

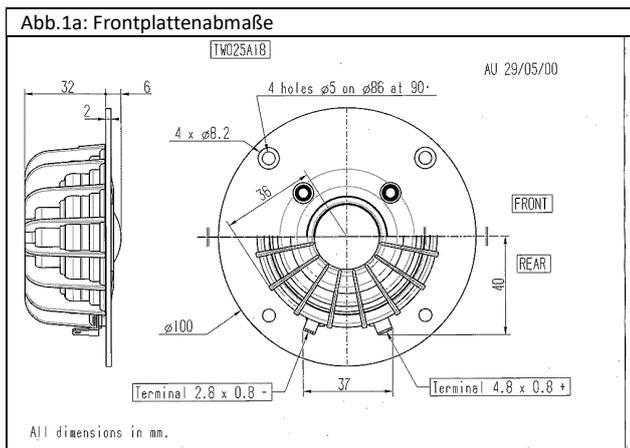
Kapitel 14.2

Überprüfung des Mikrophones. Vermessung der Chassis und Charakterisierung derselben. Konditionierung der Tief- und Mitteltöner.

14.2 Die Eingangsmessung

14.2.1. Die Hochtöner-Impedanzmessungen

Die zwei Audax TW025A20 wurden von [1] und die Moca TW025HE01 von [2] bezogen. In Abb.1a und b sind ihre Fotos zu sehen. Beide haben die gleichen Magnete unterscheiden sich aber in den Schwingspulen, Spulenträgermaterialien, Membranmaterialien, Membrankrümmungen sowie den Membranrückvolumen und durch den einen Schutzsteg. Die Membran des Audax war beschichtetes Titan und hochglänzend, die des Moca mattgrau und passiviert. Die Abmessungen der Frontplatten sind identisch. Der Einbaudurchmesser ist gleich außer in den Anschlusslaschen. Die Einbautiefe ist beim A20 32mm und beim HE01 60mm.

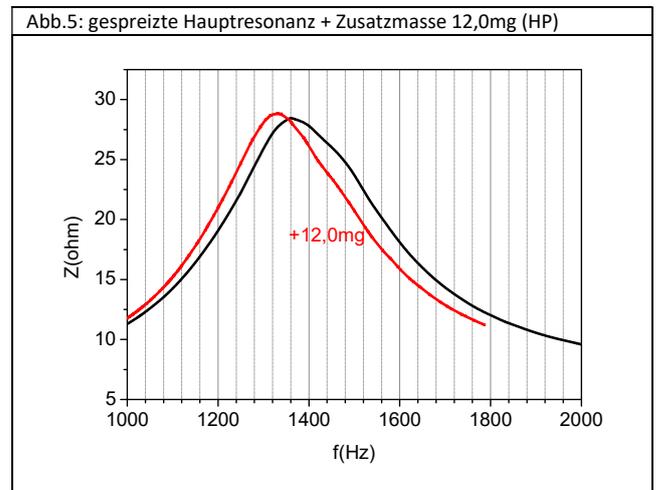
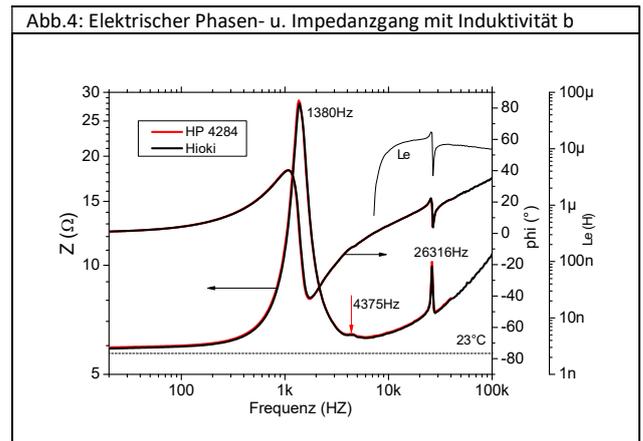
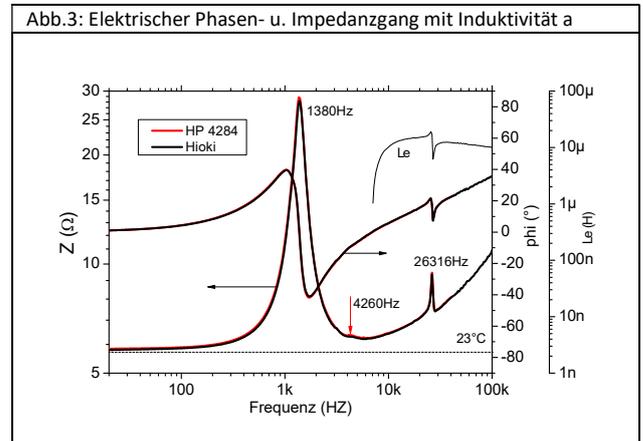


Nach dem wahrscheinlich ersten Auslandstransport waren die kegelförmigen Hülsen des Rückvolumens beim HE01 abgegangen. Die Hochtöner wurden anstandslos ausgetauscht. [1] liefert auf seiner Homepage eigene Messungen im Amplituden- und Impedanzgang des A20 sowie ein Wasserfalldiagramm mit dem Ausschwingen. Bei 8kHz zeigt der A20 eine Ausschwingverzögerung auf und bei 15kHz einen kleinen Einbruch im Schalldruck.

