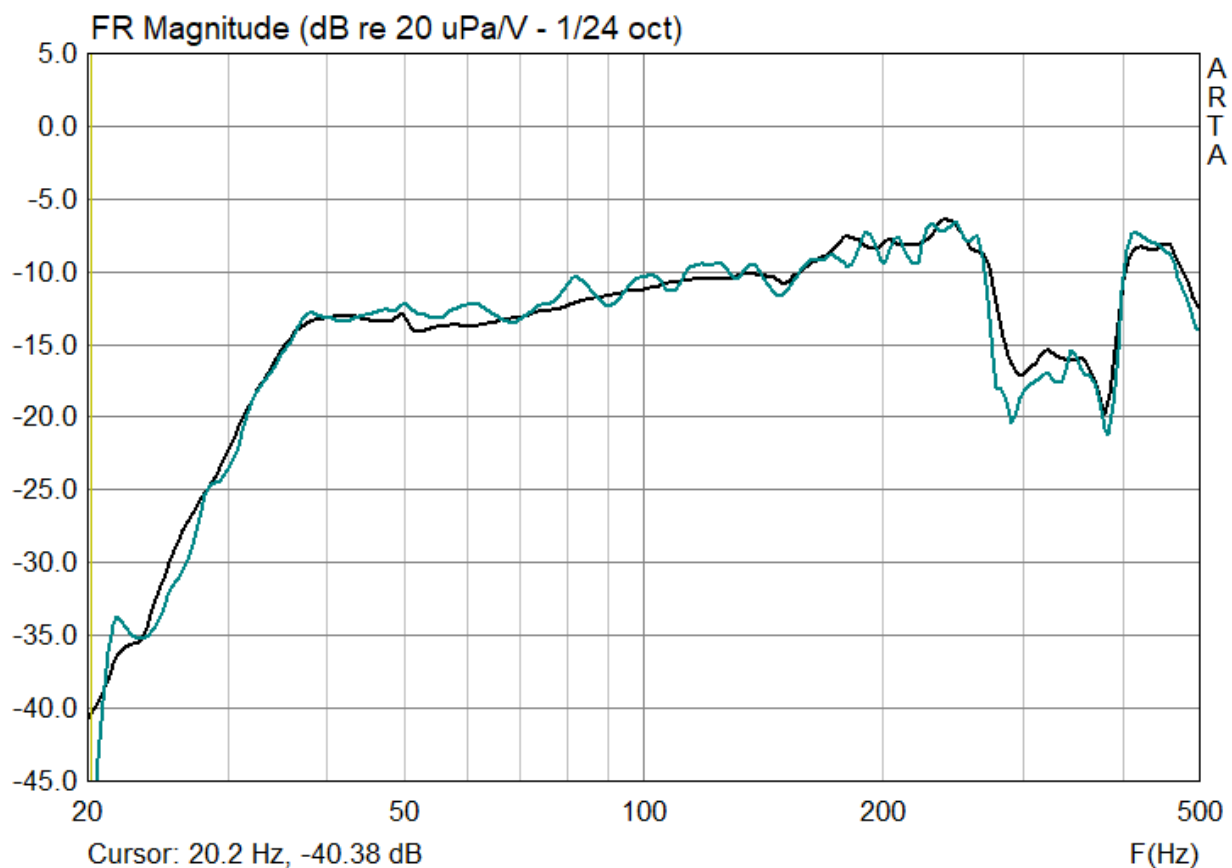
Korrekte Messdistanz & mehr für die GPM im Tiefton - messtechnische Abhandlung

Die Bodenmessung aka GPM (Groundplane Measurement) Outdoor ist für viele Anwender insb. für Subwoofer die Messmethode der Wahl. Eine auf den ersten Blick simplere akustische Messung gibt es kaum - Subwoofer und Mikro aufeinander ausgerichtet auf dem Boden stellen/legen - Stativ bzw. Anwinkelung braucht's bei den grossen Wellenlängen im Bass und der einhergehenden Omnidirektionalität der Quelle als auch des Messinstruments nicht - fertig.

