

Kapitel 7

Die klangliche Überprüfung verschiedener „nichtmagnetischer“ Widerstände 2002-2003

7. Nichtmagnetische Leistungswiderstände

Nichtmagnetische Leistungswiderstände heißt, dass es einen klaren Unterschied zu den magnetischen Widerständen gibt. Die normalerweise in den passiven Frequenzweichen genutzten Leistungswiderstände sind vom axialen Aufbau und haben 2 becherförmige Anschlußkappen, die im wesentlichen aus den ferromagnetischen Elementen Eisen und/oder Nickel bestehen. Das führt dazu, dass diese Anschlußkappen von Magneten so kräftig angezogen werden, dass sie an den Magneten „springen“. Es bedarf schon erstaunlich hoher Kraft, sie wieder davon „abzureißen“. Und nicht nur Leistungswiderstände sondern auch bis zu den kleinen Elektronikwiderständen von 0,125W hinunter, aber auch die allermeisten SMD-Chipwiderstände können mit einem Magneten aus dem Elektronikbauteilesammelkasten „aussortiert“ werden.

Bei Spulen mit ferromagnetischen Weicheisenkernen ist bekannt, daß diese harmonischen Klirr erzeugen, wobei der dem Hörsinn unangenehmere k_3 höher ist als k_2 (s. Kapitel 2). Der Klirr wächst nahezu linear mit der Wechselstromamplitude an bis der Kern in die Sättigung gerät, darüberhinaus steigen die Verzerrungen exponentiell an. Dabei verliert das Originalsignalton bzw. Grundtonimpuls an Energie, die einmal in Wärme umgewandelt wird, weil die Ummagnetisierung durch eine Hysterese des Kernmaterials einmal eine Teilchenbewegung verursacht und zum anderen jedesmal Energie gespeichert wird. Mit der anderen Halbwelle wird einem Teil der gespeicherten Energie nochmal verformt und der andere Teil wieder in Wärme umgesetzt. Besonders hohe Klirrwerte k_3 von fast 1% werden erreicht, wenn der Kern in sich geschlossen wird, d.h. wie bei einem E-Kern mit I-Kern Abdeckung.

Bei den axialen Widerständen fließt der Wechselstrom durch einen elektrisch leitfähigen, ferromagnetischen Ring. Da die magnetischen Feldlinien des Stromes ringförmig den Leiter umschließen bedeutet dieser Sachverhalt, dass der Leiter von einem geschlossenen „Kern“ umgeben wird. Außerdem werden Wirbelströme des breiten Ringes die Impulse dämpfen. Da die magnetischen Anschlußkappen ein magnetisches Streufeld besitzen, können sie bei Drahtwiderständen einen zusätzlichen Störstrom in andere Teile induzieren. Da Drahtwiderstände meist gewickelt werden, sind die daraus resultierenden Verzerrungen von recht komplexer Natur. Die Folge davon ist, dass Drahtwiderstände mit magnetisierbaren Anschlusskappen den Klang mehr verschlechtern als die MOX-Widerstände, da die MOX einen zylindrisch geformten geraden Metalloxidfilm auf einen Keramikträger haben.

Bei Metallen gibt es noch die Elektromigration, die zu Änderungen der Struktur, der stofflichen Verteilung von Nebenkomponenten sowie zu Änderungen der Phasenübergänge zwischen den Materialien führen. Bei Metalloxiden ist die Aktivierungsenergie zur Elektromigration deutlich höher. Das mag die Ursache sein, warum die MOX-Widerstände eine merklich kürzere Inbetriebnahmezeit von Tagen bis Wochen haben und nicht Wochen bis Monate, bis sich der Klang nicht mehr verändert, weil nur ein Teil sich verändert..

Was würde man von Widerständen erwarten, die keine Drahtwicklungen und magnetische „Ringkerne“ mehr haben? Mehr Dynamik und höhere Signalpräzision? Hoffentlich ein besseres Einschwingverhalten der akustischen Musikinstrumente, da die erste Wellenfront nicht mehr verformt wird.

7.1. Isabellenhütten-Metallfilmwiderstände PBH

Die PBH Widerstände der Isabellenhütte [1] verkraften ohne Kühlkörper 3W und mit angeschraubten Kühlkörper 10W. Sie sind keine axialen Typen. Sie ähneln von der äußeren Form her den TO 247 Transistorgehäusen. Die Rückseite wird fast ganzflächig durch einem Aluminium-Kühlkörper eingenommen. Die Widerstandsbahn selbst besteht aus einer geätzten Manganin-Folie, einer speziellen metallischen Widerstandlegierung. Sie wird also bei der Inbetriebnahme einer Migration ausgesetzt sein, d.h. Klangveränderung durch Belastung im Langzeitbetrieb.

Durch welchen Isolatoraufbau die Folie auf dem Kühlkörper angebracht wird, konnte den Datenblättern nicht entnommen werden. Manganin ist eine 3-Komponentenlegierung, Cu 86% + Mn

12% + Ni 2%. Sie ist nicht ferromagnetisch. Der Temperaturkoeffizient ist parabolisch und liegt um 50ppm bei Raumtemperatur. Das Widerstandsmaximum der Parabel befindet sich bei 25°C. Die Belastbarkeit von 10 W mit Kühlkörper ist bis 80°C zugelassen, darüber nimmt die Belastbarkeit bis zur maximalen Arbeitstemperatur von 140°C ab, da der Widerstand absinkt und zwar auf 99,6%.

Die Folie wird sicherlich flächig über dem Kühlkörper angeordnet sein. Bei großen Wechselströmen werden Wirbelstromverluste im Kühlkörper auftreten und durch elektromagnetische Rückkopplungen harmonische Verzerrungen wieder in der Widerstandsfolie hervorrufen.

Zuerst einmal wurde ein einziger PBH in den Signalweg zum Hochtöner und danach in den Massezweig eingelötet und ein Klangvergleich in Mono durchgeführt. Alle anderen Widerstände waren 10W MOX Inter Technik, 6 Stück. Der erste Eindruck war, daß der PBH den Klang etwas dunkler, d.h. wärmer gestaltete. Die Einschwingvorgänge von klassischen Instrumenten schienen natürlicher zu wirken. Fortan wurde nur noch über diese Box gehört, die um 6dB lauter betrieben werden konnte und so die Inbetriebnahmezeit verkürzte. Nach einer zusätzlichen Voralterung mit Rosarauschen und einigen Tagen Betrieb schien der Klang aber heller zu werden, im Vergleich zur anderen Box ohne PBH blieb sie aber wärmer, weil die „Helligkeit“ von einer Überbetonung der Höhen kam, die weit oberhalb des Präsenzbereiches lagen (> 6 kHz). Das gleiche Verhalten wurde mit dem Widerstand gegen Masse erhalten. Das hieß, daß sich diese Widerstände völlig entgegengesetzt änderten als das von den Drahtwiderständen her bekannt war, beides sind Metall-Legierungswiderstände.

Nun wurden alle restlichen MOX der einen Box gegen die PBH ausgetauscht. Alle vorhergehenden Eindrücke wurden verstärkt, auch das Alterungsverhalten. Die Umstellung auf diese Art von Widerständen hatte sich wirklich gelohnt, da nun erstmalig die Einschwingvorgänge von Zupf- und Tasteninstrumenten sowie von Percussionsinstrumenten mit den Grundtönen zuerst, d.h. richtig herum gehört wurden. Was das hieß, wurde erst so richtig im Vergleich zu der anderen Box klar, bei der an Stelle des Grundtoneinschwingens bereits ein scheinbares Obertonspektrum des „Saitenaufschaukelns“ zu vernehmen war. Bei allen anderen Instrumenten konnte der Hörgeschmack entscheiden. War es der Schritt in die richtige Richtung? Waren vor allem die Widerstände schuld für die in Kapitel 2 angedeutete Misere der Wiedergabe? Verständlich, denn Widerstände werden immer als drittrangig behandelt. Oder irrte man, dass man schon zu empfindlich reagiert oder sich etwas einbildet? Wie empfinden andere, die keiner HiFi-Zeitschrift angehören? Der PBH wurde von KLANG+TON, Heinz Schmidt empfohlen.

