

Kapitel 1

Erste Erfahrungen beim „tuning“, nicht nur von Lautsprechern 1980-1996

1. Einführung

Im Folgenden wird eine historisch bedingte „Entwicklungs“-Iteration vorgestellt, die nicht völlig frei von laienhaften Fehlern war, die aber immer eine authentische Wiedergabe als Ziel hatte. Die ersten systematischen Überprüfungen der in der Literatur, in den Zeitungen und Zeitschriften beschriebenen sowie der in der „High-End“-Szene geäußerten Mittel und Methoden, die zur Verbesserung des Klanges beitragen sollten, wurden ab 1984 vorgenommen, zunächst vor allem an Quellengeräten und später vorwiegend an Lautsprechern, und zwar an den BR25. Diese Lautsprecher wurden von der Firma MUSIKELEKTRONIK GEITHAIN, heute GmbH, entwickelt und in der damaligen DDR, in Finsterwalde produziert. Von der BR25 sollen allein in den alten Bundesländern zwischen 1984 bis zur Wende 1990 320.000 Stück über CONRAD verkauft worden sein, da das Preis-Leistungsverhältnis so überragend war. In den neuen Bundesländern entwickelte sie sich zur beliebtesten Lautsprecherbox vor der Wende, ähnlich begehrt waren auch die Nachfolger, die BR25E, BR25L, BR50 und schließlich die BR26 CLASSIC. Die experimentellen Überprüfungen aller bis dato beschriebenen „tuning“ Möglichkeiten hatten das Ziel, die Ursachen zur Ermitteln, die die Verfälschung des Originals verschuldeten, um dann einen Weg zu finden, auf dem man möglichst nahe dem Original kam. Schließlich sollten auch der Wert spezieller Tips getestet werden, die hier und dort mündlich gegeben wurden. Dabei wurde versucht, den beschönigenden oder angenehmeren Klängen nicht zu erliegen und immer den Maßstab des Originals anzulegen. Manchmal klang ein Musikstück richtig gut, doch nach Tausch des Musikgenres stellte sich heraus, dass eigentlich nur „verschlimmbessert“ wurde. Die Lautsprecherbox sollte doch kein Musikinstrument sein. Das konnte nur an Aufnahmen mit nichtelektronischen Instrumenten erfolgen, d.h. an klassischen Musikinstrumenten und natürlichen akustischen Geräuschen jeder bekannten Art. Dazu wurde die Auffrischung von Hörerfahrungen in Konzerten, Opern und anderen Vorführungen erforderlich.

1.1. Der einfache Austausch passiver Frequenzweichenbauteile
1980 wurde die erste Stereo-HiFi-Anlage REMA TOCCATA angeschafft. Die Anlage bestand aus einem Receiver und 2 geschlossenen 20L Boxen mit 4Ω 25W 8" Tieftöner L5904 und einem 8Ω 8W Konushochtöner L2911 ovaler Papiermembran/-sicke. Angeregt durch einen Artikel einer alten DDR-Zeitschrift, dem „FUNKAMATEUR“, aus dem Jahr 1974 wurden 1984 die REMA Boxen aufgeschraubt, um zu schauen, welche Frequenzweichenbauelemente eingebaut worden waren. Einige Elektrolytkondensatoren von FROLYT sahen anders aus. Die Nachfrage bei einem Elektrotechniker in der Firma ergab, dass diese defekt waren. Der Elektrolyt war ausgelaufen und die Kapazitätswerte erreichten nur 50 bis 80% des aufgedruckten Wertes. Die Elektrolytkondensatoren wurden gegen 100V MKT-TGL Kondensatoren ausgetauscht (eben jener Typ, der über 10 Jahre später von Timmermanns in KLANG+TON mit anderen Kondensatoren getestet wurde und sich als der beste MKT-Typ mit der geringsten dielektrischen Absorption herausstellte). Gemäß den Hinweisen des „FUNKAMATEUR“ wurde jeder Kondensator ausgetauscht, da die MKT-Kondensatoren nun einmal besser waren als die Elektrolytkondensatoren, deren Kapazitätswerte nicht alterungsbeständig waren und die sogar auslaufen konnten, was sich ja nun in gezeigt hatte.



Auf die Idee, nur Kondensatoren im Signalweg auszutauschen, kam man gar nicht. Die gesamte Frequenzweiche wurde als komplexes Filternetzwerk angesehen. In den folgenden Jahren hatte sich auch bestätigt, dass alle Elemente zum Klang beitragen. Konsequenz ist man dann nur, wenn überall die besseren Bauelemente eingesetzt werden, vorzugsweise immer die gleiche Art. Denn, wenn z.B. ein Widerstand eine induktiven Belag hat, darf die Filtereffizienz sich nicht durch einen besonders induktionsarmen Widerstand im Signalweg die Filtereigenschaften ungewollt verschieben. Ansonsten muss man die gesamte Weiche neu dimensionieren. Genauso ist es mit Kondensatoren oder Spulen, von denen es sehr verschiedene Eigenschaften gibt. Ein Elko erzeugt auch Klirr, wenn dann ein sehr verlustarmer Kondensator wie MKP danach im Signalzweig des Hochtöners folgt, wird der höherfrequente Klirr z.B. über den Hochtöner „kurzgeschlossen“, was mit einem lästigerem Klang einhergeht, eine nachträgliche Abänderung der Frequenzweiche ist dann erforderlich.

Nach dem Austausch der Kondensatoren in der Passivweiche ergab sich ein Klangbild mit mehr musikalischen Details und einer „durchsichtigeren“ Abbildung. Hier wurden noch die Voraussagen des „FUNKAMATEUR“ bestätigt. Am besten sollten jedoch die Metall/Öl/Papier-Kondensatoren gewesen sein. Leider oder besser zum Glück, wie sich 15 Jahre später herausstellte, konnten damals keine aufgetrieben werden. Bereits hier hätte schon privat der erste Glaubenskrieg zur Klangphilosophie entstehen können, wie er erst in den späten 90'er zur Blüte gelangt ist und wo wieder Metall/Öl/Papier-Kondensatoren für sehr hohe Preise hergestellt wurden.

Außer den Elko's waren noch Luftspulen in den Weichen enthalten. Die Drahtstärke schien mickrig zu sein. Mit übrig gebliebenen Kupferlackdrahtspulen aus Industrieabfällen wurden neue Induktivitäten auf Pflasterspulen gewickelt. Der neue Draht hatte eine Stärke von 1mm, war also mehr als doppelt dick wie der alte, was laut Elektrotechniker deutlich verlustärmer sein sollte. Doch grosse Klangänderungen wie nach dem Kondensatortausch wurden danach nicht erkannt, außer, dass nun Bassimpulse vielleicht kräftiger erschienen. An einen A-B Vergleich wurde noch nicht gedacht, zu groß war der Respekt vor der Meinung von Elektrotechnikern.

Zu den auf der Weiche bestückten Keramik-Drahtwiderständen konnte zu DDR-Zeiten keine bessere Alternative gefunden werden.

1.2. Nachjustage und Verbesserungen des UKW-Receivers

Bei den Boxenfiltern blieb es natürlich nicht. Was für die Weiche galt, sollte auch für die Schaltung im Receiver gelten. Alle Koppelkelkos wurden im REMA TOCCATA gegen MKT Kondensatoren getauscht, die letzte Stufe vor der Endverstärkung konnte sogar mit 400VDC MKP's von KOWEG ausgestattet werden, da dort nur 470nF verlangt worden sind und von dem MKP's gab es nur diesen Kapazitätswert. Mit Hilfe der Service-Unterlagen konnten Symmetrie und Ruhestrome der AB-Verstärkung justiert werden. Anders als seine Vorgänger hatte der TOCCATA keine Ausgangselkos mehr. Der Versuch, die Netzteilkelko's mit Folienkondensatoren zu brücken scheiterte aus Platzgründen.

Es zeigte sich, dass es bei der Justage der Ruhestrome und der Minimierung DC-Ausgangsspannung auf den Stellplatz des Receivers ankam. In freier Aufstellung wurden andere Werte gemessen als am von der Ehegemaahlin genehmigten Standort. Die neue Justage machte sich positiv bemerkbar, aber erst nach 2h, denn so lange brauchte die thermische Einstellung bis zur Konstanz. Aus den Einstufenausgängen wurden kleine kurze Kabel 1,5mm² Kupferlitze gezogen und mit Bananabuchsen verlötet, was einen besseren Stromimpuls sichern sollte als mit den vorhanden, obgleich zwar versilberten, aber viel zu kleinen Lautsprecher"steckerchen". Das Silber musste sowieso öfter mal nachgesteckt werden, da es schwarz anlieft und wie es schien sich nach einigen Monaten klanglich bemerkbar machte, indem sich die Klangblance zugunsten der hohen Frequenzen verschob.



Als der Jugendsender DT64 auf Sendung ging und eine eigene Frequenz bekam, musste das Empfangsband erweitert werden, da die obere Grenze von 100MHz nicht mehr ausreichte, DT64 lag bei 102,4MHz. Unter Anleitung eines Funkamateurs wurde zunächst der Hauptschwingkreis und dann 4 weitere Unterschwingkreise angepasst. Hierzu mussten 5 Trimmerkondensatoren nachgestellt werden, um die obere Grenzfrequenz nach oben zu verschieben.

1.3. Einmessen, Wartung und Pflege eines Spulentonbandgerätes
Zu Zeiten des REMA-Kaufs wurde auch ein Spulentonbandgerät anvisiert, was aber leider nur umständlich und mit Tricks aus der VR Polen herangeschafft werden konnte, ein Unitra M2405, Nachfolger des ZK246, eine Lizenzanfertigung von Tomson Brandt USA.

Abb.3: ZRK UNITRA M2405S mit 2 18er Spulen



Die DDR-eigenen Bänder waren aber leider ganz anders, als das mitgelieferte Musterband. So blieb nichts weiter übrig, sich auch mit Tonbandtechnik zu befassen. Das Buch von Ulrich Blease „Magnetische Schallspeichertechnik“ aus der Amateurreihe Electronica des Militärverlages der DDR, Band 219/220 gab dazu gute Unterstützung.

Mit den Bezugsbändern der ORWO VEB Filmfabrik Wolfen 9,53cm/s und 19,05cm/s konnte die Wiedergabeentzerrung und -pegel nachjustiert werden, nachdem zuerst Bandführung und Tonkopf kalibriert worden war. Danach konnte die Aufnahmeverzerrung für die ORWO 3-fach Spielbänder LH131 angeglichen werden, bis die Wiedergabe normgerecht war. Der Bezugspegel 0dB im ORWO Datenblatt war 250nWb/m.