Bei dokumentierten GP-Messungen in diversen Online-Communities fällt jedoch überwiegend auf, dass sich Anwender durch unglücklich gewählte Messdistanzen das Ergebnis verfälschen. Das Problem ist meist ein zu hoher Abstand von Lautsprecher zu Mikrofon, und ein im Verhältnis zu geringer zum nächsten schallharten Hindernis. Das Verhältnis vom Direktschall des Lautsprechers zu Reflexionen der nächsten Hindernisse am Mikrofon wird damit ungünstig, der Frequenzgang wellig.

In der ersten Literatur zur GPM - Groundplane Acoustic Measurement of Loudspeaker Systems, Gander, 1980 - wird, um Reflexionen ausreichend zu übertönen, die mind. 5fache Distanz des Messsetups zum nächsten schallharten Hindernis von der Distanz von Mikrofon zu Lautsprecher empfohlen.

Sehen wir uns die Empfehlung anhand eines Beispiels an. Hier in türkis die Messung eines Subwoofers in einem Aussenhof, Distanz Mic zu Lsp 1m, Abstand zum nächsten relevanten Hindernis (grosses Garagentor) ~5m; zum Vergleich in schwarz die selbe Messung auf einem landwirtschaftlichen Grundstück fernab der Zivilisation, ohne schallharte Hindernisse; keine Glättung, 32k FFT in ARTA:

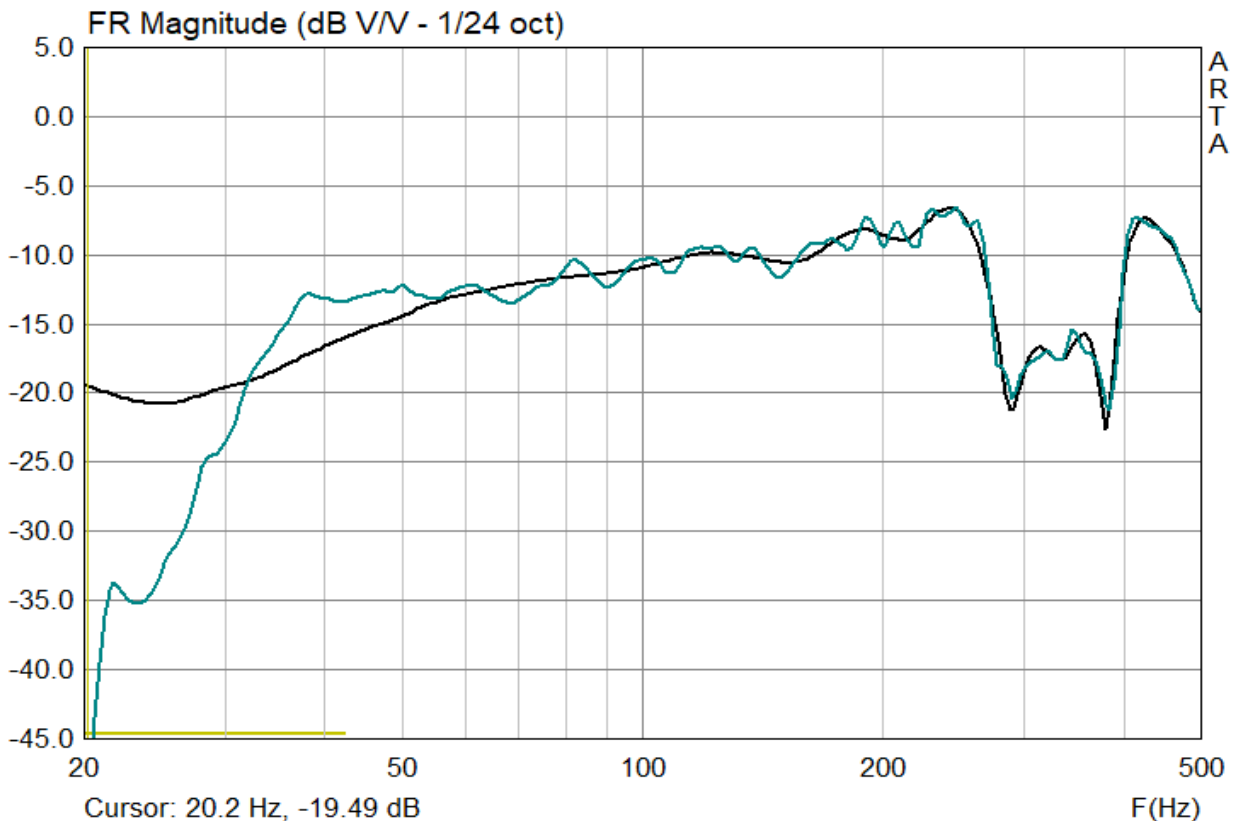


Die "echte Outdoor-Messung" sieht ein Stück glatter aus. Die Messung im Hof ist aufgrund des beschriebenen Einflusses von Reflexionen (nach Frequenz / Wellenlänge abwechselnde Addition und Auslöschung mit dem Schall des Lautsprechers) welliger, allerdings im Rahmen - für Hobbymessungen ist das Ergebnis, insb. wenn man nachträglich glätten würde, akzeptabel.

Ist allerdings vll. mit einfachen Mitteln, ohne an den Messbedingungen etwas zu ändern, ein besseres Ergebnis möglich?

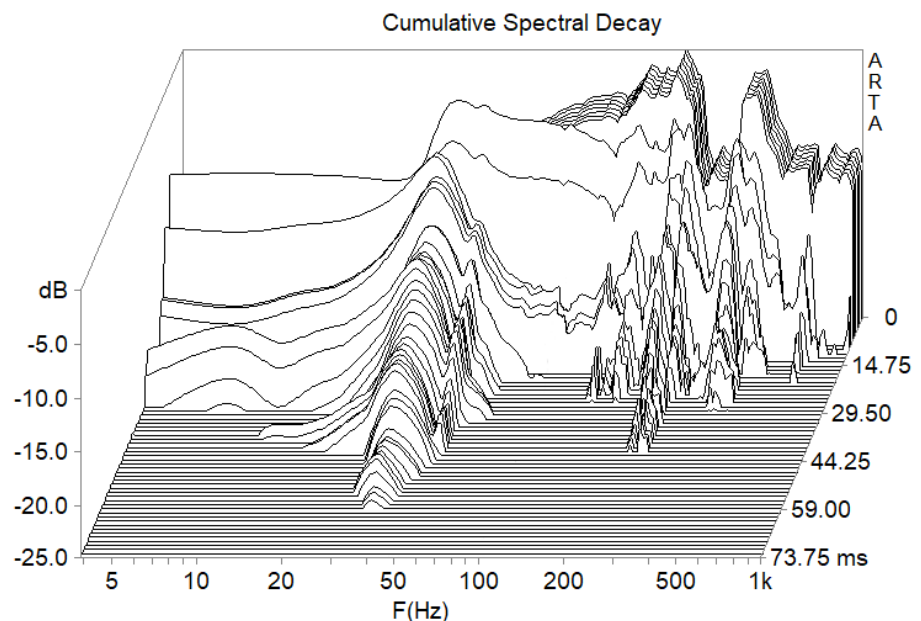
Kommen wir zur Fensterung / Gating. Mit diesem liesse sich das Zeitfenster der Messung so beschränken, dass die Reflexion ausgeblendet wird. In dem Fall der Aussenhof-Messung ergeben 5 Meter vom Lsp zum Garagentor + 5 zurück zum Mikro 10 Meter Laufweg, bei 343 m/s Schallgeschwindigkeit entsprechend ~30 ms Laufzeit.