14.2.1.1. Audax

Zuerst wurden die Impedanzkennlinien auf der LCR HP4284 und dann auf dem jüngeren Hioki gemessen, da letzteres 100kHz bis in den mHz Bereich erfassen konnte. Die Präzision vom dem Hioki war nicht so groß wie vom HP (1/10), deshalb war es interessant, wo es Unterschiede gibt. Bis auf die kleine Nebenresonanz im Exemplar a bei 4260Hz stellte das Hioki alles heraus. Aber beim Exemplar b gab es keine systematischen Unterschiede mehr. Die Nebenresonanz liegt exakt auf der Bündelungsfrequenz, offensichtlich ist die Dämpfung durch die Sicke zu gering. L_e wurde als Modell Rs-Ls berechnet. Die Hauptresonanz des b schien etwas verformt zu sein. Sie wurde daher gespreizt. Es wurde eine Doppelresonanz festgestellt, noch stärker als sie [3] ermittelt hatte. Zur Ermittlung der Verschiebung der Hauptresonanz durch eine Zusatzmasse (dauerplastische Abdichtmasse) wurde überraschenderweise festgestellt, dass der Doppelpeak verschwand. Könnte es sein,

dass die Membran nicht homogen war? - In der Tat, im Schräglicht wurde an der Kalottenspitze ein 1mm große leichte konvexe Spitze sichtbar, um die herum 2 krisförmige gegenüberliegende Membranstrukturen abzeichneten. Bei Exemplar a gab es nur eine geschlossene zur Spitze symmetrische Struktur. Aber trotz allem ist die Fertigungsschwankung gering, die Unterschiede in R_e betrug nur $0,1\Omega$. Die Ausführung war besser als die Testprobe bei [3]. Es wäre ein interessantes Experiment, einen Klangvergleich mit und ohne Testmasse durchzuführen.



14.2.1.2. Moca

Der HE01 hat anstelle eines Al-Spulenträgers einen aus Kapton, was Wirbelströme dort vermeidet. die Maximale Auslenkung der Schwingspule soll $\pm 1,2\text{mm}$ betragen, was schon ein kleiner Rekord ist.

Abb.6: Elektrischer Phasen- u. Impedanzgang mit Induktivität a

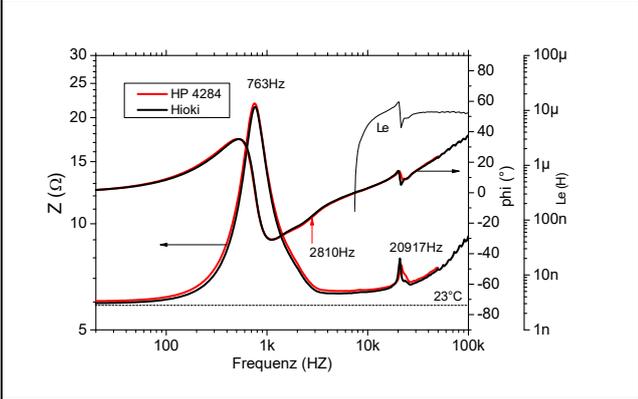
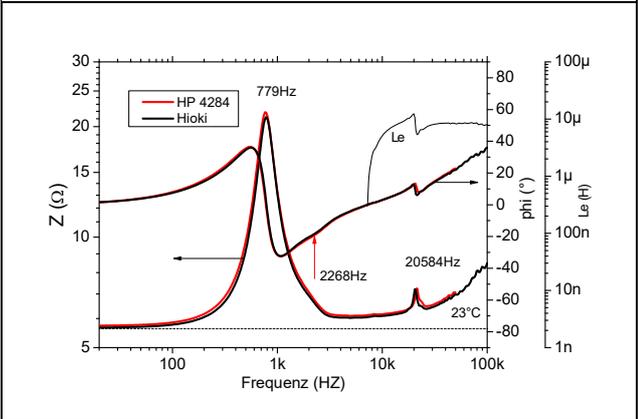
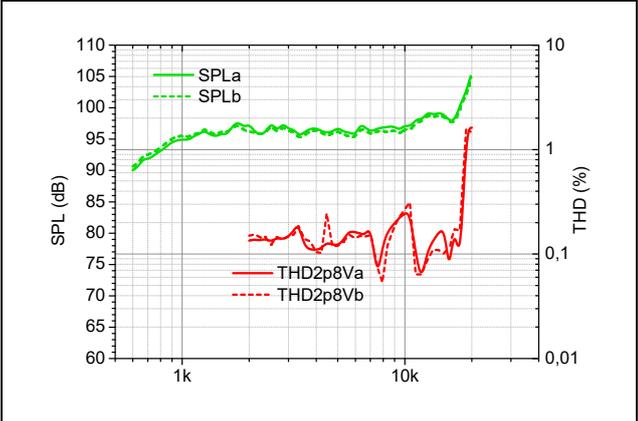