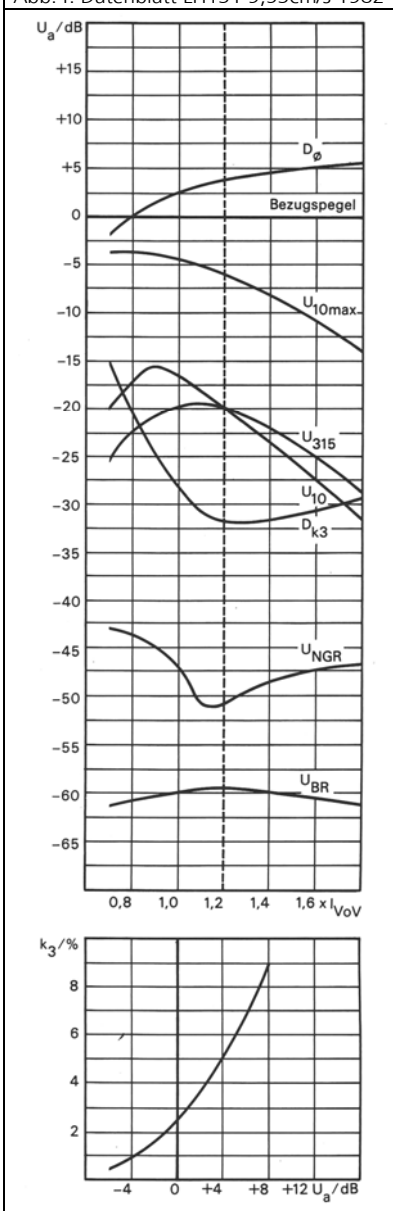
Das Dreifachspielband LH131 war zwar vom Klirr k3 her schlechter (-32dB beim Nennfluss von +3dB = 2,6%) und dünner als alle anderen Bänder (18µm Dicke, Bandbreite 6,25mm), hatte aber die größte relative Höhenempfindlichkeit. Darüberhinaus ergaben 2 Kaufspulen von je 540m eine 18er Spule, die in 9,5cm/s 6:16 Stunden Diskohits aus UKW-Mitschnitten archivieren konnte. Die andere Variante war 4 Langspielplatten pro Durchlauf. Man hätte die Schallplatten auch hochqualitativ bis 20kHz und mit 3dB mehr Dynamik aufnehmen können, aber das beste zur Verfügung stehende Plattenspieler GRANAT 216 hatte es selbst gerade mal bis 16kHz (-20dB) geschafft. U_{NGR} im Datenblatt ist das Gleichfeldrauschen und U_{BR} das Betriebsrauschen.

Leider funktionierte das Einmessen nicht so wunschgemäß. Selbst bei niedrigem Vormagnetisierungsstrom war die obere Grenzfrequenz zu niedrig. Band und Tonkopf passten nicht zusammen. Das LH131 hatte bereits die höchste Empfindlichkeit von den verfügbaren ORWO Bändern. Ein Material, wie das Demoband, was mitgeliefert worden, war nicht erreichbar. Von anderen Tonbandamateuren war zu vernehmen, dass der Permalloy Tonkopf des TESLA B93 gute Voraussetzungen hatte, den Kombi-Kopf des M2405S zu ersetzen. Die effektive Spaltweite lag bei durchschnittlich 2,9µm, was eigentlich die übliche Größe für Wiedergabetonköpfe war. Das sollte bei 9,53cm/s eine obere Wiedergabefrequenz von 16kHz bei -20dB ergeben. Eine größere Aufzeichnungsqualität hätte man natürlich mit einem extra Aufnahmekopf erreicht, da dort ein größerer Spalt das Band tiefer magnetisiert und so eine höhere Dynamik erzielt werden

konnte. Das gab weder das Gerät her noch waren solche Köpfe erreichbar.

Das Aufsprechen erfolgte also mit einem Kombi-Kopf durch das magnetische Wechselfeld, das aus dem nicht nichtferromagnetischen Spalt zwischen den ferromagnetischen Joch-Enden heraustrat. Die Jochs sind die Kerne von Drahtspulen und wurden aus Kernblechen zusammengepresst, damit die Wirbelstromverluste minimiert werden konnten. Als Materialien kamen metallische bis keramische Materialien in Frage, Metallische waren z.B. Muniperm (FeNi79Mo4Nb3Ti3Mn05) und Permalloy (z.B. FeNi77Mo0.5) sowie Hartpermalloy (FeNi79-(Nb,Ta)-(Ti,Al,Si), halbkeramisch war Sendust (FeSi10Al6+Y, Ce Ti oder Zr) und keramisch war Ferrit (entsprechende Legierungen+Sauerstoff). Ferrite sind sehr spröde, eine genaue Einstellung der Spaltgeometrie ist dann schwierig.

Abb.4: Datenblatt LH131 9,53cm/s 1982



Die aus der Sprödigkeit resultierende Rauigkeit kann eine erhöhte Bänderosion bewirken. Das Tonkopfmateriel selbst wäre dann außerordentlich beständig. Bei den Glasferritköpfen (AKAI) wird Glas als Bindemittel zwischen den Ferritteilchen in der Außenschicht des Tonkopfes eingesetzt, um einen glatten Kopfspiegel zu erhalten.

Die Langzeitbeständigkeit wurde mit einem eher undefinierten Kopfspalt im Vergleich zu metallischen Werkstoffen und mit einem effektiv zusätzlichen Bandabstand erkaufte. Damit ist seine Signalpräzision etwas schlechter.

Zum Löschen hatte das M2405 einen Doppelspaltferritkopf mit 80kHz Frequenz. Höher ließ sich die Frequenz nicht einstellen. Zur Ausmessung von Längen gab es vom VEB CARL-ZEISS-JENA ein

Eichmillimeter mit Mikrometerskalierung für Mikroskopie. Das 1mm konnte mit Objektiv 2.5 und die 10µm schließlich mit Objektiv 100 ausgemessen werden. Für die Ausmessung mit dem 100er musste Immersionsöl verwendet werden.

Abb.5: 2/4 -Spur-Tonkopf B93 (Kombikopf)

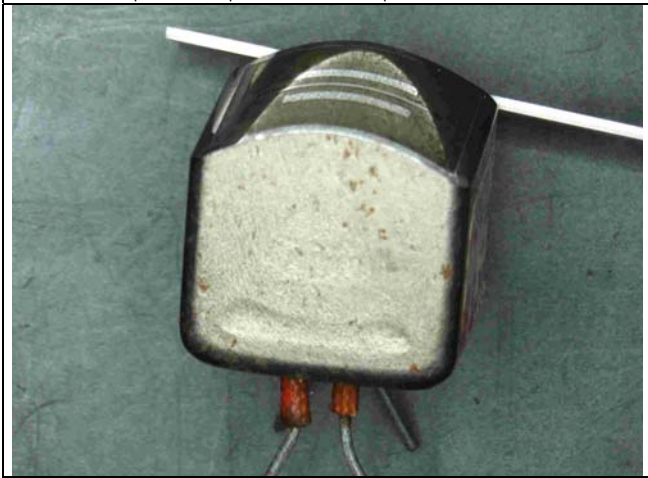


Abb.6: Mikroskopeichmaß 1mm

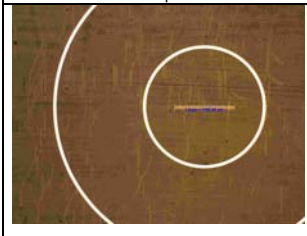


Abb.7: Skalenabschnitt 10µm

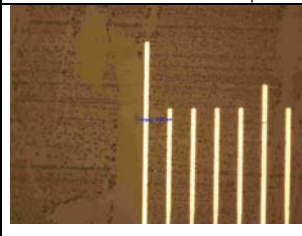
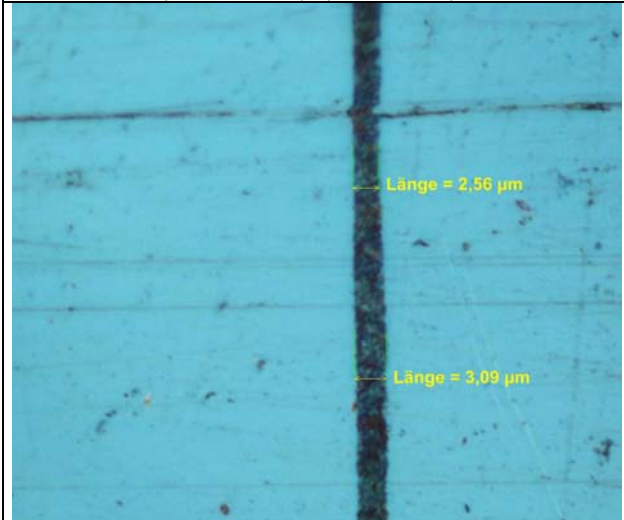


Abb.8: Mikroskopaufnahme Kopfspalt 2,6 – 3,1µm Weite



Der Tausch des Kombi-Tonkopfes war das leichteste. Etwas schwieriger war die sorgfältige Entmagnetisierung aller bandführenden Teile, die notwendig war, damit die Gleichfeldteile das Bandrauschen nicht erhöhte. Aber noch viel schwieriger war einerseits die parallele Heranführung des Tonkopfes an das laufende Band, so dass das Band nicht weglief, und andererseits durfte der Kopf keinen nicht zu leichten Andruck haben, da sonst die Hochtonwiedergabe schwächer und unregelmäßig wurde. Der Band-Kopf-Andruck musste zum einen möglichst hoch sein, damit die Hochtonwiedergabe stabil und ausreichend empfindlich war, zum anderen führte ein zu hoher Andruck zum vorzeitigen Verschleiß des Kopfes. Die Unterstützung des Andrucks erfolgte daher mittels einer besonderen Vorrichtung, wo eine Art Filz das Band möglichst sanft an den Kopfspiegel legte. Auch hier konnte die Schiefelage des Filzes das Band „weglaufen“ lassen. Danach musste noch der Kopf

eingetaumelt werden, damit der Spalt sowohl exakt senkrecht zu Laufrichtung als auch exakt in der vorgeschriebenen Spur lief, damit nach dem Umdrehen des Bandes die andere Spur nicht in die Wiedergabe sprach. Diese mechanische Justage war ein Geduldsspiel.

Richtig ausgeführt, wurde es mit einem langzeitkonstantem „sauberen gleichmäßigen Tonabschleiß belohnt“. Voraussetzung war, dass die Bandführung, der Band-Kopf-Andruck und der Capstan-Transport ebenfalls gleichmäßig konstant lief. Dazu gehörte, dass die Druckgummirolle an der Capstanwelle auf einer Seite nicht zu sehr andrückte, sonst wurde das Band herausgedrängt. Bei einer unglücklichen Kombination von Capstanrollenschiefelage und Tonkopfschiefelage bzw. unsymmetrischem Bandandruck durch den aushängbaren und aushebelbaren Andruckfilz wurde das Band zwar einigermaßen transportiert aber der ungleichmäßige Belastung verkürzte die Lebenszeit von Kopf und Rolle und sorgte für eine nichtkonstanten Bandandruck. Solange einmal alles lief und sich konstant bewegte war eine gute Wiedergabe gewährleistet. Weitere Risiken zur Schädigung bestanden in den Wechseln, dem Start und dem Stop sowie in den Wechseln zum schnellen Vor- und Rücklauf. Bandführungselemente und Andruckelement durften nicht zu spät oder zu früh bewegt werden. Die Spulen mussten im richtigen Moment mit der richtigen Kraft gebremst oder freigelassen werden, ohne dass das Band gezerrt wurde oder „auslief“. Einmal ausgewickelt, führte das meistens zu einem „Bandsalat“. Eine gewisse Schädigung des Bandes war dann fast unvermeidlich.