Zu diesem Zwecke mussten Mithörer eingeladen werden, die professionell mit Musik und Aufnahmen zu tun hatten und interessierte Hobby-Musikhörer verschiedener Altersgenerationen. Dazu musste ein Protokoll aufgenommen werden.

Zuvor wurde untersucht ob die Befestigungsschrauben, mit denen die PBH auf die Kühlkörper montiert einen klanglichen Einfluß ausübten. Wenn induzierte sekundäre Wirbelstromrückkopplungen eine Rolle spielten, dann könnte dies zu hören sein. Dazu wurden Schrauben mit gleichem Gewinde herausgesucht und in ein Kühlblech (Frequenzweichenkasten) ein Loch gebohrt und das entsprechende Gewinde geschnitten.

Es standen 3 verschiedene Schraubenmaterialien zur Verfügung:

(i) Standard 3mm Schlitzschrauben ferromagnetisch, (ii) Edelstahlschrauben sehr schwach ferromagnetisch, (iii) Kunststoffschrauben Nylon. Die Schrauben wurden bei laufender Musik schnell abwechselnd in die Bohrungen gewechselt. Als Testmusik wurde ein Violinstück mit ca. 1W Wiedergabeleistung genutzt. Dazu wurde die CD HiFi Visionen, Klassik-CD3, historische Musikinstrumente verwendet. In der Reihenfolge Kunststoffschrauben über Edelstahlschrauben zu Standardschlitzschrauben traten immer mehr zusätzliche Verzerrungen auf, etwa in dem Maße, als würde die Entzerrung der Nebenresonanz des Hochtöners schrittweise entfernt werden.

Im Nachhinein wurden alle Hochlastwiderstände PBH für 10W Belastbarkeit mit Kunststoffschrauben an Aluminiumkühlkörper befestigt, das betrifft die Widerstände parallel zum Tieftöner und den Widerstand in Serie und parallel zum Hochtöner.

Hörsitzung mit Gästen zum A-B Vergleich

Testanlage:

1 Tag warmgelaufen und 1 Stunde bei 1W betrieben, d.h. Betriebselko's und Lautsprecher-Relais formiert

Testpersonen:

1. ehemals aktives Mitglied einer Tanzmusikkapelle 70er Jahre, Gitarrenspieler, Hobbyhörer (50)
2. studierter Akustiker, Hobbyaufnehmer von klassischer Musik (55)
3. Konstrukteur und Vorführer (47)
4. Person (Schaltungs- und Software-Ing., 50)
5. Person (Student, Sohn der 4.Person, 24 Jahre, brachte eigen Schallplatten mit)

Testmethode:

Zuerst wurde Musik in normalem Stereo mit normaler Boxenstellung wiedergegeben. Bei der Wiedergabe wurden die Schutzgitter der Boxen entfernt, um den Hörern die Gelegenheit zu geben, den Klangunterschied zwischen diesen Varianten erkennen zu können. Die Abbildung des akustischen Ereignisses wurde für alle erstaunlich klarer. Nachdem die Tonregler durch Entfernung „Source Direct“-Brücke wieder in den Signalweg geschaltet wurden, konnte auf Mono umgestellt werden, da nur im Mono verglichen werden kann. Der abgebildete Wiedergaberaum fiel auf 2m Durchmesser zusammen, gleichzeitig verschwanden viele akustische Informationen, vor allem höherfrequenter Art. Die Boxen wurden nun in die Mitte der Zimmerlängsfront mit einem Abstand von 1,7m zu den Seitenwänden hinten, links und rechts zusammengestellt, um die akustische Unsymmetrie des Zimmers weitgehend unwirksam zu machen. Der Vergleich erfolgte durch Drehen des Basisreglers und Kurzzeitwiederholung von Musikdetails, wie Gitarrenakkorden, Violinenanstrichen, Paukenschlägen, Gesangsabschnitten aber auch von größeren Musikpassagen weitgehend aus CD Tonträgern aber auch ein Beispiel aus LP Tonträgern (Pink Floyd „Time“ Anfangsstück). Den Testpersonen wurde nicht gesagt, welche der Boxen mit den nichtmagnetischen Widerständen ausgerüstet worden ist.

Testverlauf:

Die Umstellung von der normalen Hörsituation zeigte, dass durch Einschleifen der Tonregler (Zwischenverstärkerstufen mit Elko-Kopplung) die Klarheit der Abbildung durch Verlust höchster Frequenzanteile etwas verloren ging, was nicht jedem Hörer sofort auffiel, da mehr auf das Gesamtbild der Musik im Ganzen geachtet wurde, nur der Eindruck war eben anders, für die meisten aber erst nach der Bemerkung, dass „Source Direct“ ausgeschaltet wurde. Nur die 5.Person erkannte den Unterschied von sich aus. Der grösste Qualitätsverlust wurde von allen hörbar durch den Kurzschluss der beiden Kanäle Links und Rechts auf Mono erreicht, viele hochfrequente Signalanteile verschwanden und es wurde geringfügig scheinbar leiser, da die Rauminformationen ausgelöscht wurden. Diese Klarstellung sollte darauf hinweisen, wenn es einen Klangunterschied zwischen den Boxen geben sollte, dann würde sich dieser in Stereo und „Source Direkt“ potenzieren. Mit der Maßgabe, das bereits geringste aber signifikante Verbesserungen in Richtung Original lohnenswert sind, sollten die konstruktiven Neuerungen dann technisch voll umgesetzt werden.

Die Instrumentenbeispiele entstammten sogenannten Test-CD's von „Audio“ „Stereoplay“ , „HiFi-Vision“ und „Stereo“. Weitere CD's waren Instrumentalstücke von Mike Oldfield , Lorena McKennit.

Die 1.Person meinte, dass die rechte Box deutlich mehr von den ganz hohen Tönen bringt und trotzdem wärmer klingt, durchsichtiger. Das Einschwingverhalten der Instrumente ähnelt den Originalinstrumenten viel mehr als bei der linken. Bei der Vorstellung von Gesangstimmen, z.B. von der „Audio“ Test-CD gemeinsam mit Orgel war der Unterschied zwischen links und rechts „verblüffend“, die 5.Person nickte bekräftigend, sie konnte den Effekt nur nicht so gut umschreiben. Von der rechten Box erschien die Stimme deutlicher vor den Instrumenten und auch „echter“. Die unterschiedlichen Stimmendarstellungen, egal welcher Software, war auch bei Sprecherszenen so deutlich, dass die 4.Person nur den Kopf lächelnd schüttelte und meinte „es ist nicht zu fassen“. Die linke Box bringt die Stimme vergleichsweise mit einer gewissen Rauigkeit, meinte die 3. Person, die 1.Person stimmte dem zu, bei der rechten Box klingt die Stimme glatt, geschmeidig, die 5.Person bestätigte das wiederum. Stimmenvergleiche bringen auch dann Unterschiede, wenn die Musikaufnahmenqualität oder Tonquellenqualität wie aus dem Rundfunk nicht so berauschend ist.

Die 2.Person ließ eigene Aufnahmen von Klavier und Violine wiedergeben. Nach wenigen Beispielen von weniger als 1 Minute

Dauer bemerkte sie bereits, dass die rechte Box deutlich klarer und mehr in Richtung Original ging. Sie fragte, wo denn das zusätzliche „Rauschen“ in der linken Box herkommt. Die 3.Person erklärte die vermeintlichen Zusammenhänge und ergänzte, dass der Unterschied um so prägnanter wird, je lauter die Klangbeispiele wiedergegeben werden, bzw. eben je grösser die Ströme sind, die durch das passive Filternetzwerk fließen. Dazu wurde das beliebte Beispiel von Sting, CD „nothing like the sun“ (nicht remasterte Version) Track 4, 9. bis 15. Sekunde wiederholt und dabei der Volume-Regler aufgedreht und links mit rechts verglichen. Bei leisen Passagen unter 1W Spitzenleistung sind kaum Unterschiede von der 1., 4. und 5.Person zu erkennen. Ab 5W zunehmend bis 50W werden von mehr Personen Unterschiede bemerkt. Bei 50W sind die Differenzen so auffällig, dass alle diese deutlich erkennen, nämlich, dass die höchsten Töne in der linken Box langsam gegenüber den Mittenbereich abtupfen, als ob der Verstärker im Hochtonbereich „den Geist aufgibt“, was bisher von der 3.Person geglaubt wurde, während die rechte Box die Klangbalance unverändert und ohne Verzerrungszunahme beibehält.