Hier das Ergebnis - türkis ungefenstert, schwarz mit 30 ms Gate:



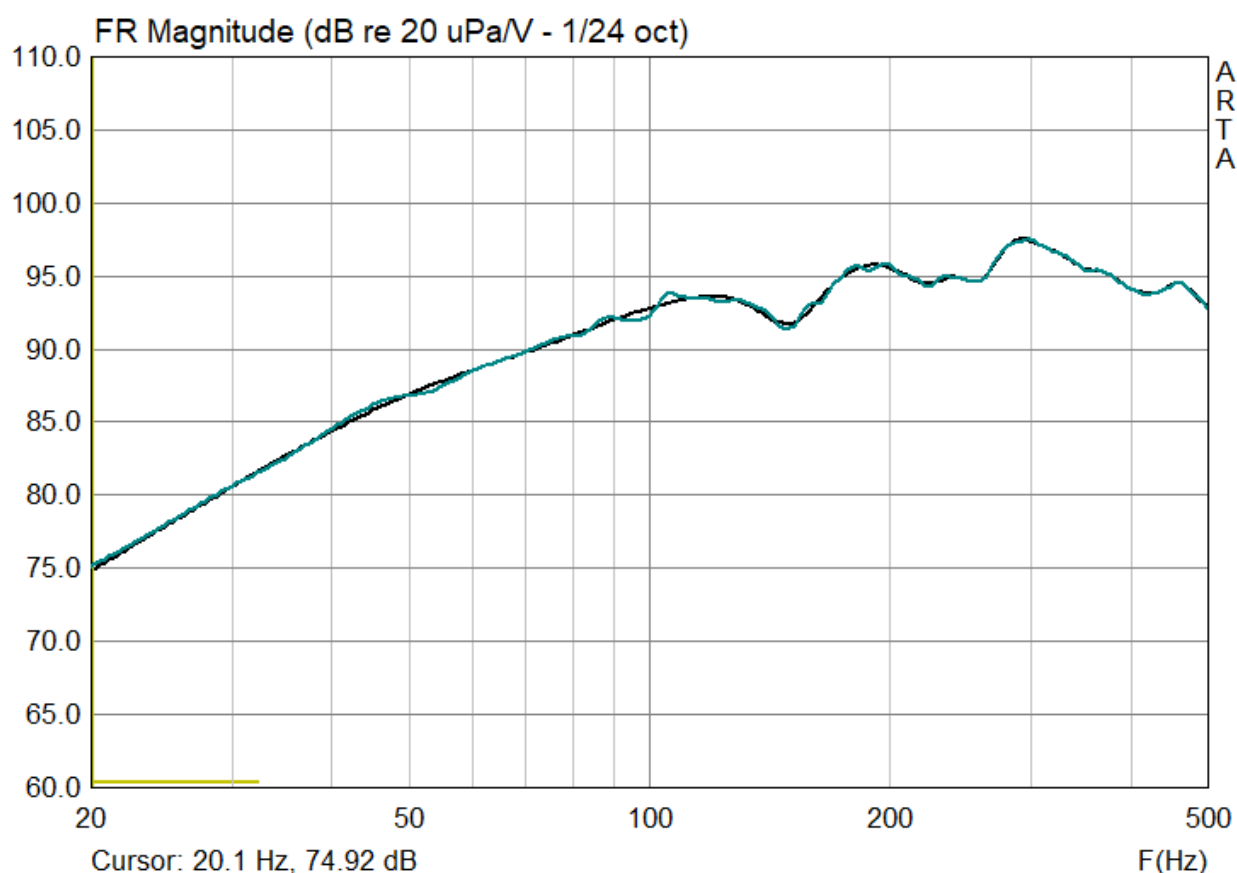
Wir sehen, im Grossteil des Übertragungsbandes verschwindet die Welligkeit, und bleibt der gewünschte Frequenzgang übrig - am unteren Ende bricht die Response jedoch deutlich ein. Warum?