Die Änderung der Bandgeschwindigkeit und Vibration änderte die gesamte mechanische Schwingungscharakteristik des Gerätes, was vorher stimmte, lief leicht weg. Eine erneute Nachkalibrierung wurde erforderlich, die wieder mit einer kleinen Ergänzungen in der langsamen Geschwindigkeit korrigiert werden musste und so weiter, oder aber man verzichtete auf die höhere Geschwindigkeit zum Wohle einer langlebigeren sauberen Wiedergabe ohne 18kHz und darüber. Wäre die gesamte Mechanik gusstechnisch stabil und verwindungssteif ausgelegt gewesen, wäre da kein Problem mehr gewesen, aber sicher wäre das Tonbandgerät nicht mehr ein mobiles gewesen. Deshalb waren Studiotonbandgeräte eine ganze Qualitätsstufe besser und schwerer. Aber ein 2-Punkt-Aufhängung der Achsen durch parallele Haltebleche wäre ein guter Kompromiss gewesen.

War die Wiedergabe mit dem fremden Bezugsband einmal korrekt, so war das aber noch weniger als die halbe Miete. Selbst wenn das Bezugsbandmaterial käuflich erwerbbar gewesen wäre, hätte doch die Aufnahmeverzerrung die Voreinstellungen nicht geschafft, um die Wiedergabelinearität des vorbespielten Bezugsbandes zu wiederholen. Aufnahmeverzerrer und Wiedergabeentzerrer sowie Vormagnetisierungsstrom mussten wechselseitig solange korrigiert werden, bis die Wiedergabe beim Bezugspegel -20dB völlig linear mit $\pm 0,5\text{dB}$ von 80Hz bis 16kHz verlief.

Meist wurde nicht der Vormagnetisierungsstrom gemessen sondern die Vormagnetisierungsspannung gegen Masse. Aber auch diese Messung war nicht trivial, weil nicht jeder Wechselspannungsmesser die hohe Frequenz im Effektivwert oder gar Spitzenwert ermitteln konnte. Bei der Auswahl der zur Verfügung stehenden Messgeräten musste ein Oszi mit bekannten Tastkopfverhältnis zu Hilfe genommen werden. Die Vormagnetisierung resultiert aus der Hysterese der Magnetisierungskurve ferromagnetischer Stoffe, die sich einstellt, wenn von außen ein magnetisches Wechselfeld einwirkt. Nur ganz „weiche“ Magnetmaterialien haben eine vernachlässigbare Hysterese. Dann aber sind die aufgeprägten magnetischen Momente B sehr empfindlich auf ungewollte äußere Magnetfelder H . Je weiter und höher die Hysterese also ist, um so größer ist das erforderliche äußere Feld, um das Magnetband umzumagnetisieren. Die halbe Hysteresenweite ist die Koerzitivkraft und die halbe Hysteresenhöhe ist die Remanenz, deren Werte in den technischen Daten der Bänder enthalten sind. Die Vormagnetisierung überbrückt praktisch die Hysteresenweite und erzeugt so eine scheinbar durch den Nullpunkt gehende Kennlinie, die in einem gewissen Abschnitt annähernd linear ist. Damit es keine Modulation der Musik gibt, muss die Frequenz der Vormagnetisierung sehr viel höher sein, als die höchste zu speichernde Tonfrequenz sein.

Bei der Aufnahme mussten die hohen Frequenzen im Pegel stärker angehoben werden, damit die Wiedergabe linear wurde. Das konnte über die elektronische Pegelanhebung direkt geschehen oder über die Verringerung des Vormagnetisierungsstromes (VoV). Die Verringerung des Vormagnetisierungsstromes erhöhte aber den Klirr. Die zu große Pegelanhebung konnte über eine vorzeitige Sättigung

bis zu einer Selbstlöschung führen. Die Bandlöschung erfolgte ja mit Hochfrequenz. Durch Veränderung der Aufnahme-Vorverstärkerverzerrung durch Austausch von Kondensatoren mit anderer Kapazität und höherer Qualität (Polystyrol) sowie dem Trimmen der Spulen konnte die gewünschte Linearität letztendlich erreicht werden.

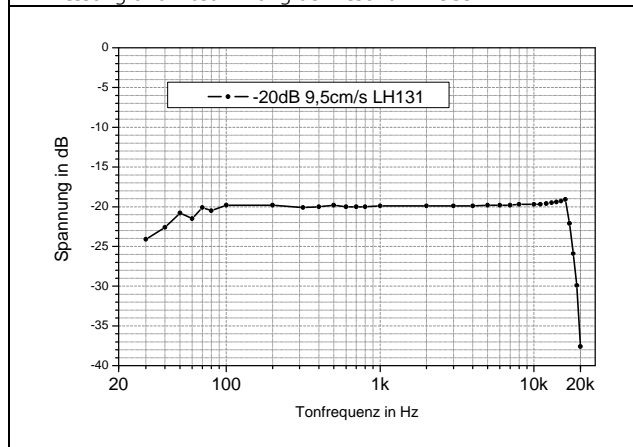
Ebenfalls angehoben werden mussten die sehr tiefen Frequenzen unter 60Hz, also dann, wenn die Wellenlänge so groß wird, dass sie in die Größenordnung der vom Band berührten Länge des Jochkopfspiegels kommt. Das betrifft die 9,5er Geschwindigkeit mehr als die 19er, die 38er hingegen ist noch weniger betroffen. Für dieses Maß wird der Umschlingungswinkel α_m definiert. Ansonsten ist die Wiedergabespannung proportional zu Frequenz und muss durch den Wiedergabeentzerrer wieder proportional zur Frequenz abgesenkt werden, wiederum mit Ausnahme der höchsten Frequenzen, wo die schließlich die Wellenlänge so klein wird, dass diese der doppelten Kopfspaltweite entspricht. Wird die Wellenlänge des Tones noch kürzer, wird das resultierende Feld im Spalt wieder kleiner.

Die Kopfspaltweite liegt bei wenigen Mikrometern. Allein hier erhebt sich der Anspruch auf einen innigen Band-Kopfkontakt und eine staubfreie Abtastung nebst einer völlig glatten Kopfspiegelfläche, ansonsten ist sofort ein Höhenverlust zu befürchten. Da das Vorbeigleiten des Bandes immer Luftwirbel mitschlingt, die das Band abheben, wird dieses gewöhnlich durch den Zusatzfilz an den Kopf gedrückt. Zuviel Druck erhöht nicht nur den Abrieb des Kopfes und des Bandes, sondern die Wow und Flutter-Werte erhöhen sich. In Extremfällen kommt es auch zum „Bandquietschen“.

Auch wenn alles richtig justiert wurde kann bereits der erste Wiederholungsdurchlauf einen Verlust von -0,5dB bei 15kHz mitschlingen und jeder weitere Durchlauf kann diesen Verlust weiter erhöhen.

Der Preis für die an ein Bandtyp optimierte Aufnahme- und Wiedergabecharakteristik war, dass die Bezugsbandwiedergabe leicht fehlerhaft wurde. Das spielte primär keine Rolle, da es keine gewünschten vorbespielten Bänder im Musikalienmarkt gab. Die Wiedergabenorm diente aber auch noch zur Austauschbarkeit zwischen verschiedenen Tonbandgeräten. Hier aber sind die Abweichungen im täglichen Diskobetrieb mit 2 verschiedenen Tonbandgeräten den Zuhörern nicht aufgefallen. Und für das eigene kleine private Studio wurde nur die eine optimale Aufnahme-/Wiedergabemaschine genutzt. Der Vorteil des M2405 waren seine eingebauten in dem meisten Fällen gerade ausreichenden HiFi-Verstärkerstufen mit 2 eingebauten Breitband-Ovallautsprechern von je 12W nebst sehr empfindlichen Hochton- und Tieftonstellern. Erstere vor allem waren sehr hilfreich, wenn z.B. das Tonbandgerät schräg in eine Raumecke gestellt wurde, die Hochtöne zur Seite strahlten, konnte das Gerät kleine Räume von 20 bis 25m² mit anspruchsvoller HiFi-Musik füllen und das Hören und Unterhalten war gleichzeitig gut möglich. Das Gerät gefiel auch in kleinen Privatpartys mit professionellen Musikergästen. Es war noch gut mobil und für einen jungen kräftigen Mann durchaus einige 100m weit transportierbar.

Abb.9: Frequenzgang M2405S -20dB LH131 bei 9,5cm/s nach Einmessung und Abstimmung der Resonanzkreise



Bei Vollaussteuerung 0dB konnte für 10kHz ein Abfall von -7 bis -8dB ermittelt werden. Der Klang von Musik unterschied sich etwas

im AVB-Vergleich von der Quelle. Rock und Pop-Musik war über Band etwas „fetziger“ als das Original, wie der Ausdruck damals war. Bei Klassik hingegen wurde eine gewisse unnatürliche Schärfe festgestellt. Hier konnten dann nur die 19,05cm/s mehr überzeugen. Zum Glück gab es Klassikschallplatten preiswerter und meist in sehr guter Qualität. Schallplatten in Rock und Pop hatten recht unterschiedliche Qualitäten im Verzerrungsmaß und Rauschabständen. Abgesehen davon waren viele Platten käuflich nicht privat erwerbbar gewesen, hier war eine Tonbandaufnahme die einzige Chance diese Musik genießen zu können.

Die oben angeführte unnatürliche Schärfe resultiert sicherlich aus dem Klirr k3 von -32dB (1,8%) bei +3dB Vollaussteuerung. Aber in diesem Klangverhalten unterschieden sich die Tonbänder auch. Es gab mal eine Charge, die sich deutlich besser anhörte. Exemplare dieser Charge konnten für kurze Zeit Republik-weit gekauft werden und so wurde ein ausreichender Vorrat angelegt.

Bei allen bekannten Datenblättern von ORWO Tonbändern wurde nur die Klirrdämpfung für k3 bei 315Hz angegeben. In den Datenblättern der westeuropäischen, US-amerikanischen und japanischen Hersteller wurde dagegen die Klirrdämpfung nur indirekt angegeben, indem der maximale Ausgangspegel bei 315Hz auf 3% k3 festgelegt hatte, somit aber wird auch hier nur auf k3 bezogen. Warum eigentlich? Die Frage konnte damals nicht beantwortet werden. Die Verzerrungen mussten in der Praxis einfach hingenommen werden, zumal die Aussteuerung der Signale in Form von Musik je nach Ausführung gar nicht so einfach war. Analoge Drehspulinstrumente waren träge und die Spitzenpegelanzeige relativ ungenau. Schon beim Frequenzgangmessen -20dB war man ohne Millivoltmeter aufgeschmissen. Ohne die Kenntnis des Musikstückes war eine genaue Aussteuerung unmöglich. Eine Schallplatte aufnehmen dauerte 2 Schallplatten lang. Eine Stunde warm up war sowieso nur ein Minimum. Jeder Pegelpeak oberhalb +1dB war deutlich verzerrt, obwohl das nach der Datenblattkurve nicht so hätte auffallen dürfen.

Das Zusammenstellen von Musikarchiven aus Aufnahmen vom UKW-Radio war relativ zeitaufwendig und brauchte Geschick. Auf der Kopfabdeckhaube wurde ein Aluminiumblech befestigt und die Klebeschablone. Es wurde das Band im Winkel von 30° zerschnitten, die Archivspule aufgespannt und ihr Band auf das Schnittende der Aufnahme gelegt und mit ihr zusammen nochmal durchgeschnitten. So passten die beiden Enden selbst bei nichtlinearen Schneiden so gut zusammen, dass die rückseitige Verklebung nicht an der Berührungskante durchschaute. Dieser Schnitt war nicht hörbar. So wurden einige 1000m Musikarchive zusammengestellt.