Ein Vergleich mit Rosarauschen offenbarte schon bei niedrigen Pegeln deutliche Unterschiede. Die linke Box brachte das Rauschen besonders im Präsenzbereich vordergründig, fast aufdringlich, die rechte hingegen stellte zusätzlich viel hellere Töne dar, wobei der Präsenzbereich „durchsichtiger“ war und sich in die allgemein richtige Klangbalance unterordnete, sich eben mehr dem Ziel einer „Wasserfallszene“ annäherte. Bei Rosa Rauschen mit 180° Phasenverpolung verstummte das Rauschen völlig, d.h. die Tonquellen waren in Ordnung.

Bei der Wiedergabe von ganzen Musikstücken wurde der Basisregler langsamer gedreht und auf den Wiedergaberaum geachtet. Dabei wurde ein allgemeiner Eindruck erweckt, dass bei der Kanalverschiebung von rechts auf links der Raum eingeeengt wurde, so dass die linke Box besser geortet werden konnte. Der Fachmann sagte, dass hier die künstlichen Obertöne schuld sind.

Jedoch konnten bisher nicht alle Testteilnehmer zu einer eindeutig, gleichen Meinung geführt werden. Deshalb wurde zu einer extremen Aufnahme gegriffen, die nur auf LP zur Verfügung stand. So wird das Anfangsstück „Time“ von Pink Floyd mit den vielen Uhren und Weckern immer mehr oder weniger verzerrt wiedergegeben, so grell, dass man immer spontan „leiser drehen will“ und sich fragt ob denn die Aufnahme nicht auf den Tonbändern bereits leicht verzerrt wurde oder ob der Tonabnehmer es nicht mitmacht (Eroika LX kostete ja mit 180€ nicht die Welt). Die Hand des Vorführers zuckte schon zum Lautstärkeregler als das Stück über die linke Box angespielt wurde, aber sie wurde gezwungen den Basisregler gleichmäßig schnell auf die rechte Box zu schieben. Alle Testteilnehmer waren nun wirklich überzeugt, dass doch die rechte Box das Original besser wiedergibt als die linke. Bisher kamen doch ab und zu mal bei einigen Musikabschnitten leise Zweifel, ob es nicht auch eine Geschmacksfrage ist, welche Box besser wiedergibt.

Zum letzten Vergleich wurden die Lautsprecheranschlüsse am Verstärker getauscht, alles blieb erhalten.

Nun konnte auch ein Blick hinter die Box freigegeben werden, die Frequenzweiche war hinter den Boxen offen angebracht. Die rechte Box enthielt die nichtmagnetischen Widerstände, die linke enthielt wie in den meisten hochwertigen Lautsprecherboxen üblichen Metalloxyd-widerstände mit den ferromagnetischen Anschlusskappen. Den Teilnehmern wurde ein Lautsprechermagnet in Hand gegeben und sie sollten selbst sehen, wie stark, abgesehen von den grossen MOX 10W Leistungswiderständen, selbst kleinste Metallfilm-widerstände für 1/4Watt Leistung angezogen werden können.

Der Einfluss des Widerstandes wird, wie nachgewiesen, um so grösser sein, je grösser der Wechselstrom ist, der durch diesen fließt. Nachdem alle Teilnehmer den Test hinter sich hatten und quasi erlernt hatten, was man alles hören kann, wurden noch einmal leise Musikstücke unter 1W gespielt. Und die Teilnehmer hörten jetzt auch die Unterschiede.

Was nicht bedeuten sollte, dass die linke Box allgemein im Vergleich zu anderen Herstellern schlecht gespielt hat, im Gegenteil die Wiedergabequalität war in einen sehr hohen Niveau einzustufen, die im wesentlichen nur noch von der Software abhängt. Die rechte spielt nur in einer neuen Welt, die dem der Breitbandlautsprecher stark ähnelt, aber ohne Hochtonverzerrungen und Bassschwächen.

Die Hörsitzung hat gezeigt, dass der Konstrukteur ein durchschnittliches Gehör hatte, dass er weniger schnell und intensiv die Unterschiede erkannt hat als diejenigen, die professionell mit der Musik zu tun haben oder hatten, aber sein Gehör ist so trainiert, dass

er besser als normale Hobby-Hörer Differenzen vernehmen kann und fast noch so gut wie junge Leute das obere Spektrum an Frequenzen musikalisch bewerten kann. Das bedeutete, dass alle bisher erkannten Entwicklungsschritte in Richtung Original von allgemeiner Gültigkeit sein können.

Wenn man die Hörerfahrungen von der Funkausstellung berücksichtigt, dann kommt man zum Schluss, dass die Tragweite des Ausstausches aller Widerstände für Audiozwecke gegen „nichtmagnetische“ für eine Originalwiedergabe grösser ist als die Einführung einer DVD-Audio oder SACD, wenn man mal von der Wirkung der Mehrkanaltechnik absieht.

Nach der eindeutigen Distanzierung von den MOX wurde auch die 2.Box mit den gleichen Widerständen PBH und Nylonschrauben ausgerüstet. Und hier zeigte sich wieder, dass die Erfahrung noch gilt, wenn auf einer Box in Mono-Betrieb ein leichter positiver Schritt in Richtung Originalität auch nur Ansatzweise zu bemerken ist, dann wird dies in Stereo erst richtig offensichtlich. Deshalb wäre es günstiger 2 Paar identische Boxen modifizieren zu können, dann fallen die Bewertungsentscheidungen leichter.

In Stereo erfolgte eine deutliche Zunahme an Räumlichkeit, eine Präzisierung der Instrumentenortung. Die Instrumente konnten alle erkannt werden, mit einer Ausnahme, Holzblasinstrumente, insbesondere das Fagott, hatten noch nicht ihren charakteristischen grundtonlastigen Eigenklang, sie erklangen mit zu viel Obertönen. Zum ersten mal konnte aber erhört werden, dass der Ansager auf Track 13 der HfiFi-Vision Classik Hörtest CD sich während der Vorstellung zu den Mitspielern hinwendet und es konnte beurteilt werden, wo die Mikrofone stehen und wie sie zu den Instrumenten ausgerichtet waren. Ein beeindruckendes Ergebnis.

7.2. Caddock-Metalloxidfilmwiderstände

Eine Recherche im Internet unter der Rubrik „nichtmagnetische“ und „non inductive“ brachte einen neuen Typ zu Tage. Der MP821, der in „High-End“ Lautsprechern von MERLIN als nichtmagnetischer Widerstand seinen Platz findet, wurde von einem Hersteller namens CADDOCK produziert. Dieser hatte eine Neuentwicklung parat. Eine sogenannte „low cost design“ Variante in mehreren Leistungsstufen. Es war die MP900 Serie mit Keramik „heat sink“ und einem dunkelfarbigem Metalloxid als Widerstandsfilm, der bei 760°C auf diese Keramik gebrannt wird. Möglicherweise gehört es zu den Oxiden der Platinmetalle, die stabil genug sind. Es könnte blauschwarzes RuO₂, grauschwarzes Rh₂O₃, blauschwarzes IrO₂, grünschwarzes Ir₂O₃, schwarzes PdO und schwarzes PtO₂ wie Pt₃O₄ sein. Nach den ausgewiesenen chemischen Eigenschaften und der Aufbrenntemperatur könnte es feinkristallines RuO₂ sein. Die äußere Form des Widerstandes gleicht dem der Isabellenhütten-Widerstände, der aber unter TO126 läuft, nur dass anstelle des Aluminiumkühlkörpers ein Keramikplättchen eingegossen wurde. Der Temperaturkoeffizient ist mit +80ppm für Metalloxid erstaunlich niedrig und nur wenig größer als für die PBH. Die elektrische Belastbarkeit sinkt jedoch bereits ab 25°C bis zur maximal zulässigen Temperatur von 150°C auf Null, d.h. es wird immer ausreichend Kühlkörperfläche benötigt. Zum Glück dienen sie nur für Musik, die ja im wesentlichen aus Pausen besteht.