Abb.7: Elektrischer Phasen- u. Impedanzgang mit Induktivität b



Die Gesamtgüten des A20 und des HE01 betragen 0,94 und 0,72, was in etwa dem Chebychev und Butterworth entspricht. Jetzt ist die Membranresonanz erkennbar. Sie liegt mit 21kHz relativ niedrig. Dass sich die Membranresonanzkurven zwischen Hioki und dem HP so stark unterscheiden, liegt an der langen Lagerzeit, wo sich die Morphologie der Mg-Membran geändert hat. Die des A20 hat sich dagegen nicht geändert. Laut Hersteller [2] wird die Membran zugeliefert und dieser bekommt sie nicht besser hin. Auch der DC-Widerstand der 2 Exemplare unterscheidet sich viel stärker. Das sind vielleicht die Nachteile der Sonderanfertigungen. Vom [2] wurden Messdiagramme mitgeliefert, wie es bei Kleinstserienlieferanten üblich ist: Impedanzgang, SPL bei 2.8V 0.5m Abstand und THD-f-Diagramme 8V mittels Sinusschritten. Leider ist in einem nicht IEC gerechten Abstand von 0,5m gemessen worden. Im Diagramm Abb.8 wurde THD wieder auf 2.8V runtergerechnet.

Abb.8: Moca 2.8V Schalldruckpegel 0,5m, THD von [2] für a, b



14.2.2. Überprüfung des Frequenzganges des Mikrofones am Audax
Zur Schalldruckmessung wurde eine Schallwand gebaut, wo der Abstand des Hochtöners zu den Seiten auf 3:4:5:7 eingestellt wurde. Die Breite der Schallwand, eine alte Schrankrückwand, betrug 1m und wurde in 7 Einheiten aufgeteilt. Der Abstand des Hochtöners zu den Seiten war also 3 und 4 Einheiten und zum Boden 7 Einheiten. Die höchstfrequente Wechselwirkung mit Schallwand bildet sich bei 800Hz ab.

Gegen Mitte der 90er Jahre wurde mit dem neuen Diffusfeld-Mikro 4134 von Brüel&Kjaer ein Calibration Chart mitgeliefert. 10 Jahre später erfolgte eine Rekalibrierung in einem B&K Bus. Die Empfindlichkeit war um 1dB angestiegen, die Amplitudenüberhöhung hatte sich vergrößert und deren Frequenz verlagerte sich zu einer niedrigeren. Aber außer der Mikrofonempfindlichkeit muss der Frequenzgang des Pegelmessers 2235 mit eingerechnet werden. Das Ergebnis mit Berücksichtigung der letzten Rekalibrierung und der Korrektur für den Pegelmesser wurde in Abb.9 dargestellt. Zum Vergleich und der Bewertung der Richtigkeit wurden aus [3,5] die Amplitudengänge mit eingetragen. Es gibt geringe, aber systematische Abweichungen ab 12kHz, wo relativ zu hohe Amplituden gemessen wurden. In Abb.10 wurde der Einfluss des Frequenzganges des Pegelmessers wieder herausgerechnet, um auch mal so die Fremdmessungen direkt zu vergleichen. Jetzt stimmten die Frequenzgänge besser überein, der Amplitudengang des 2235 fällt oberhalb 7kHz zunehmend ab. Auch bei einem Tiefpass bei zu hoher parasitärer paralleler Kapazität wie bei einem ungeeignetem Kabel geschieht ähnliches. Es könnte sein, dass die Fremdmessungen nicht diese Präzisionskorrekturen beinhalteten. Auch wenn solche Restunsicherheiten nicht ganz beseitigt werden können, ist die wichtigste Aussage, dass die letzte Rekalibrierung weiter verwendet werden kann, das Mikrofon war nicht weiter abgedriftet. **Und was ganz wichtig ist, dass die Amplituden-Frequenz-Antwort dem der MLSSA Messmethodik von [3] entspricht. Es ist mit diesem Mikrofon keine zeitbegrenzte Schallemissionsfenster erforderlich, damit die Wandreflexionen ausgeschlossen werden.**

Abb.9: Einfluss von Mikrofoneichkurven im Vergleich

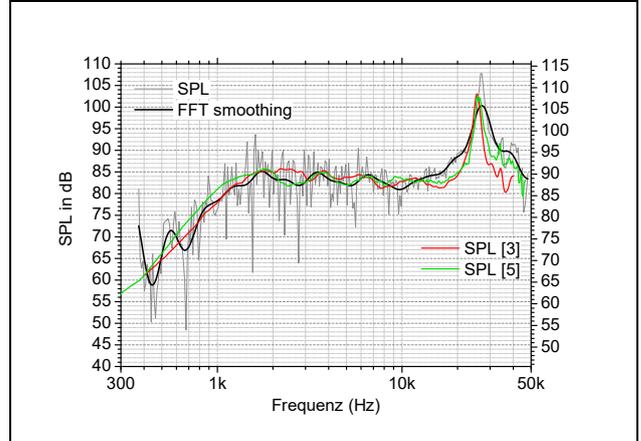
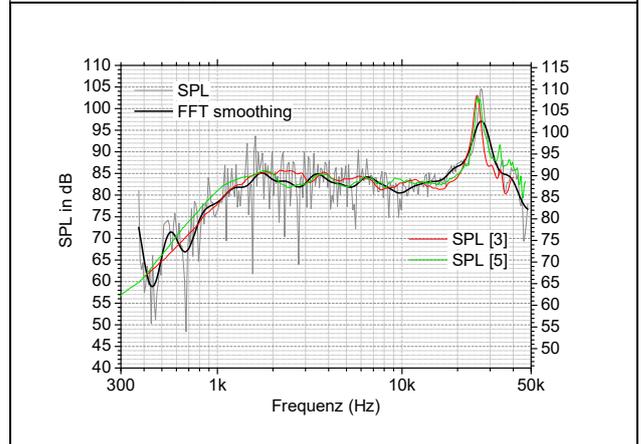