Nun, Das Messobjekt ist ein Bassreflexlautsprecher; bei diesem gibt am unteren Ende des Übertragungsbandes fast nur der Helmholtzresonator Schall ab. Dieser schwingt deutlich länger nach als der Direktschall des Chassis - länger auch als die 30 ms Zeitfenster, die wir gesetzt hatten. Siehe dazu das Wasserfalldiagramm (CSD):



Wir beschneiden bei diesem Lautsprecher als mit einem zu kurzen Gate die Response des Ports.

Um dies nochmal zu belegen hier die Messung einer geschlossenen Box (CB), welche mangels Resonator deutlich schneller ausschwingt; in türkis ungefenstert, in schwarz mit den gleichen 30 ms Gate wie bei der BR-Messung - wie man sieht, hier funktioniert das begrenzen des Zeitfensters auf diesen kurzen Wert einwandfrei, d.h. entfernt nur die Welligkeit durch Reflexionen und Noise und beeinträchtigt die eigentliche Response nicht:



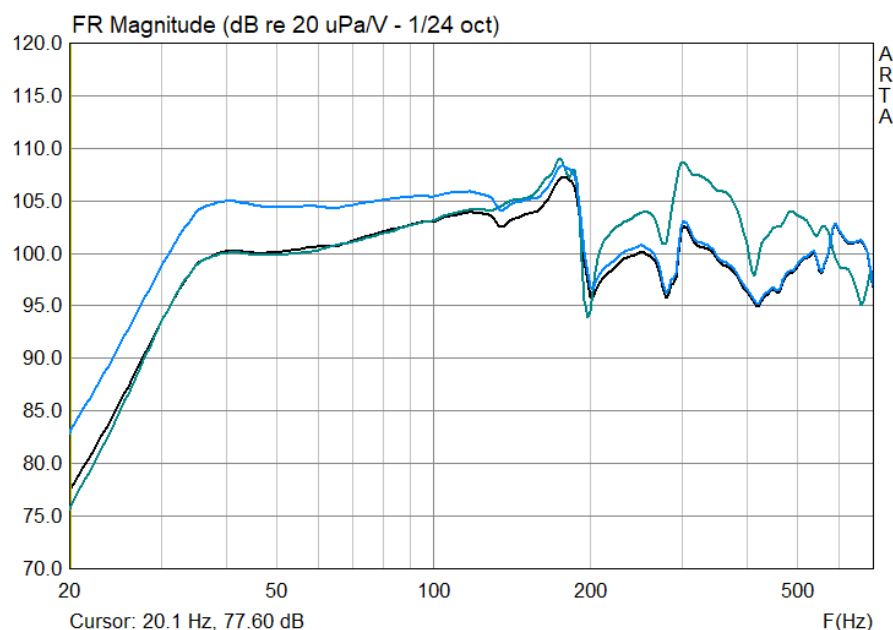
In welchem Rahmen sich sinnvoll gaten lässt kommt also stark auf den Lautsprecher(typ) an.

Behandeln wir nun den notwendigen Mindestabstand - Nahfeld vs. Fernfeld. Grundsätzlich hat ein Lautsprecher im Nahfeld einen signifikant anderen Frequenzgang als im Fernfeld.

Zur Demonstration hier in türkis die Response eines Subwoofers im Fernfeld, in blau die (kombinierte, da Bassreflex) Nahfeldmessung, und in schwarz die via einer mathematischen Funktion (ARTA: LF Diffraction) auf das Fernfeld umgerechnete Nahfeldmessung:

Wie man sieht, im Nahfeld ist der Tiefton deutlich lauter als im Fernfeld.