Für die Klanguntersuchungen wurde der kleinste Typ MP915 mit 15W Belastbarkeit genutzt. Außer diesem gibt es noch andere für 30W und 100W Belastbarkeit.

Wiederum wurde nur eine Box mit dem neuen Typ vollständig bestückt. Die Umrüstung war sehr einfach, da der Widerstandstyp gleich montiert werden konnte. Es gab aber einen anderen fatalen Umstand. Die Caddock-Widerstände waren nicht nach den E-Reihen abgestuft, sondern in ganzen und halben Ohm-Werten. Seltsame Amerikaner, das metrische System setzt sich nicht durch, aber ganze Widerstandszahlen! Deshalb mußte der Hochtonermassezweig auf zwei Widerstände aufgeteilt werden. Dennoch ergaben sich um bis zu 0,3ohm abweichende Werte. Die LASIP-Simulation erklärte aber, dass die Pegelabweichung kleiner als 0,5dB sein sollte. Ein kleiner Test mit einem parallelen Widerstand, der Plastebüroklammern geklemmt und kontaktiert wurde, zeigte keine Klangfarbenänderung, obwohl die Differenz 0,53dB sein sollte.

Ein erster Eindruck im Mono-Vergleich ergab einen noch dunkleren Klang als der über Isabellenhütten-Widerstände wiedergegebene. Das erhoffte noch bessere Einschwingen trat diesmal nicht ein. Die Klangbalance veränderte sich trotzdem und zwar dahingegen, dass nur diejenigen Hochtonanteile verschwunden zu sein schienen, die

nicht zum Original gehören sollten, das bedeutete auch, das die vorhin noch bemängelte Spitze im Klang war weg. Während die eine Box, die Klirrsignale versinnbildlicht wie ein Feuerwerk um sich streute, man könnte es auch als zusätzliches Rauschen benennen. Dadurch wurde der Klang jeder CD wärmer. Das Rosarauschen war bei der modifizierten Box noch „durchsichtiger“ und homogener geworden, die restlichen zu sehr betonten Spektralanteile versteckten sich nach einem Tag Hochstrombetrieb. Solange brauchen neue Lötstellen. Danach wurde der gesuchte „Wasserfall“ fast perfekt. Bei hoher Lautstärke zu hören, erlaubte der erste Test nicht, da noch keine Kühkörper aufmontiert worden sind. Immer ist man so ungestüm, wenn neue vielversprechende Tests anstehen. Ein langsames Aufdrehen des Volume-Reglers bestätigte eine leichte Aufwärmung der Widerstände.

Gut, also wurden die Widerstände auf die Bleche geschraubt. Nachdem die Musik eine Weile lief, fiel auf, dass die Abbildung wieder schlechter geworden ist. Wurde die Lautstärke nun höher gestellt, näherte sich die Klangcharakteristik dem der anderen Box mit den PBH. Da die Keramik-Widerstände direkt auf den Aluminiumkühlkörper mit neuen 2mm Nylonschrauben befestigt worden sind, könnte natürlich das mit größeren Leistungen und damit größeren Wechselströmen verbundene größere magnetische Wechselfeld bis zum Aluminium durchgreifen, dort Wirbelströme verursachen, die wiederum mit ihren induzierten Wechselfeldern in den Widerstand zurück koppeln. Deshalb wurden dünne Keramik-Platinen beschafft, die seitlich mit einer Diamantsäge geschlitzt wurden, damit dort die Schrauben durchgesteckt werden und die Widerstände plan befestigt werden konnten (Löcher in Keramik platinen zu bringen, ohne dass diese zerspringen, war etwas schwierig). Je zwei 4cm² große und 0,7mm dicke Platinen wurden unter einen Widerstand geschoben. Die Widerstände für die Impedanzlinearisierung der Hochtonerbenresonanz und der Spulenreaktanzen blieben ohne Kühkörper, sie erwärmten sich nicht merklich. Danach blieb die neue originalgetreuere Klangcharakteristik bis ca. 50W maximaler Leistung erhalten.

Nun konnte auch die zweite Frequenzweiche mit den Keramik-Widerständen besetzt werden. Nach der Hochstromvoralterung wurden wieder die Testmusikabschnitte gespielt. Noch nie konnte ein Umschalten von Mono auf Stereo so deutlich gehört werden. Auch das Wegschalten der Ton- und Basisregler über „Source Direct“ hatte einen stärkeren Einfluß als früher, der Hochtonanteil und die Präzision nahm zu. Der Bass schien etwas schlanker zu sein aber dafür mit kürzeren Impulsen, so kurz, dass neuerdings zu hören war, dass das Bassreflexrohr doch hörbar atmete bevor es zum markanten Röcheln kam und das in Form von Rauschimpulsen. Das enorm kurze Anklirren der Schrankwandscheiben kam zum Vorschein. Man spürte richtig, dass es jetzt wieder an der Zeit wäre, am Gehäuse etwas zu tun. Die Festigkeit des Boxengehäuses bei diesen wahrscheinlich nunmehr unverschiffenen Bassimpulsen reichte nicht mehr aus.

Eigentlich war es „zum Verrückt werden“. Perkussionsschläge höherfrequenter Art (also kein Tiefbaß) kamen so unvermittelt, bei entsprechender Lautstärke auch mit brachialer Gewalt, und endeten ebenso abrupt, dass man meinen könnte, man hält sein Ohr direkt neben das Instrument. Aber ja doch, steht das Mikrofon nicht sehr nahe an den Instrumenten? Über diese Widerstände werden die Klangfiguren und die Nahabstandsdyamik sehr realitätsnah abgebildet. Hält man die Lautstärke gering, fehlt irgendwas, man dreht immer lauter und es fehlt immer noch etwas, der Eindruck entspricht nicht der Erfahrung mit dem Original, und noch lauter bis es eigentlich plötzlich viel zu laut ist, weil die Lautstärke nicht in das 25m² Wohnzimmer mehr passt, da die Reflektionen zu früh kommen.

Was kann man tun?

Der Grundtonbereich von 200Hz bis 500Hz neigte zu kurzzeitigen Resonanzen, da der Ton länger vom Gehäuse anhielt als er über die Membran abgestrahlt wurde. Hier mag das Bassreflexrohr als Fenster im Mittelton auch noch eine Rolle spielen, denn der Tieftöner ist auch ein Mitteltöner und geht bis 2,5kHz (-6dB). Die Impulsspitzen selbst blieben leicht diffus, doch nach dem Impuls war jetzt schneller Ruhe. Das bedeutete die Durchhörbarkeit, figürlich die Durchsichtigkeit war besser geworden. Studioaufnahmen ohne Umgebungsgeräusch konnten jetzt richtiger nachempfunden werden.

Die CD „thirsty works“ von STATUS QUO hat sehr viel Schlagzeugeinsatz und war bisher immer unerträglich hochtonlastig, wenig „Rock“-typische Bass- und Grundtongewalt, jetzt aber ist genau dieser befürchtete Hochtonbereich dezent geworden und erinnerte an feingliedrige Anschläge.

Reizende Frauenstimmen aus der Zeit der Isabellenhütten-Widerstände haben ihre „Reize“ leider verloren, dafür gewannen sie an charakteristischer Individualität und Natürlichkeit.

Violinen behielten ihren strukturierten Klang wurden aber „tragender“ und erhielten einen „harzigen Anstrich“, letzteres wurde deutlicher, je größer das Streichinstrument wurde. Fagotte klangen etwas originalgetreuer, wobei diese noch am weitesten vom Original entfernt blieben, während Klavier und Flügel am authentischsten erschienen.