Abb.10: Frequenzgang ohne Korrektur des Pegelmesserganges



14.2.3. Frequenzgänge der Hochtöner von Audax und Moca

In Abb.11 und 12 werden die komplett korrigierten SPL-Frequenzgänge der beiden Audax und Moca Hochtöner übereinandergelegt und mit FFT geglättet. Die Messung erfolgte mit Sinus Steps in 1m Abstand. Das Messdelay betrug 2s, weil erst nach 1,5s die Anzeige im Display des 2235 zum Stillstand kam. In Abb.13 werden die jeweiligen Mittelwerte verglichen. Der Audax hat den Vorteil, dass er bis über 50kHz reicht, der Moca dagegen hat einen positiven SPL-Anstieg zu den Höhen hin, was günstig ist, um der wachsenden Dämpfung der Höhen mit dem Abstand entgegen zu wirken.

Abb.11: Beide Audax TW025A20 mit kompletter Korrektur

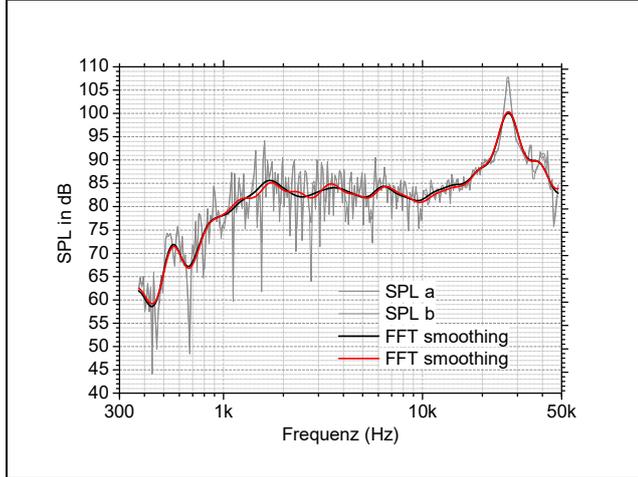


Abb.12: Beide Moca TW025HE01 mit kompletter Korrektur

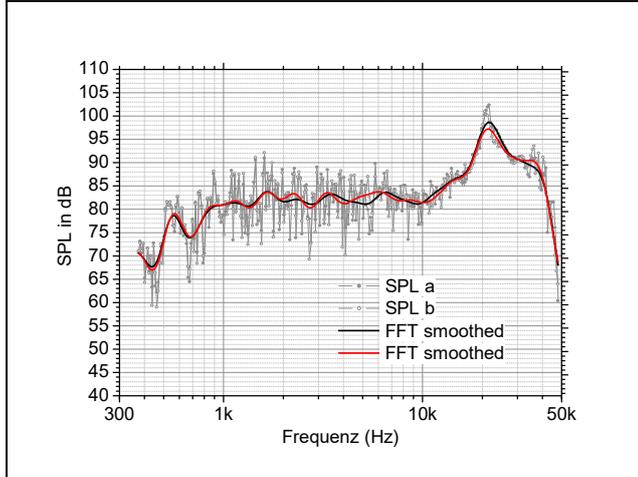


Abb.13: Moca und Audax im SPL-Vergleich

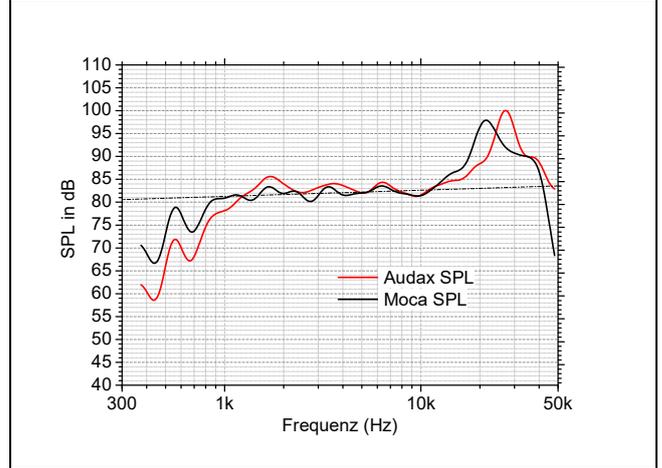


Abb.14: elektr. Impedanz u. Phasengänge vom HP und Hioki