Nach einigen Wochen Betrieb war immer ein Wochentag erforderlich, um das Gerät zu pflegen und die Tonkopfeinstellungen zu prüfen. Nur wenn vorzeitig Abnutzungerscheinungen erkannt wurden, konnten die Aufnahmen in gleichbleibender Qualität gemacht werden. War der Tonkopf leicht angeschliffen, musste dieser etwas nachgeschoben werden, damit der Andruck richtig kam. Das konnte über den Aufnahme- Wiedergabefrequenzgang kontrolliert werden. Der Filzdruck wurde am schnellsten abgenutzt und musste immer gewechselt werden. Ferner mussten die

Bandführungen gereinigt werden und zusammen mit den Tonköpfen entmagnetisiert werden. Die Capstanrolle musste gesondert mit 80%igem Alkohol und Wattestäbchen gereinigt werden. Dabei wurden Versprödungserscheinungen und kleine Risse vor den größeren Schäden entdeckt. Darüberhinaus wurde nach einem Jahr der Wechsel der Rutschkupplungen fällig sowie das Nachschmieren der Lager, wo spezielles Fett erforderlich wurde. Zusätzliche Wartungszeit war manchmal fällig, wenn die Drehkontakte unsichere Ausschläge anzeigten. Die gesamte Steuerung lief über einen mehrlagigen Drehschalter des Mittelhebels. Viele Kontakte waren versilbert und alle mussten bewegt werden, obwohl sie nicht immer benötigt wurden. Man musste Putzen und Nachbiegen. Der Verschleiß eines Tonkopfes war nicht unerheblich im wöchentlichen Diskobetrieb. Pro ¼ Jahr war ein neuer fällig. Die unglückliche Konstruktion bewirkte, dass die Jochspiegel konkav ausgeschliffen wurden, da die Jochtrennwandlamellen (silberner dünner Streifen zwischen den Jochs) deutlich größere Abriebsfestigkeiten hatten. Ansonsten wäre die Lebensdauer leicht doppelt so lang machbar gewesen. Diese kehligen Ausschläufe mit der Erhebung in der Mitte verursachten auch bleibende Verformungen auf dem Band und damit Verschlechterungen der Hochtonwiedergabe. Die Abdünnung des Joches bewirkte auch eine leichte Veränderung der Induktivität, was mit einem Trimmerkondensator korrigiert werden musste, damit die Tonkopffresonanz bei der gleichen Frequenz blieb. Ein besonders anschauliches Beispiel für den Abschleiß durch das Band waren die Edelstahlkontaktfedern (0,5mm Stärke) für die automatische Bandendabschaltung, die nach 3 Jahren ein bandbreites Fenster aufwies.

Um dem Dilemma zu entkommen, dass oberhalb +1B die Aufnahmen zu verzerren begannen, wurde ein umfangreiches Experiment vorgenommen. In einer kleinen Poliermaschine für Forschungsproben wurde ein rechteckiges flaches Wismutmetallstück geschliffen und die Körnung bis zur kleinsten Größe schrittweise herabgesetzt bis die Oberfläche unter dem Mikroskop wie poliert aussah. Einem alten Anlegeband zur Kontaktierung des Tonbandes am Kopf wurde mit dem polierten Wismutplättchen verklebt und die Anzugfeder wurde mit einer geeigneteren ausgewechselt. Das Andruckband konnte bei Aufnahme leicht mit einem normalen getauscht werden. Da das Wismut eine abstoßende Wirkung auf Magnetfelder hat, bewirkte es eine Erhöhung des Wiedergabepegels von 3-4dB, wobei sich das Bandrauschen selbst kaum erhöhte. Der Aufnahmepegel konnte reduziert werden und die Höhenanhebung leicht zurückgenommen werden. Das erbrachte ein Gewinn von 4db Höhendynamik und 3db Tiefendynamik. Das war eine Notlösung und hatte wahrscheinlich die gleichen Endeffekt wie ein extra Aufnahmekopf.

Das Abändern der Verstärkungskennlinien in den Vorerstärkerstufen brachte indes kein Erfolg, da der Tonkopf ein Kombikopf war und die Transistortypen in die Schaltung so gut integriert waren, dass jegliche Änderung die Arbeitskennlinien zu stark verschoben hat, so dass der Klirr größer wurde. Der spätere Versuch nach der Wende auf MAXELL XLI Bänder einzumessen war fehlgeschlagen, der Pegel der Vormagnetisierung im Zusammenhang mit dem erforderlichen Aufzeichnungsstrom konnte nicht ausreichend hochgeregelt werden.

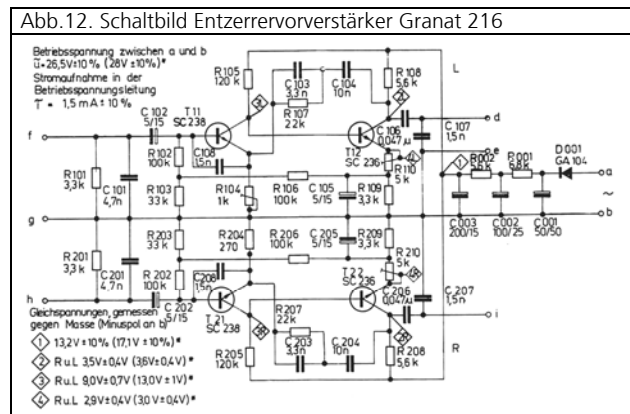
1.4. Einstellmaßnahmen an Plattenspielern

Das Abtastsystem des RFT ZIPHONA GRANAT 216 electronic war ein „Moving magnet“ MS16SD und sah etwas gewöhnungsbedürftig aus. Das Gehäuse glich dem KS22SD (piezoelektrischer Seignette-Kristall, Stereo Typnummer 22, für Stereomikrorillenschallplatten, Diamantnadel), vermutlich ist es quasi aus ihm entwickelt worden. Die Stirnfläche enthielt einen großen Massekontakt, der eine Ni/Ag-Schicht hatte und die Anschlüsse hinten waren 2 gleichfalls beschichtete Blechlammellen für den Kontakt links und rechts. Das System wurde eingesteckt und geklemmt. Die Auflagekraft wurde mit einem Stellreiter auf dem 8" Tonarm wie bei einer Laborwaage eingestellt und die Antiskatingkraft mit einer Federschraube. Bei einer Auflagekraft von 2,5Pond wurde die Stellschraube auf den Skalenwert 2,5 gesetzt. Das Gerät konnte auf Knopfdruck die Nadel absenken und hatte eine automatische Endabschaltung, die die Nadel wieder anhub und den Teller stilllegte und das Gerät völlig abschaltete. Man konnte aber auch den Tonarm über die Stütze an Ort und Stelle schieben, den Arm absenken lassen und nach einem Titel den Arm wieder anheben lassen, ohne dass die Platte abgebremst wurde. Zum Schutz der Schallplatten vor Staub war eine kippbare Rauchakrylglas-Abdeckhaube installiert.

Die Wiedergabekennlinie des internen Entzerrervorverstärkers erfolgte nach TGL 200-7004. Die Schaltung wies bereits gegenüber dem Vorgängermodell aus dem Jahre 1974 wesentliche Verbesserungen auf. Die beiden Verstärkerstufen waren bereits DC-gekoppelt und die Einkopplung wurde hochohmiger gestaltet. So wurde Verstärkung um 2,5dB angehoben und der Fremdspannungsabstand um -10dB abgesenkt. Der Vorverstärker-Übertragungsbereich wurde verbessert und seine HF-Einstreufestigkeit erhöht.



Abb.11: GRANAT 216



Die keramischen Filterkondensatoren der Entzerrervorverstärkerstufe wurden gegen engtolerante Polystyrolkondensatoren getauscht. Leider brachte das nicht so viel wie erhofft, das MS16SD war vielleicht doch zu schlecht. Was auch störte, war, dass der Abstand des Abtastsystems zur Platte einfach beängstigend nahe war. Der GRANAT hatte ein auf 3 Stahlfedern gehängte Subchassis, was empfindlich auf Bodenschwingungen reagierte.

Tab.1: Daten aus Prospekten der Granat-Spieler

| Granat | 216 | 227-1 |
|----------------------------|---------------------------------|--------------|
| Übertragungsbereich | 30-20000Hz | |
| Vorverstärker | +40,5dB Links +39,5dB Rechts | |
| Ausgang | 0,775V _{eff} | |
| Klirr | <1% | <0,5% |
| Gleichlauf | <0,15% | |
| Rumpel-Geräusch | < -57dB | |
| Fremdspannung | < -60dB | |
| Drehzahl | 33 o. 45/min | 33 o. 45/min |
| Plattenteller | 2,4kg | |
| Abtastsystem | MS16SD | MS27SD |
| Auflagekraft | 25mN | 15mN |
| Übertragungsbereich ±1,5dB | 31,5-8000Hz | 31,5-12500Hz |
| Übertragungsbereich ±4dB | 30-12500Hz | 30-16000Hz |
| Nachgiebigkeit | 8mm/N | 20mm/N |
| vertikaler Abtastwinkel | 15±5° | 22° |
| Nadelschliff | spärisch | konisch |
| Kanaltrennung | > 20dB | > 23dB |

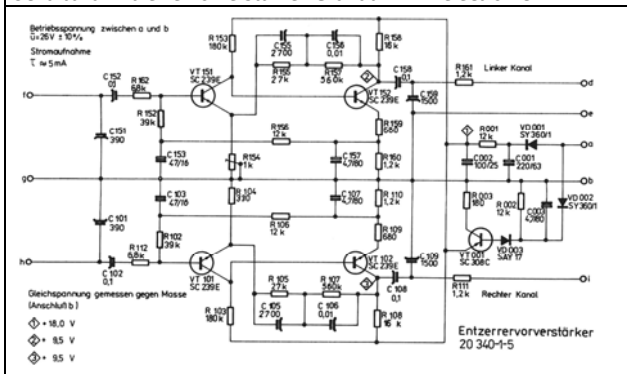
Der 216 wurde durch den GRANAT 227-1 ersetzt. Auch der 227-1 hatte ein Subchassis, auf dem Plattenteller, Motor und Tonarm befestigt waren. Die Auflagekraft des Tonabnehmers wurde mit einem Gewichtsreiter auf dem Tonarm eingestellt. Die markierte Skalierung von 0 bis 4 erfolgte im Pond-Maßstab.

Ab dem 227-1 wurden RIAA –normgerechte Entzerrzeitkonstanten im Vorverstärker angewendet: 75µs, 318µs und 3180µs, erkennbar an dem Doppel-RC-Glied zwischen den zwei Transistoren SC 239E. Auch der Tonabnehmeringang wurde MM-normgerecht: 47kΩ und 390pF. Ausgezeichnet war, dass alle Koppelkapseln aus dem Signalweg weggefallen sind. Im Unterschied zu den westeuropäischen Gegebenheiten wurde allerdings der vertikale Abtastwinkel von 22° anstelle von 20° gewählt. Zum Ausmessen wurde die Messschallplatte LB211 genutzt. Die Abweichungen des Frequenzganges waren jedoch größer als erhofft.

Abb.13: GRANAT 227-1



Schaltbild Entzerrervorverstärker Granat 227-1 electronic



Da der beste DDR-Plattenspieler der Phonoautomat PA225 (Automatik mit Sensortasten wie der REMA TOCCATA und 3-stufigem Entzerrervorverstärker) zum 3-fachen Preis das neue MS25SD hatte, das enger tolerierter gewesen sein sollte, wurde danach gesucht. Schließlich wurden welche in Elektronik-Bastelläden angeboten. Die Messung bestätigte die Annahme. Das System war frequenzgangtechnisch innerhalb der vorgegebenen Grenzen nahezu perfekt (Abb.17).