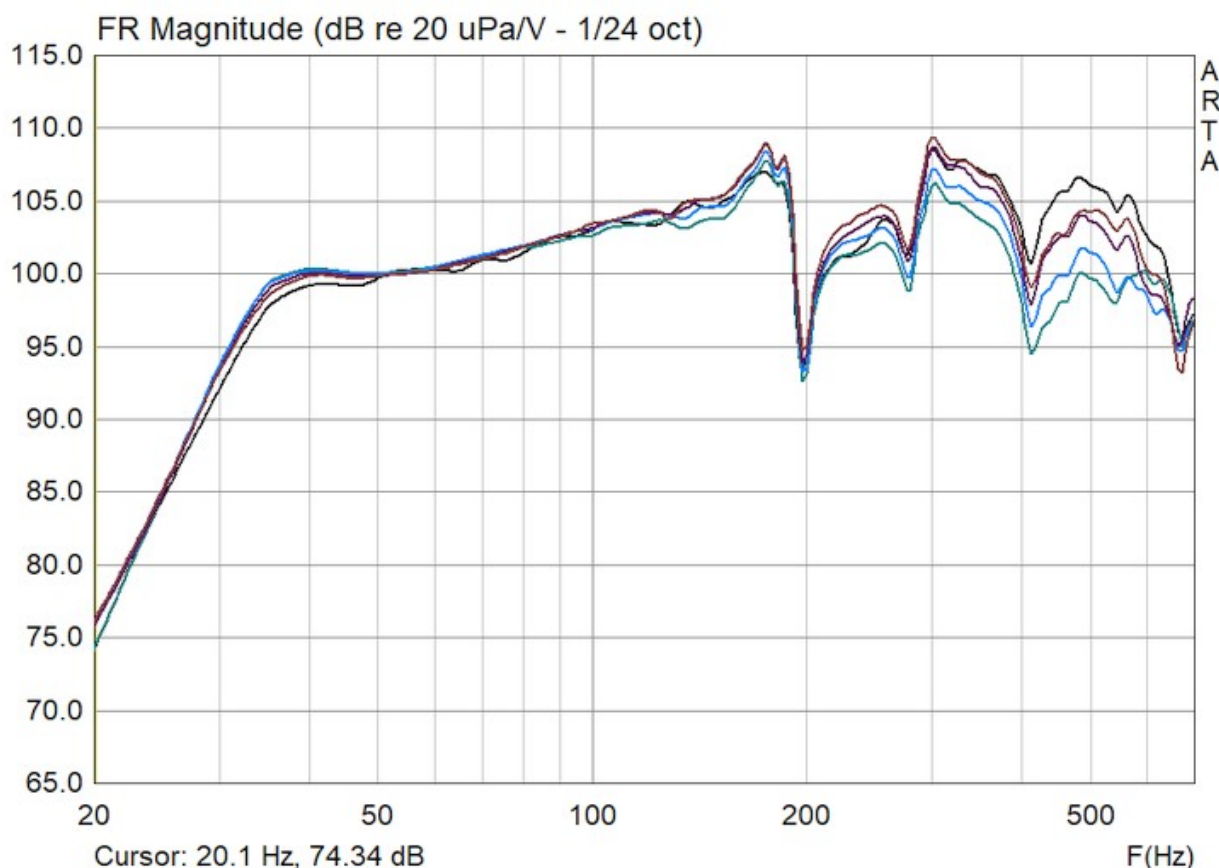
Interessieren tut uns die Response im Fernfeld, da wir in diesem hören. Wir müssen also bestimmen, ab wann ein Lautsprecher im Fernfeld spielt, um die korrekte Messdistanz zu wählen.