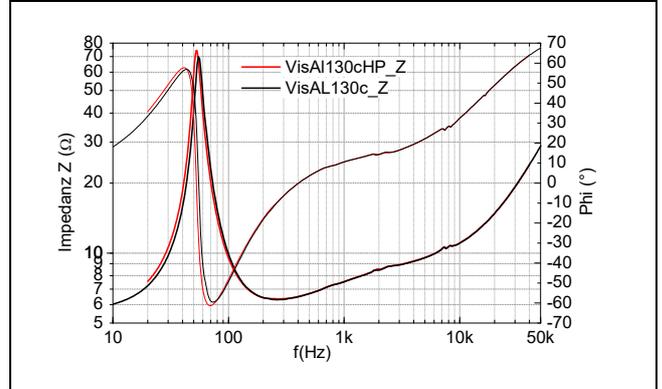
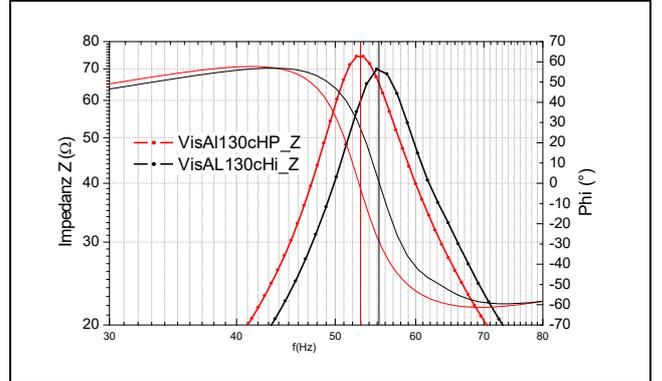


Abb.15: Unterschiede der Resonanzmessung des Exemplares c



Tab.1: Anwendungsparameter der Hochtönerauswahl

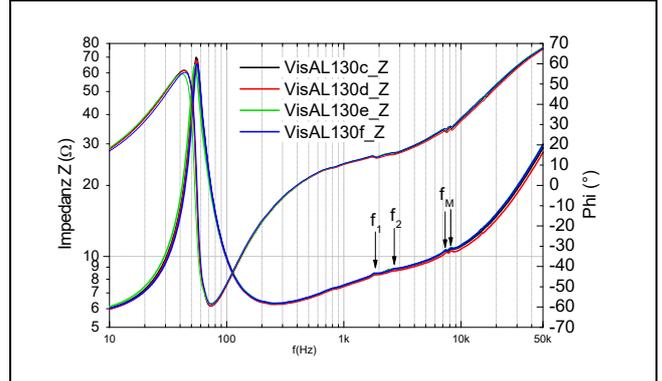
	Audax A20	Moca HE01
niedrigste Trennfrequenz (kHz)	2,5	2,0
Übertagungsbandbreite (kHz)	2,0-50	1,5-40
erreichbare Verzerrungen (%)	0,20	0,15
erreichbare Verzerrungen (dB)	-54	-57

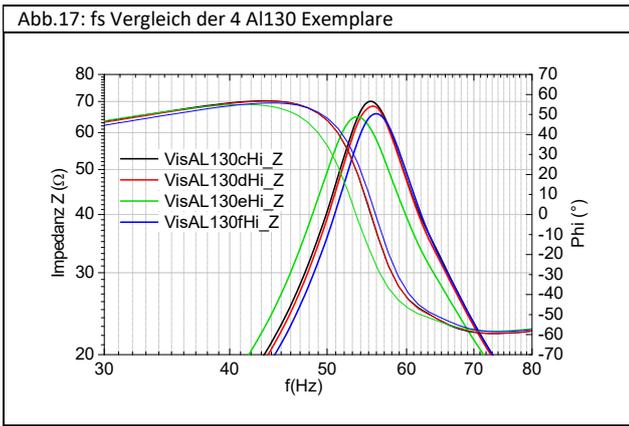
14.2.4. Impedanzgänge Visaton AL130 am Hioki im Vergleich

Die neuen AL130 wurden zunächst an der HP und danach am Hioki mit jeweils 1,0V Signalspannungsvorgabe gemessen. Bei allen Exemplaren waren die Impedanzen oberhalb 200Hz deckungsgleich, nur die Tiefresonanzen unterschieden sich immer auf dieselbe Weise. (s. Abb.14,15).

Anhand des Resonanzverhaltens in fs, Abb.17, ist doch eine gewisse Fertigungsschwankung zu erkennen. Nun ist bekannt, dass durch das Konditionieren die fs sinkt. Wird es möglich sein alle auf die gleiche fs zu trimmen? Ist das überhaupt erforderlich?