Abb.15: System MS 25 SD

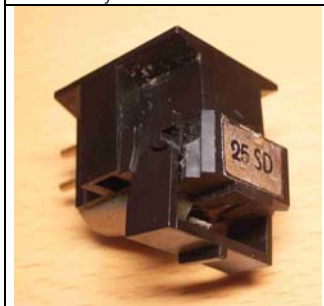


Abb.16: konische Nadel



Die in der Tabelle angegebenen Entzerrzeitkonstanten wurden von RCA 1952 begründet und 1967 zum Weltstandard erhoben. Davor gab es noch einen DIN-Standard mit 50µs anstelle von 75µs. Bezogen auf die praktisch auftretenden maximalen Spitzenpegel der Musikschallplatten lag der 0dB 1kHz Bezugspegel der Messplatte bei

-16dB. Am besten funktionierte die Frequenzgangkontrolle über die trägen Aussteuerungsdrehspulmessinstrumente des Tonbandgerätes mit aufgesteuerten Aufnahmeregler, weil die Anzeige am Millivoltmeter stark „zappelte“. Da die Hochfrequenzpegel auf der Messplatte nur -10dB aufwies, resultierte daraus ein Abstand von -26dB zum Spitzenpegel. Aber nur wenige Musikschallplatten erreichten den vollen Spitzenpegel, die meisten lagen ca. 3 bis 6dB darunter, vor allem diejenigen, deren Plattenseiten vollausschnitten worden sind, so dass mehr als 20min auf die Seite passte. Offensichtlich wurde auf Kosten der Dynamik an Platz gespart. Damit kam die Aussteuerung der Schallplatte relativ nahe an die Vorgaben für die Frequenzgangeinmessung des Tonbandgerätes: 16kHz bei -20dB.

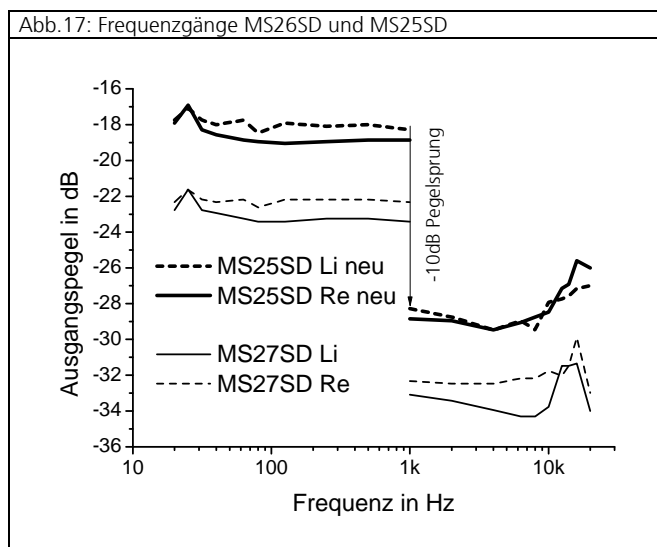
Interessant war auch, dass das 20kHz Signal in das erste Drittel der Platte und nicht in die inneren Rillen geschnitten wurde.

Tab.2: Messplattendaten

| LB211 | Bezugspegel | Wert |
|----------------------------|-------------|---------|
| maximale Lagertemperatur | | +32°C |
| maximale Einwirktemperatur | | +38°C |
| vertikaler Spurwinkel | | 22±1° |
| Entzerrzeitkonstanten | | 3180µs |
| | | 318µs |
| | | 75µs |
| Rillenprofil | | |
| Verrundungsradius | | 4µm |
| Öffnungswinkel | | |
| Achsenkreuzwinkel | | 89° |
| Frequenzgang Einzeltöne | | |
| links dann rechts | | |
| Bezugsschnelle 1kHz | 0dB | 3,2cm/s |
| Pegelfehler 20-20000Hz | ±1dB | |
| Pegelfehler 63-12500Hz | ±0,5dB | |
| Gleitton 20-20000Hz links | | |
| Startsignal 1kHz | 0dB | |
| Pegelsprung 1,1kHz | -10dB | |
| Gleitton 20-20000Hz rechts | | |
| Startsignal 1kHz | 0dB | |
| Pegelsprung 1,1kHz | -10dB | |
| Kontrollton 1kHz | -10dB | |
| 16kHz l,r | +7,7dB | |
| 14kHz l,r | +6,7dB | |
| 12,5kHz l,r | +5,6dB | |
| 10kHz l,r | +3,7dB | |
| 8kHz l,r | +1,9dB | |
| 6,3kHz l,r | 0dB | |
| 4kHz l,r | -3,4dB | |
| 2kHz l,r | -7,4dB | |
| 1kHz l,r | -10dB | |
| 1kHz l,r | 0dB | |
| 500Hz l,r | -2,6dB | |
| 250Hz l,r | -6,7dB | |
| 125Hz l,r | -11,6dB | |
| 80Hz l,r | -14,5dB | |
| 63Hz l,r | -15,9dB | |
| 40Hz l,r | -17,8dB | |
| 31,5Hz l,r | -18,5dB | |
| 25Hz l,r | -19,0dB | |
| 20Hz l,r | -19,3dB | |

Weitere Einstellhilfen konnten im Buch „Fono- und Tonbandgeräte, RFT-Service“ von Karl-Heinz-Finke [VEB Verlag Technik Berlin 1981 4.Auflage] in Erfahrung gebracht werden. Zur Einstellung der Auflagekraft wurde eine Federkraftmesser aus dem Physiklabor benutzt. Die Einstellung über den Gewichtsreiter am Tonarm war gut reproduzierbar genau, ±0,05Pond. Zur Einstellung der Antiskatingkraft wurde die „Rillenlose Prüfplatte LB49“ verwendet. Die Nadel sollte bei richtiger Einstellung auf halben Radius abgesenkt und weder nach außen noch nach innen driften. Praktisch ergaben sich dann 2,0 Skalenteile. Auf der Tonarmführung (-träger) wurde eine bei Finke beschriebene Auflage geheftet, damit beim Tonarmanheben am Ender Platte der Tonarm eher fixiert wird als die Antiskatingkraft den Abtaster seitlich aus der Rille zieht.

Nach erfolgter Justage klangen Langspielplatten einigermaßen klar und sauber, dagegen waren Singles und 45er Maxis immer höher verzerrt. Aber es war immer noch beim Betrieb eine Art „Singen“ wie bei einer ständig vibrierenden Gitarrensaite zu hören. Als Ursache wurden die 3 Stahlfedern erkannt, an denen das Subchassis aufgehängt worden ist. Tellerträger und Abdeckplatte waren aus Stahl und mit den Schraubenfedern starr verbunden. In die Federn wurden zusammengewickelter Schaumstoff gesteckt, so dass der Federdraht bedämpft wurde. Dann war das „Singen“ weg. Zeitweise tauchte auch eine Art Resonanz der Abdeckhaube auf. Diese wurde durch die Auflage von 2 weichen Siliconhalbkugeln an den 2 vorderen Ecken beseitigt.



Außer der Messschallplatte fehlte noch eine Testplatte, die die Musikwiedergabequalität charakterisieren konnte. Die LB107 machte die Übersprechdämpfung hörbar. Außerordentlich hilfreich zur Beurteilung der Nadelabnutzung befand sich sowohl bei 120mm als auch bei 70mm Rillenradius das gleiche Musikstück, ein kurzer Abschnitt einer Operette mit Gesang. Abgenutzte Nadeln verursachten deutlich hörbare Verzerrungen auf der inneren Rille. Unruhen im Gleichlauf konnten mit einem sehr langsam gespielten Pianostück erfasst werden. Ebenfalls waren Messtöne, wenn auch gewobbelt, vorhanden. Der erste 1kHz Pegel war allerdings mit 10cm/s geschnitten und damit 10dB höher als bei der Messplatte, gerade so laut, wie der Musikdurchschnittspegel bei hoher Aussteuerung. Zur Abschätzung der effektiven Dynamik waren im Vergleich zu den Forte und den Piano Stellen auch Leerrillen auf halben Radius geschnitten, was in vielen Punkten hilfreich war.

Tab.3: Testplattendaten

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| LB107, Seite 2 | |
| Einstellung | Hörsignal |
| Seitenzugehörigkeit | Li tiefer Ton, Re hoher Ton |
| Lautsprecherpolung | männl.-sonore Sprecherstimme |
| Basis Li, Re, beide | Musikstück |
| Klanggleichgewicht Li, Re | helles Rauschen |
| Nadelabnutzung, s.Platteneende | Musikstück+Gesang A |
| Wiederholung Kurzttest | |
| Gleichlauf | extrem langsame Klaviermusik |
| Messtechnik | |
| | 1kHz 10cm/s |
| gwobbelter Sinustöne Li, Re | 1kHz |
| | 125Hz |
| | 6,3kHz |
| | 10kHz |
| Fremdspannungsabstand | forte,piano; Leerrille |
| Übersprechen Li -> Re | 1kHz 5s |
| | 1kHz 5s -18dB Vergleich |
| Übersprechen Re -> Li | 1kHz 5s |
| | 1kHz 5s -18dB |
| Nadelabnutzung | Musikstück+Gesang A |

Neu auf dem Markt kamen später sogenannte DMM-Platten, vor allem im Klassik-Bereich. Häufig stand auf den Covern, dass die Aufnahme digital vorgenommen war. Eigentlich sollten die DMM Platten verzerrungsärmer und rauschärmer sein, aber das Gegenteil wurde empfunden, hauptsächlich in einer Form von einer unangenehmen Rauhgigkeit. Auf weitere Einkäufe von DMM-Platten wurde deshalb verzichtet, die Normalplatten waren auch etwas billiger. Die DMM-Platten wurden im Direkt Metal Mastering Verfahren hergestellt. Dabei wird anstelle in ein Lackmaster nun bereits in ein Cu-Master geschnitten. Dadurch fielen die Galvanisierungsschritte der Lackfolie weg. Natürlich war deshalb zu vermuten, ob denn da diese viel höheren Schneidwiderstände (10x) und die damit verbundenen höheren Ansteuerenergien nicht doch mehr Klirr verursachten? Um den Schneidwiderstand zu minimieren, wurde ein scharfer Stichel ohne die bisher üblichen Polierfacetten verwendet. Damit werden natürlich die sehr kleinen Wellenlängen detaillierter eingraviert. Dazu kam, dass der Anstellwinkel des Stichels verändert wurde und der genormte vertikale Spurwinkel stimmte nicht mehr mit Bewegungsrichtung des Stichels bei der Tiefenschrift überein. Hier wurde eine Laufzeitkorrektur eingeführt. Durch den harten Werkstoff Cu entsteht eine Ultraschallfrequenz von etwa 70kHz, die in der Rille nachweisbar ist. Möglicherweise wurde dieser Ultraschall doch zu einem geringen Pegel getastet und es erfolgte eine Intermodulation mit den Nutzsignalen? Die hohen Frequenzen werden aber auf jeden Fall erstmal besser abgebildet. Wenn aber die Verzerrungen beim Plattenabspielen mit der Frequenz steigt, könnte hiermit ein Grund gefunden sein, warum die DMM-Platten unangenehmer empfunden wurde, da die Toningenieure sich auf die Normalplatte eingestimmt haben und die Wiedergabecharakteristik aber der Aufnahmeerfahrung und -routine widersprach und z.B. die Aussteuerung der Höhen nicht entsprechend etwas gedämpft haben.