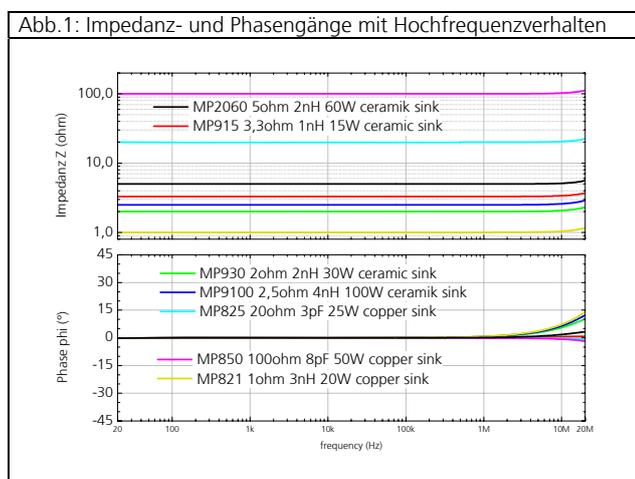
Es gab aber auch Aufnahmen auf CD wie „nothing like the sun“ von STING, die gewannen kaum, diese war vor den 90ern direkt digital aufgenommen worden. Hier wurde zwar der Headroom ordentlich eingehalten, aber die Auflösung ließ zu wünschen übrig, man sagte ihm „mutierte Höhen“ nach. Neuere audiophile Aufnahmen müssen als „Standard“ für Klangvergleiche herangezogen und eingepreßt werden.

Aus der LP „Dark Side of the Moon“ von Pink Floyd wurde der Titel „Time“ mit dem Uhrenklingeln noch mal angespielt. Der Unterschied zu früher war, dass jetzt der Hochtonglanz nicht mehr die Konturen verwischt hat, es schienen nur noch wenige Verzerrungen vorhanden zu sein. Das Uhrenklingeln wurde nun transparent dargestellt.

Zum Schluss muss man aber noch erwähnen, dass der Klang des Caddock auf den ersten Eindruck hin scheinbar etwas schlechter ist als der des Isabellenhütten PBH und scheint das nur so, weil letzterer harmonische Verzerrungen produziert? Die Dynamik ist jedenfalls beim Caddock noch größer und die Tieftonwiedergabe nicht nur weniger dröhnend, sondern kontrollierter. Liegen die Ursachen wohl eher in der ungewohnten Art verzerrungsarme Musik zu hören?

7.3. Die ferromagnetische Kraft als Maß

Von einer Firma [2] kam zur Charakterisierung ein „Introductory Kit“ von einem Caddock-Vertrieb [3] mit mehreren Proben, die in der Tab.1 aufgelistet wurden. In Abb.1 hingegen sind die Messergebnisse für Impedanz und Phase dargestellt.



Aus dem Verhalten von elektrischen Filternetzwerken ist bekannt, dass größere Widerstände bei großen Frequenzen zu kapazitiven Verhalten tendieren, niederohmige hingegen zu induktiven. So verhalten sich auch die Widerstände, alle in eine TO-ähnlichen Gehäuse, mit einer Ausnahme, der MP2060. MP821, MP930 und MP9100 zeigen bei 10MHz bereits Phasenabweichungen von ca. 7°, der MP915 dagegen keine. Die MP800-Serie hat wie der Isabellhütten PBH ein Metallkühlplatte, so dass genauso mit Wirbelstromverlusten und darin begründeten Verzerrungen gerechnet werden muss.

Aber die Phasenabweichung allein ist noch kein ausreichendes Kriterium abschätzen zu können, ob der Proband einen möglichst niedrigen Einfluss auf den Klang hat. Hier muss der elektromagnetische Wandlerverlust ermittelt werden, d.h. in erster Näherung durch die Menge an verwendeten ferromagnetischen Materials. Bei Anfragen an die Hersteller stellte sich heraus, dass bei „nichtmagnetischen“ Widerständen zwar kein Eisen verwendet wird, aber Nickel, ohne dem eine Verlötlbarkeit zu schlecht wäre und eine Langzeitstabilität durch Korrosion nicht so gut gewährleistet werden

kann. Die Angaben beschränken sich deshalb auf ein „non-inductive“ Design.

Doch Nickel ist wie Eisen ein ferromagnetisches Material mit Magnetisierungshysterese, nur der Curie-Punkt liegt bei Nickel mit ungefähr 360°C viel niedriger als der von Eisen mit ca. 760°C. Damit dürfte bei Hartlötprozessen oder anderen Kontaktierungsverfahren diese Temperatur häufig, wenn auch nur kurzzeitig, überschritten werden, was dazu führt, dass die Magnetisierung verschwindet und erst wieder durch äußere Einflüsse, wie z.B. Lautsprecherfelder oder eher durch das immer vorhandene Erdmagnetfeld, oder eben durch asymmetrische Stromimpulse entsteht.

Tab.1: Das Caddock „Introductory Kit“

Typ	Widerstand 1%	Belastbarkeit 25°C	maximale Temperatur	Bauform
MP820	500ohm	20W	175°C	TO220
MP821	1,00ohm	20W	175°C	TO220
MP825	20,0ohm	25W	150°C	TO126
MP850	100ohm	50W	150°C	TO220
MP915	3,3ohm	15W	150°C	TO126
MP916	0,015ohm			
MP930	2,0ohm	30W	150°C	TO220
MP9100	2,5ohm	100W	175°C	TO247
MP2060	5,0ohm	60A; 60W	150°C	TO220

Als einfachste nichtzerstörende Prüfung wurde die magnetische Anziehungskraft der einzelnen Widerstände erkannt. An die beiden Anschlussbeinchen wurden feine Bindfäden gebunden und der Widerstand aufgehangen. Danach wurde ein Lautsprechermagnet dem Widerstand angenähert, bis der Widerstand Berührungskontakt bekam. Dann wurde der Magnet wieder horizontal entfernt, so daß der Widerstand ausgelenkt wurde. Der maximale Auslenkungswinkel α wurde gemessen, als der Widerstand auf Grund seiner Gewichtskraft wieder zurückpendelte. Um die magnetische Kraft zu ermitteln, musste die Gewichtskraft, d.h. die Masse des Widerstandes bestimmt werden. Danach konnte über $\tan(\alpha)$ die „magnetische“ Kraft berechnet werden. Diese Kraft sollte eine analoge Größe zu der verwendeten Menge an ferromagnetischen sein und damit eine grobe Aussage für den Klangeinfluss liefern, wenn es einen Widerstand mit besonders wenig Nickel oder anderen ferromagnetischen Metallen wie Legierungen gibt. Bereits bei der Messung der Auslenkung stellte sich ein Kandidat heraus, der MP2060. Der angegebene Messwert ist der Mittelwert von 10 Messungen. Ob diese kleine Auslenkung schon für eine deutlich niedrigere Magnetkraft als von MP915 zu groß ist, müssen die Rechnungen zeigen. Alle Messdaten sind in der Tab.2 verzeichnet.

Tab.2: Auslenkwinkel und Massen der Widerstände

Typ	α	Masse
MP821	8°	1,94g
MP825	20°	0,98g
MP850	12°	1,81g
MP915	16°	0,69g
MP930	14,5°	1,34g
MP9100	9°	3,69g
MP2060	1°	2,25g

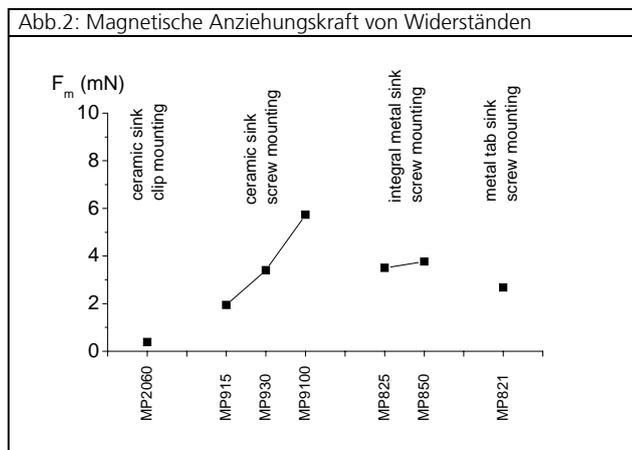
Wenn F_m die magnetische Kraft symbolisiert und G die Gewichtskraft, dann läßt sich F_m wie folgt berechnen:

$$F_m = G \tan(\alpha)$$

In Abb.2 ist das Ergebnis der Berechnungen graphisch dargestellt. Der MP2060 enthält die geringsten Anteile Nickel, MP915 ist mindestens Faktor 4 schlechter. Dass bei den größeren werdenden Widerständen, MP930 und MP9100, die zunehmende Nickelmenge als Kurve so schön dargestellt werden kann, spricht für den Messerfolg, denn die Größe sollte proportional eingehen.