Abb.16: elektr. Impedanz u. Phasengänge Serienstreuung Hioki

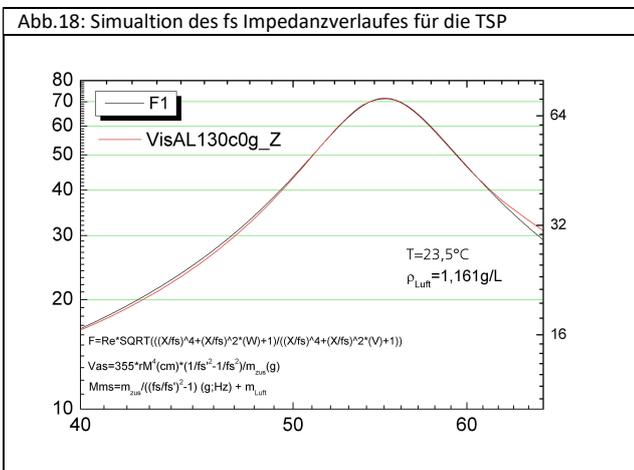




Nun war bekannt, dass das mit analogen Schwingkreisen betriebene HP4284A von 1992 ein 24h „warm up“ benötigte. Das ausgeliehene Hioki wurde 2h vor der Messung angeschaltet und dann kalibriert. Die Kurzschlussimpedanz betrug dann jedoch 28mΩ. Nach Durchmessen aller 10 Chassis von 1Hz bis 100kHz war die Kurzschlussimpedanz auf die richtigen 0,00mΩ gesunken. Parallel änderte sich fs von 55,3 auf 55,0Hz. Also sind auch dort vermutlich 24h „warm up“ erforderlich. Zur Simulation wurde rM 5,05cm, und damit Sd 80,118 eingesetzt. Die Bündelungsfrequenz beträgt 1084Hz. Die Simulation des fs-Impedanzganges gelang ausreichend gut (s. Abb.18) und damit sollten die TSP nach der Methode von Panzer zuverlässig sein.

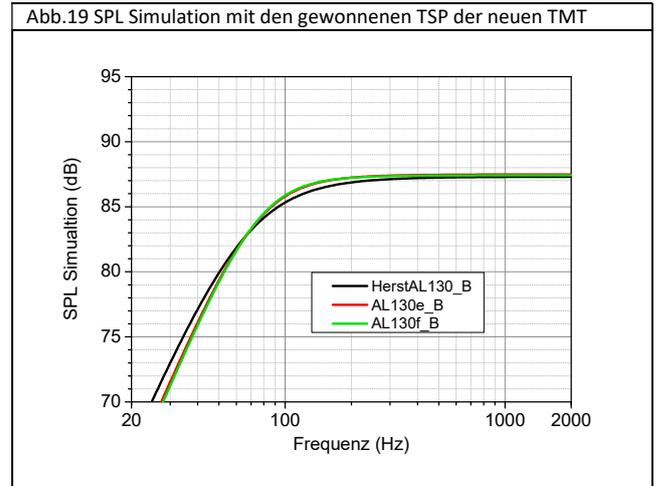
Tab.3: TSP für die neuen AL130

Exemplar	c	d	e	f
Re (Ω)	5,540	5,480	5,550	5,560
fs (Hz)	55,050	55,190	53,270	55,790
fsz (Hz)	49,700	49,700	47,910	50,220
Qms	6,825	6,925	6,260	6,850
Qes	0,573	0,586	0,572	0,618
Qts	0,529	0,541	0,524	0,566
mzus (g)	2,000	2,000	2,000	2,000
Mmr (g)	0,412	0,412	0,412	0,412
Mmd (g)	8,815	8,579	8,465	8,542
Mms (g)	9,228	8,991	8,877	8,955
Cms (mm/N)	0,906	0,925	1,006	0,909
Rms (kg/s)	0,468	0,450	0,475	0,458
Z(10kHz)	11,430	11,029	11,169	11,149
Le(mH@10kHz)	0,152	0,152	0,154	0,154
Vas (L)	8,643	8,836	9,612	8,684



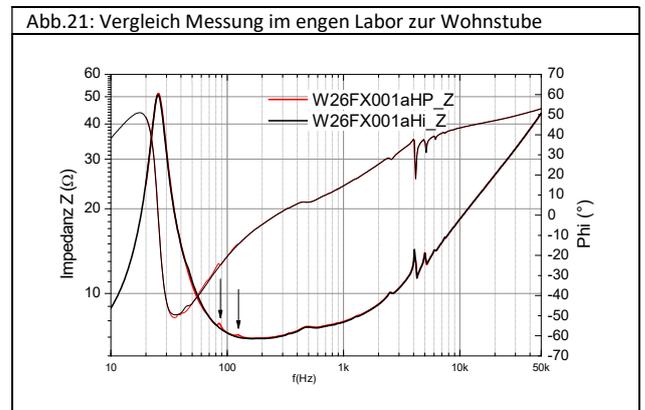
Die Schalldruckamplitudengänge, die in einer geschlossenen Box mit 10L und Besselabstimmung simuliert wurden, sind dem des Herstellers ziemlich ähnlich, selbst der Unterschied im Vas macht sich nicht bemerkbar. Für den TMT AL130 ist es sogar günstig, dass er mit einem

möglichst hohen Schalldruck startet. Deshalb wird dieser nur mit ±3mm Hub konditioniert.