Kurze Zeit nach dem 227-1 kam der Nachfolger Granat 227-2 mit einem Import-Abtastsystem VM 2102 (1,5pond Auflagekraft) aus der CSSR von TESLA, mit einem noch etwas schlechteren Abtastverhalten als dem MS 27 SD. Eine Folge der Arbeitsteilung der RGW Staaten im sozialistischen Wirtschaftsgebiet, so wie schon zuvor, als in der DDR keine Spulentonbandgeräte mehr produziert und weiterentwickelt worden waren. Das Nachfolgersystem VM 2103 wurde im DDR Tangential Plattenspieler HK PA 1203 verbaut. Dieser Spieler fuhr mit Direktantrieb und vollautomatisch ebenfalls mit 2 Geschwindigkeiten. Ein jüngerer Kollege kaufte sich diesen Plattenspieler. Mit dieser Gelegenheit wurde ein Klangvergleich gestartet. Aber auch hier machte sich eine unangenehme Rauhgigkeit im Klang bemerkbar. War es die Platte oder der Spieler? Zum Glück waren auch gleiche Platten vorhanden. Hier zeigte sich, dass die vom Tangentialspieler getastete Platte auf dem Granat etwas rauh lief, ähnliches ergab sich mit der vom Granat gespielten Platte auf dem Tangentialspieler, während der „originale“ Vergleich auf dem Granat ein angenehmes geschmeidiges Abbild ergab. Was war die Ursache, wo doch das Tangentialabtastprinzip von Haus aus weniger Verzerrungen (kein Fehlwinkel, kein Skating) liefern sollte? Ein Blick in die zu DDR-Zeiten immer mitgelieferten Schaltungsunterlagen brachte mehr Verständnis. Der Befehl zum Weitertransport des Tangentialtonarmes erfolgte durch optische Sensoren. Beim Abtasten wurde auch der Tangentialtonarm durch die Rille in Richtung Plattenzentrum abgelenkt. Bei ausreichend großer Auslenkung wurden am Tonarmursprung 2 Lichtstrahlblenden verschoben, bevor jedoch der Weitertransport erfolgte, war der Fehlwinkel deutlich erkennbar. Irgendwann kam dann der Weitertransport, aber dieser stoppte erst als der 0-Fehlwinkel bereits so weit überschritten wurde, dass er im Betrag ähnlich dem anderen war, aber eben im Vorzeichen umgekehrt. Abgesehen vom Fehlwinkel war der Transport bei weitem nicht so sanft gleitend wie beim Drehtonarm. Der transportierende Linearmotor war nicht so ruckelfrei als dass man keine Vibration am Gestänge und Tonarm spürte. Alle mechanischen Schwingungen zusammengenommen, die Abtastfehlwinkel von etwa ± 1 bis 2° und die dynamischen Änderungen der Tonarmbewegung bewirkten wahrscheinlich die unangenehme Klangbeeinträchtigung.

1.5. Der neue Trend - Bassreflexboxen

Allgemein galt schon damals, dass das schwächste Glied der HiFi-Wiedergabeanlage die Lautsprecher sind. Mitte der 80er Jahre kamen neue Lautsprechertypen in Form von Bassreflex-Gehäusen heraus, mehr Tieftonvolumen in weniger Gehäusevolumen. Eine willkommene neue Form und Größe für den Familienvater.

Die Box hatte einen 4Ω 25W 13er Papier-Tiefmitteltöner mit Schaumstoffsicke und 4Ω 25W 25mm Textil-Kalottenhohtöner. Nachdem die Elektrolytkondensatoren ausgewechselt waren, stellte sich angesichts der Aluminium-Flachbandspulen, die noch auf der Frequenzweichen-Platine befestigt waren, die Frage, was diese Dinger da sollen, da diese den Hinweisen der Zeitschrift „FUNKAMATEUR“ widersprachen. Kupferlackdraht-Luftspulen wie in den „REMA“-Boxen sollten doch am besten sein, doch Al-Flachband wurde dort noch nicht erwähnt. Auf Anraten von professionellen Elektrotechnikern, dass doch Cu-Draht viel verlustärmer sei und die Al-Flachbandspulen sicher nur aus Gründen des DDR-typischen Cu-Mangels genommen worden sind, wurden mit der Hand entsprechende 1mm-Cu-Lackdraht-Luftspulen auf leere Pflasterrollen gewickelt und der Draht im PVC durch Schmelzen der Pflasterrollenplastik fixiert.

Abb.18a: BR25 mit Drahtgitter



Abb.18b: ohne Abdeckung



1.5.1. Erste Erfahrungen mit dem Bassreflex-Prinzip und Raumakustik
In den allermeisten durchschnittlichen Haushalten Verheirateter und solcher mit Kindern entstand mit der Zeit der Zwang, hauptsächlich bedingt durch die „bessere Hälfte“, dass Lautsprecher möglichst im Regal oder zumindest an der Wand zu stehen haben. Durch ausdauerndes Gegenhalten des männlichen Ehepartners ergibt sich in einem weiteren Zeitablauf, dass die Lautsprecher etwas von der Wand wegrücken dürfen und nach vielen Jahren, wenn die lieben Kleinen nicht mehr so wild herumfegen und auch ihre „schlacksige“ Zeit der Reifung hinter sich haben und die Ehefrau eine gewisse Toleranz entwickelt, dürfen die Boxen auch etwas selbstständiger werden. Die Lautsprecherabdeckung kann dann auch mal längere Zeit entfernt bleiben.

Praktisch ergab sich zunächst in Wandnähe einer 4m x 5m und 3,4m hohen Wohnstube einer Altbauwohnung eine hörbare Überbetonung des oberen Basses (80Hz) am Hörplatz während die ganz tiefen Töne des Kontrabasses und der Orgel, die den Raum so schön füllen sollten, schmerzlich vermisst wurden.

Bei einer Überprüfung des Impedanzganges stellte sich aber heraus, dass dieser mit der Theorie und der Messung nach [3] nicht übereinstimmte. Die Messung wurde mittels eines seriellen Widerstandes am Tieftöner durchgeführt. Trotz Verkürzung des Bassreflexkanals wollte sich der ideale Impedanzgang mit den zwei gleichgroßen Resonanzspitzen nicht recht einstellen, geschweige denn, dass der Bass tiefer wurde. Außerdem war in der 4m² kleinen Kellerbastelkammer verblüffend noch weniger Tiefbass zu hören als in der 20m² großen Stube.

Als die Box mit dem ungekürzten Reflexkanal zum Vergleich angeschlossen wurde, überraschte diese mit mehr Tiefbass. Ärgerlich wurde eine Hofpause eingelegt.

Resultat: Das Bassreflexrohr musste also verlängert werden, egal was die Theorie meint. Also zurück. Am Kellereingang war plötzlich ein gewaltiges Tiefbasswummern zu hören, der Röhrenfrequenz-generator war nicht abgeschaltet worden und die Türen standen alle offen. Hatte die Box sich inzwischen verändert? In der Kellerkammer angekommen war dieser gewaltige Bass weg. Zurück zum Hauskellereingang, das Wummern war wieder da, es hatte auf dem Weg zum Eingang immer mehr zugenommen. Fazit, es kam auf die Weglänge und wie der Zimmervergleich sagte auf die Raumgröße an. Schliesslich wurde der Reflexkanal verlängert. Schreibpapierblockpappe wurde gedreht und mit mullfreien Wundpflaster umwickelt bis es steif und schalltot war.

Danach wurde das Teil einfach auf das alte Rohr aufgesteckt und nochmals mit Pflaster umwickelt. Das Resultat war, dass endlich, wenn auch nur schwach Kontrabässe im Wohnzimmer zu hören

waren, während der zu hohe Pegel des oberen Basses 80Hz doch merklich abgenommen hatte. Insgesamt blieb aber die Unzufriedenheit. Einerseits hat die Abnahme des 80Hz Peaks den Spaß beim Rock vermindert, andererseits wurde Klassik naturgetreuer, und das war doch wohl entscheidend. Aber diese Unzufriedenheit wurde durch die begründete Hoffnung beruhigt, nach einem Umzug in eine grössere und akustisch günstigere Geometrie der Wohnstube noch mehr vom Tiefbass zu hören. Der Impedanzgang jedoch war „vergewaltigt“ worden. Das niederfrequente Resonanzmaximum war theoretisch zu klein gegenüber dem höherfrequenten Maxima.

Abb.19: LASIP Tieftonsimulation mit Bassreflexrohr 14,5cm

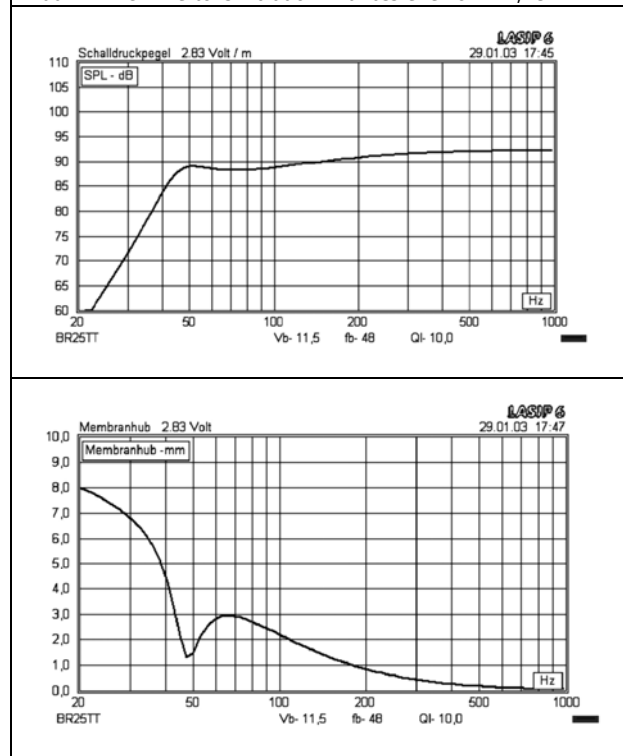
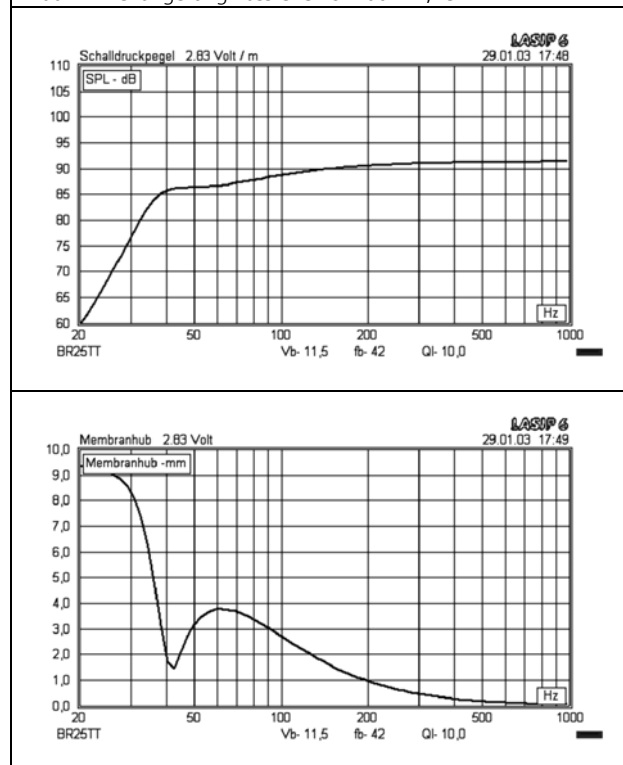


Abb.20: Verlängerung Bassreflexrohr auf 20,3cm



Wahrscheinlich war es den damals zur Verfügung stehenden Musikmaterial geschuldet, dass der zu große Membranhub unter 38Hz praktisch keine bedeutende Rolle gespielt hat. Später wurden diese Handlungen nachsimuliert und zur Veranschaulichung der gemachten Maßnahmen die Schalldruckkurven in LASIP simuliert, Abb.19 und 20.