Bevor die neuen MP2060 in eine der Boxen eingebaut worden sind, war der MARANTZ CD mit 2 Stück 4,7µF Audyn MKP-QS 630VDC in der Ausgangsstufe umgerüstet und eingespielt. Die andere Box enthielt noch die MP915. Die Keramikplatinen und

Kunststoffschrauben konnten für dem MP2060 nicht verwendet werden. da dieser nur kleine Vertiefungen für metallene „spring clips“ besaß und Metall kam ja nicht in Frage. Außerdem war die Leistungsverträglichkeit größer, wieviel war noch herauszufinden.



Niemand kann so lange abwarten, ob eine eigene Hypothese überhaupt einen theoretischen Wert hat. Deshalb wurde gleich, noch vor der langwierigen aber notwendigen Voralterung ein Vorabhörvergleich gestartet. Das „Rosa Rauschen“ war von der Box mit den neuen Widerständen noch durchhörbarer geworden. Beim ersten Vergleich mit Schlager und Pop- Musik schien die Präsenz weniger vordergründig, d.h. weniger anspringend zu wirken.

Die neu formierte Box spielte oberflächlich gehört, 2 oder 3 Töne tiefer, anders ausgedrückt relativ grundtonreicher. Die alte Box dagegen hatte noch so eine Art zusätzliches Rauschen im Präsenzbereich, was sich auch im „Wasserfall“ des „Rosa Rauschen“ abbildete. Als hätte jemand die Präsenz gesenkt und Tiefenregler wie Hochtonregler leicht aufgedreht. Doch was war das? Die neue Box wirkte etwas spitzer in der obersten Oktave. Lag das an den Widerständen selbst oder nur an ihrer Position, die fast die gleiche war, wie die der alten MP915, nämlich sehr nahe an den Alu-Kühlkörpern (2 bis 4mm), da ja nur aus- und wieder eingelötet wurde. Da die MP2060 ohne Kühlkörper auskommen dürften, wurden die Drahtzuführungen so verbogen, dass die Widerstände hochgeklappt werden konnten. Als Resultat ergab sich dann, daß die Spitzen einfach weg waren. Sollte die Rückkopplung so stark sein? Erstaunlich. Nicht zuletzt deshalb wurde bewusst auf die für MP2060 vorgesehene metallischen Clips verzichtet.

Beim Vergleich mit klassischen Holzmusikinstrumenten wurde erstmalig der Holzkörper hörbar. Die Anstrich- und Anblasimpulse waren nicht mehr so verschliffen und damit natürlicher, sie ließen die Ausmaße des Holzkörpers erahnen. Das Fagott, bisher unerkannt, bekam endlich seine charakteristische Kontur, obgleich die Detailschärfe noch zu wünschen übrig ließ. Die individuellen feinen Instrumentenresonanzen, besonders bei Nahaufnahmen (Mikrofonabstände 20 bis 50cm) wurden zuortenbar. Tasteninstrumente wurden kaum besser dargestellt, da sie ohnehin schon ziemlich authentisch wirkten. Durch die allgemein vergrößerte Grundtondynamik wurden Streichinstrumente noch tragender und die Trennung zwischen Körper und Saite eindeutiger. Blechblasinstrumente erhielten feinere Ausschwingresonanzen der Trompetenrichterenden.

Vorbei war es endlich mit dem Nachtrauern der verlorenen „Reize“ besonders charakteristischer Stimmen. Während die alte Box besonders wiedergab, die an Sänger/innen mit trockenem Hals und geschwollenen Mandeln (erkältete) erinnerten bzw. angestrengt wirken, klangen die gleichen Sänger von der „neuen“ Box gesund, mit feuchten Stimmbändern und Kehlen, bzw. unangestrengt einfach natürlicher, man hörte den warmen Hauch, den das Ohr empfinden würde, wenn es mit dem Mikrofon vertauscht werden würde. Damit drohen gemeinsame Zuhörstunden mit der Ehegeminin in Kompromissen für den Ehemann zu enden. Er könnte seinen Favoritinnen nur in „single“ Stunden lauschen während sie lieber sonore Männerstimmen haben wollte.

Ja, wenn es so bliebe. Das musste die Voralterung zeigen, ob der Zustand stabil ist.

Nach 3 Wochen Betrieb mit sehr lauten Stunden (60h) wurde noch einmal ein Vergleich durchgeführt. Der Unterschied war dann nicht mehr so deutlich, aber die Verschlechterung war nicht so deprimierend, wie es bei den PBH Isabellenhüttenwiderständen passiert ist. Die neuen Widerstände schienen auch einer gewissen Drift zu unterliegen. Die Ursache kann in dem (i) geringen magnetisierbaren Materialresten liegen und/oder in (ii) dem Widerstandsfilm selbst. (i) Ferromagnetische Materialien werden im Laufe der Zeit bereits mit dem Erdmagnetfeld permanent magnetisiert, die Lautsprecherchassis haben auch ihre Wirkungen. Deshalb wird empfohlen, dass die Frequenzweichen in der Nähe des Verstärkers sein sollten, wenn auch hier die Schuld auf den verschlechterten Dämpfungsfaktor durch die Lautsprecherkabel geschoben wird, nachgewiesen wurde es aber nicht. Diese Aufmagnetisierung erzeugt eine Hysterese, die Verzerrungen erzeugt. Viele audiophile Freaks entmagnetisieren regelmäßig ihre Geräte, eben um die Wirkung der Hysterese zu beseitigen, denn in nicht stark magnetisierten Materialien gilt die Neukurve, früher Jungfernkurve genannt. Ein weiterer Grund für die Aufmagnetisierung ist, dass Musik-Signale nicht 100%ig symmetrisch sein sollen, weil sie Anschlag-, Anriß- usw. -Impulse sind. Letztere Unsymmetrie sei der Grund warum manche Kabel mit vorgeschriebener Richtung angeschlossen werden sollen.

Doch was sagen nun die klanglichen Qualitäten der neu bestückten und vorgealterten Box. Diesmal wurde zuerst Pink Floyd „Dark side of the moon“ mit „Time“ von LP aufgelegt. Die linke Box bot ein weniger grelles „Bild“ als die rechte, angenehmer mit weniger Verzerrungen. Bei Wiedergabe von weiteren LP's wiederholte sich der Eindruck, dass der Unterschied nicht so groß war. Aber er ist erfahrungsgemäß deutlicher, wenn die Wiedergabe in Stereo erfolgt. Das sollte doch bei CD's besser sein, oder? Ian Anderson riss im 2.Titel „The secret of...“ die Gitarre in der linken Box nicht so scharf an. Die neue CD von ELO ist so ausgesteuert, dass der Headroom bei -4dB begrenzt wird, keine audiophile Aufnahme würde man sagen, da die Dynamik eingeschränkt wurde. Der Titel 4 ist ein ruhiger Song „Just for love“, komponiert in der Art von „Discovery“ und mit mehr Headroom als die übrigen. Und da war die Täuschung fast perfekt! Links vermeinte man eine gute alte LP zu hören, voller angenehmer Grundtonwärme, rechts das gleiche auf CD mit mehr Präsenz aber ermüdend, so wie viele Vergleiche LP/CD erfahrungsgemäß ausgegangen sind. Erstaunlich.