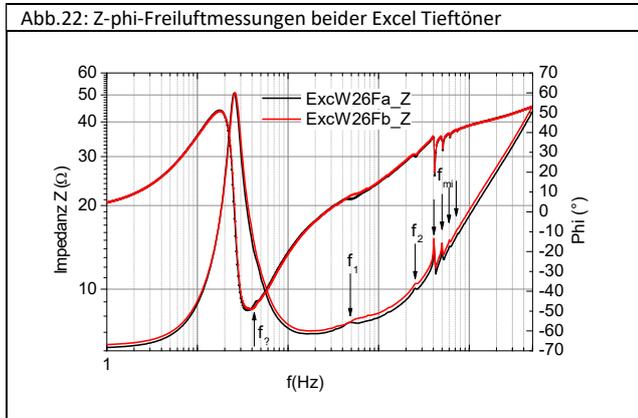
14.2.5. Excel W26FX001 im Vergleich

Völlig neu neben den Hochtönern mit Metallmembran ist nun auch ein großer Tieftöner mit leichter AlMg-Metallmembran und einer linearen Auslenkung x_{lin} von ±7mm. Die erste Messung des Impedanz- und Phasenganges des Exemplar a in einem dicht mit Möbeln und Gerätschaften belegten Labor am HP im Vergleich zur Messung in der Wohnstube mit dem Couch-Tisch zeigt zusätzliche Störungen zwischen 80 und 200Hz, wie in Abb.21. mit 2 Pfeilen dargestellt ist. Entsprechend der Erfahrung war dieses Phänomen bekannt. Bei Tieftönern werden Reflektionen von großen Gegenständen in seiner unmittelbaren Umgebung im Impedanz- und Phasengang als Störungen der Monotonie sichtbar.

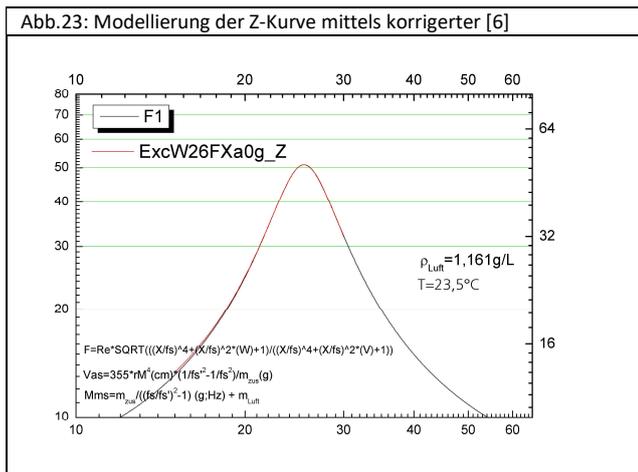


In Abb.22 wurden die Messkurven beider Tieftöner zusammengestellt. Am gleichen Ort gemessen, gibt es auch hier Unterschiede bei f_1 mit 42Hz, f_2 mit 500Hz und f_3 mit 1,5kHz. Das Exemplar b zeigt die weniger gestörte Kurve. f_{mi} sind eine Reihe Impedanzspitzen, die von der Membranresonanz kommen. In Kapitel 1 wurde festgestellt, dass die Verzerrungen, die in der Literatur gemessen worden waren, deutlich im

Bassbereich <200Hz verschieden sein können, von klirrmäßig bis mittelmäßig. Bei 1,5kHz wurde in [7] eine k_3 -Spitze von 1% ermittelt. Das wurde von [8] bestätigt. [9] zeigt in 43Hz eine leichte Erhöhung der THD auf 1%. Dieser Verzerrungsanstieg könnte auch auf die Hauptfreiluftresonanz f_s zurückzuführen sein. Eine Klirrentsprechung von f_1 wurde nicht gefunden. Die Ursache des f_2 ist nicht bekannt.



Für beide Excel a und b wurden die TSP simuliert. In Abb.23 wurde die erfolgreiche Modellierung gezeichnet. Für b gilt gleiches.

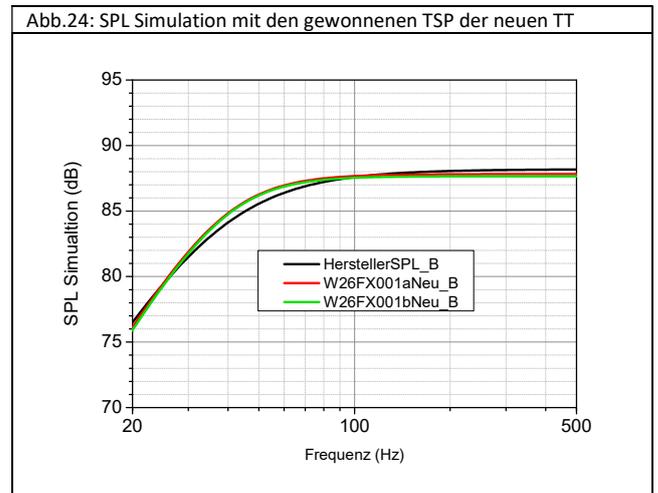


Tab.4: TSP für die neuen W26FX001

Exemplar	a HP	a Hioki	b Hioki
Re (Ω)	6,140	6,140	6,280
fs (Hz)	25,580	25,480	25,960
fsz (Hz)	23,650	23,570	24,010
Qms	3,922	3,823	3,687
Qes	0,530	0,524	0,517
Qts	0,467	0,461	0,453
mzus (g)	10,000	10,000	10,000
Mmr (g)	3,706	3,706	3,706
Mmd (g)	58,867	59,299	59,162
Mms (g)	62,574	63,005	62,868
Cms (mm/N)	0,619	0,619	0,598
Rms (kg/s)	2,565	2,639	2,781
Z(10kHz)	18,391	18,380	19,279
Le(mH@10kHz)	0,276	0,276	0,290
Vas (L)	112,024	112,083	108,227