1.5.2. Der Kalottenhohtöner

Aus den Altbeständen konnte 1988 der bereits ausgeliehene Röhrenfrequenzgenerator 16kHz bis 26kHz mit <0,1% Klirr und kurzschlussfestem Ausgang erworben werden. Beim „Durchdrehen“ der Frequenzen im Präsenzbereich wurden überlaute Stellen mit deutlichen Verzerrungen an dem Kalottenhohtöner entdeckt. Beim Abfühlen des Hochtöners sind in einigen Bereichen starke Vibrationen an der Abdeckkappe zu erfühlen gewesen. Ein Abklopfen erbrachte einen hohlen Klang. Der Hochtöner wurde ausgebaut und die Abdeckkappe abgenommen. In der Tat war ein Zwischenraum zu finden, wo die Plastabdeckung sehr nahe an der Kalotte zum Schwingen angeregt werden konnte. Es wurden 6 gleich grosse Knetmassekügelchen angefertigt, die gerade so groß waren, dass sie bei der Montage der Abdeckung breit gedrückt werden konnten. Nach der Montage war der Deckel beim Klopfest schalltot. Erneut wurden die Frequenzen durchgefahren, einige wenige Resonanzen waren noch verblieben, die bei den 2 Kalotten auch unterschiedlich lagen. Bei der Demontage waren 4 Sechskantschrauben gesehen worden. Nach der erneuten Deckelabnahme wurden die Schrauben gelockert, damit wurde die Kalotte in der Lage beweglich, also nicht zwangszentriert. Neugierig geworden, wurden diese Schrauben entfernt und die Kalottenschwingspule konnte aus dem Luftspalt gehoben werden. Hinter der Kalotte wurde ein aufgeklebter kugelabschnittförmiger Schaumstoff entdeckt, ob sich dahinter eine Polkernbohrung verbarg, konnte nicht ausgemacht werden. Die Kalotte wurde wieder aufgesteckt und die Schrauben nur ganz schwach angezogen, dadurch konnte die Lage der Schwingspule zentriert und exakt justiert werden. Durch leichtes Fingerklopfen in X- und Y-Richtung und parallelem Frequenzdurchdrehen war man in der Lage, die Überbetonungen zu beseitigen und die Verzerrungen zu minimieren. Dann musste die Kalotte festgehalten und die Schrauben fixiert werden. Nach Inbetriebnahme des Kalottenhohtöners wurden kaum noch Verzerrungen gehört. Die letzten deutlichen Verzerrungen verschwanden als der Hochtöner in der Schallöffnungsvertiefung so justiert wurde, dass keine Berührung der Seitenkanten der Hochtönerfrontplatte mehr mit den Gehäuseinnenkanten der Öffnung erfolgte. Ein Musikhörtest zeigte, dass der Präsenzbereich weniger aggressiv wirkte, so dass erst bei einer höheren Lautstärke als früher, diejenige unangenehme Lästigkeit auftrat, wo dann die „bessere Hälfte nur kommentiert: „wollen wir nicht wieder leiser machen?“.

1.5.3. DasTiefmitteltöner Chassis

Angeregt von dem Resonanzverhalten eines „schiefe“ in die Schallwand eingepassten Hochtöners wurden nun auch die tieferen Töne angewendet. An einem Tieftöner kann leider nicht viel justiert werden, außer seine Lage in der Schallwand. Der Entwickler der BR25 oder wer auch immer hatte Textilringe unter die Chassisaufgaben auf die Schallwandöffnungen geklebt um wahrscheinlich die Schwingungen des Chassi-Korbes nicht auf das Gehäuse zu übertragen, denn so Schalldicht war der Filzring nicht, es sei denn etwas gezielte Undichtigkeit war erwünscht, wie auch immer. Aber wahrscheinlich diente der Filzring zur Chassis-Abdichtung und zur Schwingungsdämpfung.

Während die Schwingspulen-zuführungen im Hochtöner symmetrisch diagonal angeordnet waren, sind diese beim Tiefmitteltöner an einer Seite im Paar angebracht. Das könnte auf ein vorzeitiges Membranaufbrechen hinwirken. Ob die Lage einen Einfluss hat, ließ sich leicht überprüfen, da der Tiefmitteltöner mit Klemmen fixiert wurde, also frei drehbar. Waren die Zuführungen oben, schien die Wiedergabe weniger angestrengt zu wirken als wenn sie unten waren, ein geringer Effekt. Viel deutlicher waren die Vibrationsverzerrungen im Grundtonbereich 200 bis 400Hz zu hören und mit den Fingerkuppen zu erspüren. Der Korb wies dort enorme Schwingungen auf, die im beträchtlichem Maße auch seitlich wirkten. Das wurde erkannt, als eine Seite festgehalten wurde. Zwischen Chassis und Schallwand waren in der 6mm Vertiefung ein 1 bis 2mm breiter Spalt. An drei Stellen wurde Knetmasse in einer Ringabschnittslänge von 2cm eingepresst. Die Grundtonresonanzen waren danach fast gänzlich verschwunden. Ein vollgepresster Spalt

rings um das ganze Chassis ergab seltsamerweise ein lebloses diffuses Klangbild. Vermutlich wurde jetzt eine andere Schwingungseinkopplung in die seitlich Schallwandöffnung wieder zu stark, möglicherweise in einem anderen Frequenzbereich, so dass die Schallwand zuviel phasenverschobenen Schall abstrahlte. Wie lautete doch das Sprichwort: „Zu ville und zu wing is e Ding.“

1.6. Einstellungen und Kalibrierungen an Kassettendecks

Es kamen langsam HiFi-taugliche Kassettendecks auf den DDR-Markt, z.B. das HMK100. So ein Kassettendeck ist für den praktischen Familienbetrieb vor allem mit kleinen Kindern geeigneter als ein Spulentonbandgerät. Ein störanfälliges Einfädeln und keine interessanten drehenden Räder mehr. Kassette aus dem Kinderzimmer holen, einlegen, fertig. Genauso beim Auto, fertig. Klangqualität sekundär, die Bewegung der Familie – lauter.

Bei der Einmessung eines nicht befriedigend funktionierenden HMK100 wurde festgestellt, dass der Löschkopf nur einen Spalt aufwies und eine blanke Ferritoberfläche hatte.

Abb.21: Ferritlöschkopf mit 1 Spalt

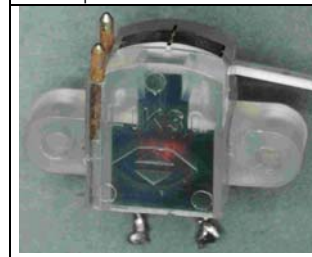


Abb.22: Doppelspaltlöschkopf mit Sendustschutz



Besser wäre ein Doppelspaltlöschkopf mit Sendustschutz gewesen, damit wäre eine höhere Löschdämpfung erreichbar gewesen und ein besserer Korrosionsschutz.

Abb.23 Spalt X2C70: 1,92µm

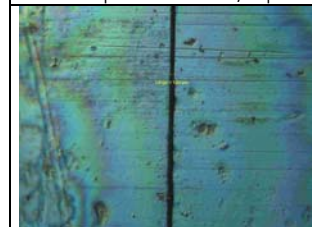
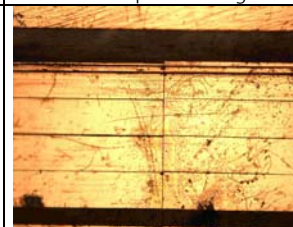


Abb.24: Kernpakete 4Lagen

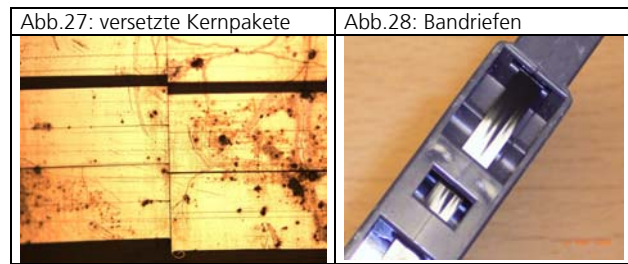
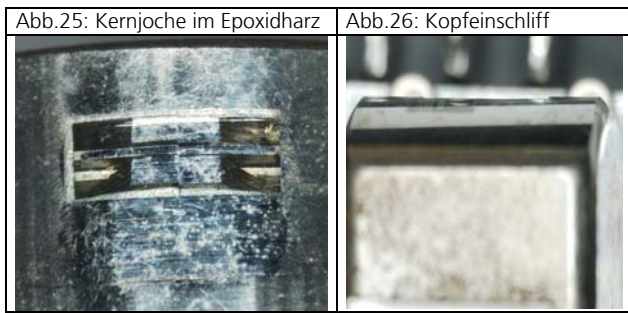


Beim Ersatz des Tonkopfes stellte sich heraus, dass der Kombikopfspalt nur 13kHz zuließ und nicht wie für das CrO₂ Band ausgewiesen 16kHz. Die 16kHz werden nur formal geschafft, wenn der Pegel der oberen Grenzfrequenz einer erlaubten Toleranz unterliegt bzw. wenn eine resonanzartige Höhenanhebung durch den Vorverzerrer-/Entzerrervorverstärker vorgenommen wird, dann aber ergibt sich eine gewisse Nichtlinearität. Die Kernpakete bestanden aus nur wenigen Kernblechen (Abb.24), was zu einer geringen Wirbelstromdämpfung führte. Die oberen Kernbleche zeigen eine Stufe, die durch eine Falschjustage des Herstellers verursacht wurde. So kam es auch zum Nebenspurübersprechen. Bei schräger Betrachtung waren die Kernjoche zu sehen, die im Epoxidharz eingebettet waren. Oberflächlich ist ein Abschleiß durch eine gewellte Form der Reflektion von Leuchtstoffröhren sehr schnell zu erkennen, während ein seitlicher Blick nur Bruchteile eines Millimeters offenbart (Abb.25 und 26).

Bei einem zweiten Tonkopf zeigte sich eine Verkippung der Kernblechanordnung. Dadurch verringerte sich die Induktivität und die Dynamik, da die effektive Spalthöhe geringer wurde. Unten ist sogar so etwas wie ein Span erkennbar, das ist aber nur ein Ende der Spaltfolie, mit der man die Kernpakete auf definierten Abstand gehalten hat (Abb.27).