Formeln und Faustregeln zur Errechnung des Fernfelds gibt es wie Sand am Meer. Die [ARTA Application Note](#) zum Thema spricht von dem 6fachen des effektiven Membranradius. Gander spricht in seinem AES-Paper von mind. dem 3fachen der längsten Gehäuseseite, inkl. Spiegelschallquelle. [Jobsti's Online-Rechner](#) berechnet wiederum anders bzw. liefert andere Ergebnisse. Was alle gemeinsam haben ist dass sie relativ hohe Werte liefern, die das korrekte messen Outdoor, wenn man nicht grade einen sehr grossen Hof, Garten, oder sonstigen freien Platz zur Verfügung hat, schwierig bis unmöglich machen.

Eine theoretische Abhandlung erspare ich mir als auch euch an dieser Stelle. Im Endeffekt würde unabhängig vom Aufwand kein Beleg möglich sein. Stattdessen will ich mit weitaus konkreteren und hilfreicheren Daten aus der Praxis / Realität dienen.

Der Proband ist ein PA-18"-BR-Subwoofer. Der effektive Membrandurchmesser beträgt 40cm, die Schwallwandgrösse 58x65 cm. Je nach oben genannten Formeln wären wir im relevanten Übertragungsbereichs des Subs (~35-150 Hz) ab 2,4 bis 8,5 Meter im Fernfeld. Niedrigere Messabstände sollten laut vorliegendem Wissen im Nahfeld liegen, und signifikant andere Frequenzgänge produzieren. Anbei Frequenzgang-/Wirkungsgradmessungen in GP. Der Sub stand mit dem Port seitig, das Mikro mittig zwischen Port und Membran - identer Abstand von Membran und Port zu Mikro. Die Distanz von Lsp zu Mic wird von der Schallwand gemessen. In türkis 0,5 Meter Distanz @ 1,4 Volt Ampspannung, in blau 1m @ 2,8V, in weinrot 2m @ 5,6V, in ocker 4m @ 11,2V, in schwarz 10m @ 28V:



Die 0,5m Messung zeigt ab ~130 Hz leichte Änderungen. Die 10m Messung fällt um fb etwas ab (<1 dB) - das ist, da die Änderung nur sehr nahe dem BR-Tuning auftritt, angesichts 100 Watt zugeführter Leistung eher einer einsetzenden Portkompression, als einer grundsätzlichen Frequenzgangänderung aufgrund Distanzänderung, zuzuschreiben.

Insgesamt finden wir aber im Bassbereich in keiner der Distanzen Abweichungen, die klar über die Messtoleranz hinausgehen.

Ab ~200 Hz zeigen sich zunehmend Abweichungen, die nehme ich an aufgrund des nach Distanz unterschiedlichen Winkels von Lautsprecher zu Mikrofon eher auf Bündelungseffekte der Membran, als Unterschiede zwischen Nahfeld- und Fernfeld zurückzuführen sind.

Anmerkung: diese Ergebnisse sind kein Einzelfall - ich habe derartige Vergleiche bereits an verschiedenen Subwoofern unterschiedlicher Grösse & Designs durchgeführt, mit weitestgehend gleichbleibenden Ergebnissen.

Fazit: die empfohlenen Mindestabstände für Nah-vs. Fernfeld aus der Literatur, die so auch regelmässig in der Community wiederholt & angewendet werden, können messtechnisch nicht bestätigt werden. Insb. in schwierigen (-> kleinen/engen) Messumgebungen kann und sollte daher bei der GPM / Bodenmessung von Subwoofern ein deutlich geringerer Abstand von Mikrofon zu Lautsprecher verwendet werden. Nur so kann in den meisten Messumgebungen der Einfluss von Reflexionen ausreichend reduziert, und eine saubere, aussagekräftige Messung sichergestellt werden.

Beim fenstern ist mit Vorsicht vorzugehen. Gehäusetypen mit Resonator reagieren auf zu radikales Gating mit signifikanten Einbrüchen im Frequenzgang. Bei geschlossenen Boxen kann deutlich freizügiger gefenstert werden.

Viel Spass & Erfolg beim messen,
Stoneeh