Dass der Tieftöner mit den zwei (wegen der anderen Widerstandsgrößen leider nötig) resonanzdämpfenden Parallelwiderständen deutlich verzerrungärmer schwingt, war aber immer noch herauszuhören. Beim Titel 4 der O'Connor CD „Faith&Courage“ verschmolz das Bassreflexrohr-Rauscheln mit dem Tieftönerdröhnen, in der linken hingegen, war eine deutliche zeitliche Trennung auszumachen, der Tieftöner hatte nur einen tiefen schnellen Impuls abgegeben, aber danach musste das Bassreflexrohr noch ein Rauschimpuls nachschieben. Dieses Verhalten erzwingt nun die Konstruktion von geschlossenen Lautsprechern, die bekanntermaßen eine bessere Impulswiedergabe haben, da der Nachschwinger der Bassreflexöffnung fehlt. Aber das klangschädliche am Bassreflexrohr sind die Strömungsgeräusche und die Mitteltonanteile, vor allem wenn das Rohr länger ist als die Trennfrequenz gut heißt. Im vorliegenden Fall maß das Rohr 20,5cm, um die untere Grenzfrequenz auf 40Hz zu schieben, damit wurde aber die erste Rohrresonanz auf ca. 900Hz gelegt, was weit unterhalb der Trennfrequenz von 2,5kHz liegt. Aber die gehörten Geräusche sind eindeutig Strömungsursache. Ein Test mit Oldfields „Tubular Bells III“ zeigte, dass die Gitarre am Anfang in Titel 4 auch angenehm klingen kann. Bei L.McKennis „The book of secrets“ werden häufig mittelalterliche Instrumente genutzt. Hier hört man, dass diese mit Holz gemacht worden sind. Auch in Vollenweiders „Cosmopoly“ ist erstmals in der linken Box zu hören, dass die Saiten an einem großen Holzträger befestigt sind und nicht irgendwo in schwingungsunfähigen Beton eingebettet sind. In der CD „Jazz at the pawnshop“ Titel 3 könnte man meinen, dass die Schellen an Holz befestigt sind. Eine „übersteuerte“ CD wie die von ELO ist die Status Quo „Thirsty work“. Im Titel 2 wird das Schlagzeug von der nichtmodifizierten Box zermürend überbetont, die Klangbalance fällt zu Ungunsten des Rockbasses. Die modifizierte Box integriert das Schlagzeug mit konstanter Klangbalance. Um den Tonhöhenwert links/rechts auszugleichen musste man schon die rechte Box mit -3dB den Höhenregler dämpfen, wirklich verwunderlich, dass das soviel ausgemacht hat. Nun erklärt sehr viel, was andere für Maßnahmen ergreifen müssen, um die Balance stimmig zu machen. In den TV und Surround Vorführungen vorgestellte Stimme von Celine Dion mit

„My heart will go on“ ließ einem die Stimme kalt, nur die Musik ergriff emotional. So auch die rechte Box. Aber die linke hatte die bereits erwähnte Natürlichkeit und Erotik der Stimme durch die Nähe zum Mikrofon über die Voralterung hervorragend bewahrt. Dafür allein lohnt sich der Umbau. Das gilt für alle Stimmen, ob männlich oder weiblich. Nun wurde die Audio Test CD eingeschoben. Bisher wurde von den Musikern der Mithörer die Kesselpauke als zu hell bekritelt. Die Neue bringt deutlich mehr Grundtonwärme. Das „Klangbeispiel“ mit Regen und Beifall dehnte die Tiefenstaffelung weit nach hinten aus, einfach weil die Störsignale aus dem Präsenzbereich fehlten. Der Donner in dem Regenschauer wirkte endlich fast unheimlich natürlich. Das Cembalo erhielt „Farbunterschiede im Glanz“. Die HiFi-Vision Klassik Test-CD stellt am Ende die mehr als 100 Jahre alten Instrumente Solo vor. Auch hier konnte man feststellen, dass die Saiten an Holzkörpern befestigt sind. Die rechte Box spielte nur mit Saiten. Flöten hatten mit der linken keine Nebenresonanzen mehr, natürlich, es sind sehr hochwertige Instrumente. Am meisten erstaunt war man bei den Oboen, links das Original, rechts die elektronische Wiedergabe. Das schwierigste Instrument, das Fagott, gewann weiter an Tiefenkontour aber erreichte noch nicht das Original. Die Hörer mit den Aufsteckbögen erreichten mit der Blechschwingungsresonanzcharakteristik fast Originalqualität. Die neue blaue Stereo Test-CD enthielt ein Gospelchor. Hier wurden nicht nur Stimmen besser voneinander getrennt, auch eine Tiefenstaffelung der Sänger wurde dargestellt. Sara K. wird immer mit 24bit/192kHz aufgenommen. In dem Song „Me mission you“ hört man das Klopfen auf das Instrument richtig. Der Grundton-Primäripuls ist lauter und zeitiger als das sekundäre Ausschwingen. Bei der rechten Box fragt man sich unwillkürlich, woher die Energie bloß kommt, für dieses gewaltige helle Ausschwingverhalten. Schlechte Aufnahmen, wie der Titel 1 von der neuen ELO mit 4dB Headroom, zeigten inverses Verhalten, die rechte zeigte mehr Details, aber nur scheinbar. Es war haargenau der gleiche Effekt, den der berühmte „Simba“ Chip Mitte der 90er bewirkte, die unnatürliche Anhebung und Schaffung von künstlichen Oberwellen, Kontrasterhöhung in einem flauen Bild.

Um die gewonnen Eindrücke zu bestätigen, wurden nochmal die beiden ersten Personen aus Kapitel 7.1 eingeladen. Beide erkannten die neu bestückte Box als die bessere, wenn auch die erste Person mehr Zeit dazu brauchte. Person 1 meinte aber auf Anhieb, dass die rechte heller spielte während die 2. Person aufmerkte, dass die linke „voller und wärmer klang“. Beide bestätigten nach einigen Minuten Vorführung dem Konstrukteur, dass die größten Unterschiede bei Stimmen, Blasinstrumenten, Instrumenten mit angeschlagenen Saiten sowie Schlagzeugen sowie nicht zuletzt bei natürlichen Geräuschen zu hören sind, während z.B. die gestrichen Saiten fast nicht zu unterscheiden sind. Diese positiven Unterschiede der neu modifizierten Box gehen damit eindeutig in Richtung originalgetreueres Einschwingverhalten.

Die Glaubhaftigkeit des Originaleindrucks der Instrumentenkörper wurde nochmal nicht nur verstärkt, sondern kam erst richtig zur Geltung, als die Verstärkung von Class AB auf Class A geschaltet wurde. Die Testpersonen konnten ihr Gehörtes nur schwer artikulieren, stimmten aber sofort zu, wenn der Konstrukteur die Effekte erläuterte. So z.B., dass die Wiedergabe der primären Impulse von der neu modifizierten Box überhaupt erst dargestellt wurde, wohingegen die mit MP915 ausgestattete Box, diese fast verschluckte, aber dafür zuviel das Ausschwingen betonte. Die Testpersonen entschuldigten sich, dass ihnen die Bewertung anfangs so schwer gefallen sei, liege daran, dass das Niveau beider Boxen so schon außergewöhnlich hoch sei, zu dem, was sie bis jetzt gewohnt waren. Person 2 meinte, dass nunmehr die linke sich um das gleiche gewisse „weniger Rauschen“ unterscheidet, was bei der vorhergehenden aber die rechte, damals neu modifizierte, betraf. Nun wurde auch die rechte Box mit den neuen MP2060 ausgerüstet. Der erste Klangeindruck war, dass man nun tatsächlich ein gewisses „Fenster“ zum Aufnahmestudio geschaffen hat, natürlich mit der Einschränkung, dass man so hört, wie die Mikrofone „hörten“, dass man sofort erkennt, wie die Kanäle gemischt wurden und was diffuse Aufnahmen sind und welche nicht. Stimmen stehen frei im Raum aber nicht vor der Lautsprecherebene und man kann fast ohne Beschränkung den „volume“-Regler aufdrehen. 50W Musik bringen die Widerstände gerade mal auf knapp 30°C. Fast heißt, dass ja leider noch die klangformierende Prozedur durch den Hochstrombetrieb der neuen Lötstellen abgewartet werden mußte, bei dem die Lautsprecherchassis abgelötet wurden und

Lastwiderstände mit großen Kühlblechen angehängt werden, denn die rechte Box klang wie immer nach einem solchen tiefen Eingriff in alle Stromzweige noch etwas „kratzig“.