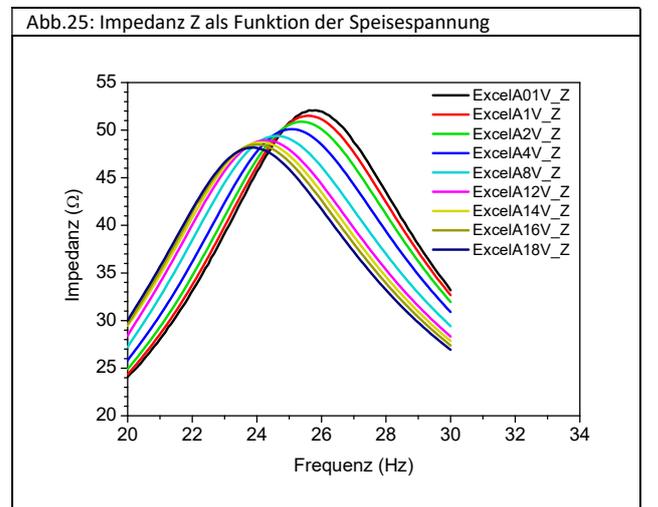
Zur Simulation wurde rM 10,5cm, und damit Sd 346,316 eingesetzt. Der Tieftöner bündelt theoretisch bereits ab 521Hz. In Tab.4 sind die errechneten Werte enthalten. Die Vas sind im Vergleich zu allen Literaturdaten und vor allem zum Hersteller noch sehr klein.

Verglichen mit Abb.34 Kapitel 1 ähneln die erhaltenen Parameter in Abb.24 dem des Herstellers am besten, obwohl Vas viel kleiner ist. Auch der Hub $x(mm)_{p-p} \{1W;2.828V\}_{20Hz} = 3,5mm$ ist der gleiche. Nur die Impulsantwort zeigt ein leichtes Überspringen in der 2.Halbperiode.



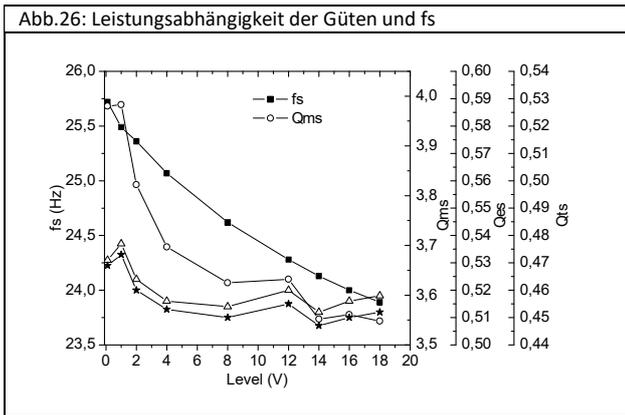
14.2.5.1. Leistungsabhängigkeit

Im Teil 1 der 2-Wege wurde im Kapitel 9 festgestellt, dass das Impedanzverhalten des AL130 um die Freiluftresonanzfrequenz f_s oberhalb 7,5V Speisespannung nichtlinear wurde. Diese Spannung entspricht der üblichen Angabe einer Leistung von 7W für 8Ω Chassis. Erfahrungsgemäß beginnt ab dieser Spannung auch eine „Verdickung des Klangbildes“. Daher stellte sich die Frage, ob etwas ähnliches, wenn auch bei höherer Spannung, auch beim W26FX001 zu beobachten ist. Die Kurven in Abb.25 verneinen das bis 18V. Damit ist bis mindestens 40W keine Klangbildveränderung zu erwarten, was einem höheren Spannungspegel von mindestens +8dB entspricht.



Die mechanische Güte Qms sinkt kontinuierlich mit höherer Betriebsspannung von 4 auf 3,6, was in etwa 10% ist. Der größte Abfall erfolgt bereits bis zu 1W Leistungseinkopplung. Qes dagegen ändert sich nur um 4% und folglich auch die Gesamtgüte Qts .

Abb.26: Leistungsabhängigkeit der Güten und f_s



Literaturverweise

- [1] www.audax-speaker.de 28.02.2011
- [2] www.moca-audio.com 28.02.2011
- [3] HobbyHifi 2008, Heft 3
- [4] www.bwspeakers.com, 800_Development_Paper.pdf 2006
- [5] <http://www.diyaudio.gr/oldnimmel.htm> 28.02.2011
- [6] Jörg Panzer, Frequenzweichen für Lautsprecher, RPB Franzis Taschenbuch N2.236, 2Aufl. 1991, +Korrektur nach Teil1
- [7] HobbyHifi 2003, Heft 1
- [8] Klang+Ton 2003, Heft 6
- [9] Klang+Ton 2004, Heft 4