Die Stromformierung der Box erfolgte einige Stunden mit „Rosarauschen“, mit etappenweisen Aufregeln des Lautstärkereglers bis etwa 10dB unter Vollast, die Marantz PM80 mit 220W an 4ohm angibt, d.h. 22W. Die Widerstände erreichten nur Handwärme. Danach musste erfahrungsgemäß alles ausgeschaltet werden und einige Tage ruhen gelassen werden. In den weiteren Wochen Betrieb mit Lautsprechern änderte sich die Wiedergabe nur noch wenig, danach ist die Änderung nur noch von der Aufwärmzeit des Verstärkers wie der Tonquellen abhängig (s. Kapitel 5), 2 bis 6 Tage bringen die beste Qualität. Innerhalb dieses Zeitintervalls wurde die Stereo-Bewertung vorgenommen.

Es schien, je weniger ferromagnetisches Material mitwirkte, die Formierungszeiten der Box kürzer wurde.

Ian Anderson's Gitarre in „the secret language...“ integrierte sich nunmehr völlig in das gesamte Musikgeschehen und hob sich nicht mehr so schrill hervor. Die Testperson 1, der Akustiker, der interessiert vorbeischaute, war schlichtweg begeistert über das feine aufzieselierte Schlagzeug.

Die subjektiv empfundene Dynamik war nun noch stärker ausgeprägt. 1W Wiedergabe füllt nicht nur bei CD's mit geringen headroom einen 25m² großen gut bedämpften Raum völlig ausreichend mit dynamischer Musik, wenn man davon ausgeht, dass die Gesangsstimme in natürlicher Lautstärke kommt. Verwunderlich? Die Einschwingimpulse sind nicht mehr so verschliffen und hinterlassen ordentliche Lücken zum nächsten Anriß. Aber auch ein Erhöhen der Lautstärke bis auf das 50fache der Leistung brachte keine Abstriche in der Klangqualität, so wie andere Wiedergabesysteme dann zum „Schreien“ neigen.

Die rechte Box brachte jetzt das gleiche Klangbild wie die linke. Das ist immer wieder beruhigend, denn jeder Gasthörer hat doch immer wieder „leichte Bauchschmerzen“, dass der Vergleich nicht doch ein irrtümlicher Zufall ist. So konnte reproduziert werden, dass Gitarrenverzerrer auch musikalisch sein können, so wie das die Musiker im Original auch beabsichtigten. Das kann man nunmehr „angenehm“ bei M. Oldfield „tubular bells III“ im 4. Stück „outcast“ nachvollziehen. Dass das mit der verzaubernden Stimme auch nicht nur ein Zufall war, zeigte sich jetzt. Celine Dion's Stimme wirkt links wie rechts gleich natürlich, warm und gesund. Auch die Audio Test CD wurde nun rechts wie links gleich wiedergegeben. Beim Klangbeispiel „Regen und Gewitter“ kam jetzt die richtige „Bühnenbreite“ dazu. Das Grollen des Donner in der Ferne war erstmalig logisch richtig aufgebaut.

Wie bereits bemerkt worden war, hatte der Tiefstbaßbereich in Sachen Konturschärfe noch Schwächen bei Fagott und Kontrafagott, wenn auch betont werden muss, dass mit diesen Widerständen erstmalig diese Instrumente als solche richtig erkannt werden konnten.

Ein Grund könnte in der Impulsverzerrung liegen, die durch den Versatz des Hochtöners vor dem Tieftöner entsteht, wenn der Mittelpunkt zwischen Hochtöner und Tieftöner auf Augenhöhe liegt, was sehr angenehm aussieht.

Auf 13cm gab es einen Versatz von 7mm, das ergab einen Fehlwinkel von mehr als 3°, was eine Boxenerhöhung von +20cm bei einem Hörabstand von 4m verlangte. Nachdem die Boxen mit Büchern um den Betrag angehoben worden waren, ergab sich tatsächlich eine noch bessere Impuls wiedergabe, der Übergang vom Tiefton zu Hochton war eigentlich „perfekt“. Erstaunlich. Insbesondere Gitarren- und Harfenarrisse wurden täuschend original. Stimmen dankten es auch ein wenig. Eine der schwierigsten Wiedergaben war der Titel 2 aus dem noch aktuellen Werk von Sting „brand new day“, wo ein Araber mit Kopfstimme sinkt. Bisher war er immer weiblich, wenn nicht das Video das gehörte Lügen strafte. Nach dem Umbau auf die MP2060 konnte die Waage sich in Richtung männlich neigen. Sie neigte sich jetzt noch mehr. Nun diese Physik ist nicht neu, aber verblüffend. man kann es leicht nachvollziehen, wenn man sich wiederhinstellt, beim Hören. Aber die bemängelte Konturschärfe konnte noch nicht überwunden werden.

Alles in Allem muss man sagen, der Klangcharakter wurde tatsächlich von den Widerständen außerordentlich stark beeinflusst. Der geringere Anteil an ferromagnetischen Material brachte deutlich mehr Originalität in die Musik, vor allem in das Einschwingverhalten, was in Kapitel 2 eingangs bekritelt worden war. Die Lautheit der

Instrumente vom Mikrofon kommt authentisch. Der alte Streit zwischen CD und LP wurde als „Unentschieden“ beurteilt. LP's überzeugten mit phantastischer Originaltreue im Mittenbereich, am unteren Übertragungsende fehlte hingegen Volumen und Druck, am oberen Ende schien gegenüber CD's die Brillanz durch Verzerrungen etwas diffus zu sein. CD's klangen nun warm und voluminös, ihnen fehlte nur die Mittenwiedergabequalität von der LP.

7.4. Sonderfälle

Von Intertechnik werden seit 2002 unter der Rubrik „antimagnetisch“ und „induktionsfrei“ neue Widerstände für bis zu 6W mit der Aufschrift „ATE 5CSN“ angeboten. Eine kurze Prüfung mit dem Lautsprechermagneten offenbarte jedoch die Verwendung von ferromagnetischen Material an den Anschlußdrähten. Die verwendete Menge ist beträchtlich, denn die Widerstände können am Magneten „aufgehängt“ werden. Eine Bestimmung und Einordnung der magnetischen Auslenkung erübrigt sich. Die Kappen und der Widerstandsdraht scheinen frei von diesem Material zu sein. Die Widerstände sollten deshalb mit minimierter Anschlußlänge verwendet werden.

7.5. Zusammenfassung nichtmagnetische Widerstände

Es gibt eigentlich keine wirklich nichtmagnetische oder „non-inductive“ Widerstände. Nur die weniger magnetisierbaren Widerstände induzieren weniger hörbare Einschwingverzerrungen. Das wurde an 4 Widerständen mit fallender Magnetisierbarkeit nachgewiesen. Ein neuer Effekt ist die Wirbelstrom induzierte Verzerrungsanhebung durch in der Nähe befindliche Metallplatten, wo das wechselnde Magnetfeld die koppelnde Größe ist. Ein weiterer beeinflussender Parameter ist vermutlich die Elektromigration der Kontakte oder Phasengrenzflächen zwischen den unterschiedlichen Materialien sowie in geringen Maßen die Widerstandsleitbahn und Anschlussleitungen, die je nach Impuls-Stromaktivierung eine Langzeit-Funktion von Tagen bis Monaten darstellt. Das Zeitverhalten ähnelt einer Phasenumwandlungsfunktion. Nach einer „Inkubationszeit“ folgt eine lineare logarithmische Parameteränderung, die schließlich in eine Konstante übergeht. Die Größe der Konstante hängt von den maximalen Stromimpulsen ab. Die Einstellzeit bis zur Konstanz ist bei Metalloxiden deutlich kürzer als bei den Metallwiderstandsbahnen. Metalle mit hoher mechanischer Härte scheinen länger zu brauchen als Metalle mit geringer mechanischer Härte.

Der große Unterschied zu den „normalen“ Widerständen liegt in der Anordnung und Ausdehnung der magnetisierbaren Metalle, die in Form von Anschlusskappen als quasi Spulenkern fungieren und besonders viele Verzerrungen, z.B. vor allem k_3 , auf Kosten des Originalimpulses entstehen lassen.

[1] www.isabellenhuetten.de

[2] www.klangbau.de

[3] www.caddock.com