Die Unbrauchbarkeit der Tonköpfe erfolgte ebenfalls wie bei den Spulentonbandgeräten weniger durch einen abgenutzten Spalt als vielmehr durch die Unebenheit des eingeschliffenen Tonkopfes. Die wenigen µm, die der Spalt in der Weite misst, sind dann schnell mal lokal im Abstand des Bandes vom Kopf erreicht. Lässt man die Abnutzung weiter voranschreiten, werden dann 4 Spuren mit 3

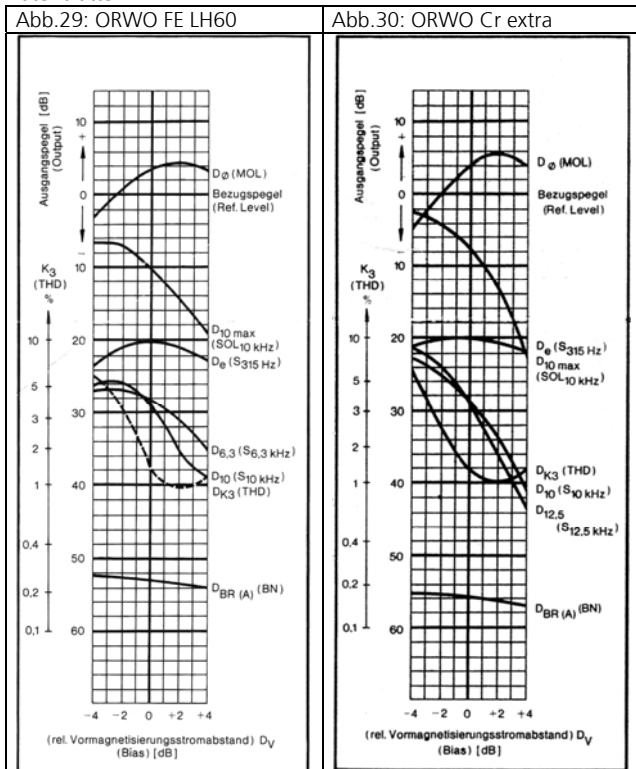
Riefen auf den Bändern abgebildet, was einen weiteren Verlust an Höhen induziert, da die Bänder irreversibel deformiert werden. Vor allem auf anderen Kassettengeräten ist der Höhenverlust leicht erkennbar.



Tab.4: Vergleich verschiedener Kassetten-Normalbänder

| Bandstärke 12µm mit 90min Spilllänge | ORWO FEI LH60 | SONY HF | SONY HF-S |
|---|------------------|------------|--------------|
| Koerzitivfeldstärke Hc (kA/m) | 28,5 | 29,4 | 31,2 |
| MOL 315Hz 250nW/m | +3,0dB | +4,5dB | +5,5dB |
| MOL 10kHz | -9,0dB | -6,5dB | -3,5dB |
| Differenz 315Hz-10kHz | -12,0dB | -11,0dB | -9,0dB |
| Klirr 3.Harmonische MOL | -38dB | | |
| Betriebsgeräusch | -53dB | -55dB | -55dB |
| Empfindlichkeit 315Hz | -0,5dB | -0,5dB | 0dB |
| 10kHz | | +0,5dB | +3,5db |
| 16kHz | | +0,5dB | +5,0dB |

Datenblätter



Bei täglichem Gebrauch ist schon nach 1/2 Jahr die Höhenwiedergabe mit einem solchen Hardpermalloykopf bei 14kHz um 1 bis 2dB abgesunken. Damit sind deutliche Höreinbußen bei Radioaufnahmen verbunden. Für eine langzeitstabilere Aufnahmetechnik müssten mehr Reserven her.

Da ergab sich durch einen Test in Stereoplay, die in der Sächsischen Landesbibliothek einsehbar war, dass YAMAHA die Kassettendecks mit Amorphmetalltonkopf preislich in interessante Bereiche gesenkt hat. Amorphmetalltonköpfe sollen besser gewesen sein als alles was vorher eingesetzt worden ist, weniger Abrieb und bessere Höhenwiedergabe. Darüber hinaus wurden auch auf dem hiesigen Markt SONY-Eisenoxidbänder angeboten, so dass wenn auch teuer relativ gutes Bandmaterial erworben werden konnte. Ob denn ein HMK100 überhaupt die ausländischen hochwertigen Magnetbänder aussteuern konnte, war sowieso fraglich, denn die ORWO Bänder hatten eine merkwürdige hellbraune Farbe mit einem großen Drang schmierig zu werden und Partikel abzugeben. Die Hinterfragung war berechtigt, denn erst etwas später, 1989, rühmte sich ORWO IEC (Publikation 651) normgerechte Eisenoxidbänder entwickelt zu haben, deren Farbe war dunkelbraun und sie waren deutlich abriebfester.

Die Tabelle zeigt einen Datenvergleich der SONY Kassettenbänder mit den neuen ORWO's.

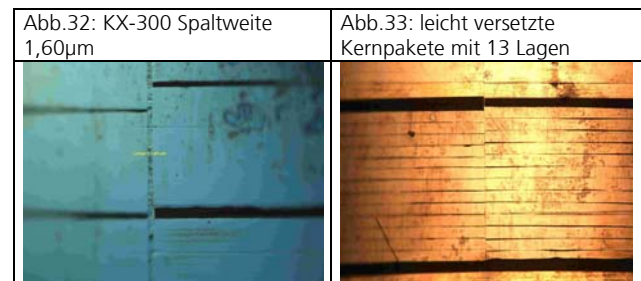
Die für den Tonbandamateur entscheidenden Fragen sind, welchen Abstand zum Grundton 315Hz hat der maximale Pegel von 10kHz und der sieht dann gar nicht mehr so unterschiedlich aus, sowie bei wieviel -dB liegt die 3.Harmonische. Aus den einschlägigen Datenblättern von SONY und anderen sind aber leider keine Angaben gemacht worden.

Der IEC-Referenzaufnahmekopf hatte eine Spaltweite von 4µm und der -Wiedergabekopf eine Spaltweite von nur 1,0µm, welcher eine maximale Frequenz von 23kHz wiedergeben könnte.

An preiswerten Decks konnte man die Einmessungen nur unterhalb des Abdeckbleches vornehmen, die externen Regler wurden dort eingespart. Was in der Praxis bedeutete, dass nur auf eine Bandsorte und Bandtyp richtig eingemessen werden konnte, denn Grundeinstellungen der Bandtypen waren durch einen Spannungsteiler festgelegt.



Natürlich wurde dann auf die preiswerten Bänder, sprich Eisenoxid, die Vormagnetisierung und das Aufnahmelevel eingestellt, damit die Aufnahmen mit DOLBY möglichst fehlerfrei wurden.



Nach Analyse des Kombitonkopfes des YAMAHA KX-300 RS im Mikroskop ergab sich eine Spaltweite von 1,6µm, was eine verlustfreie Abtastung bis 15kHz erlauben sollte, für UKW ausreichend und dem Spulentonband bei 9,5cm/s entsprechend. Im Vergleich zum DDR-HMK D100 war eine mehr als dreifache Zahl von Kernblechen zum Paket vereint, was ein deutliche qualitative Verbesserung bezüglich Signalpräzision bringen sollte. Das Datenblatt des Herstellers gab 30kHz bis 17kHz mit ±3dB an. Der Tonkopf wurde nach dem Einbau mittels einer hochwertigen Musikkassette mit CrO₂ Band eingetaumelt. Später wurde die

Einstellung durch eine Messkassette bestätigt. Am empfindlichsten kann man einstellen, wenn auf Mono geschaltet wird und die Schlagzeughöhen auf Maximum gestellt werden. Bei Betrachten der dieser Kaufkassette Jethro Tull „Crest of Knave“ Original-Label CHRYSALIS fiel auf, dass die Kodieröffnungen für die Stellhebel zur Bandsortenumschaltung auf CrO₂ nicht eingestanzt waren. Damit wurde im Kassettendeck mit einer anderen als der üblichen Entzerrzeitkonstante τ verstärkt. Und zwar werden die hohen Frequenzen weniger abgesenkt als bei CrO₂ üblich, was ein Plus von 5dB bei 10kHz bewirkt [1].

Abb.34: Entzerrungszeitkonstanten Kassette

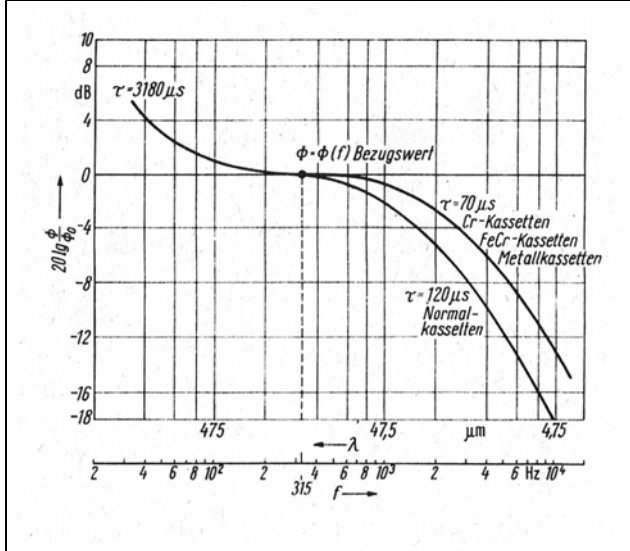


Abb.35: Kassettenrücken mit Kodieröffnungen

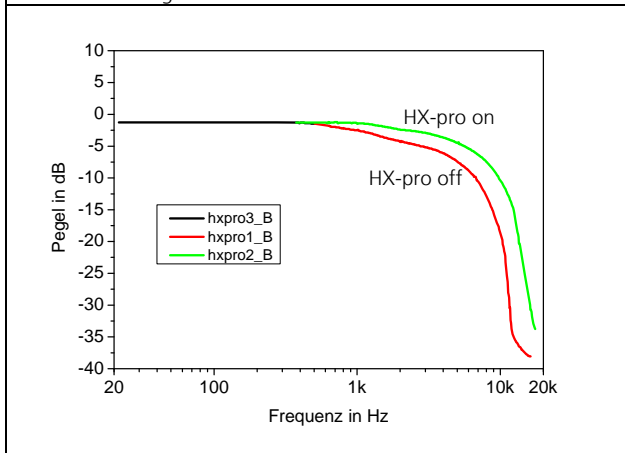


Bandsorte

- Metal
- CrO₂
- Eisenoxid

Das YAMAHA-Deck hatte neben Dolby B auch Dolby C und HX-Pro. Es besaß nur eine Capstanwelle. Für das YAMAHA-Deck musste ein Adapterkabel gebaut werden, von DIN-Stecker auf Cinch-Stecker, da das REMA nur DIN-Diodenkabeleingänge hatte. Während sich das Kassettendeck selbst mit DOLBY HX-Pro ausregelte, waren DOLBY B oder C schaltbar.

Abb.36: Wirkung von HX-Pro



DOLBY B und C waren Rauschminderungssysteme, DOLBY HX-Pro (Headroom Extension) war ein dynamischer Regler zur Verringerung der Vormagnetisierungsspannung, wenn das Frequenzspektrum der

Musik einen relativ größeren Pegel an hohen Frequenzen aufwies. Je höher der Ton desto höher sein Trend sich selbst zu löschen. Die Löschfrequenz betrug z.B. beim Yamaha 80kHz und hat einen sehr hohen Pegel. Da der Löscheffekt um so höher ist, je höher der Pegel der hohen Frequenz ist, kann proportional zur Frequenz der Vormagnetisierungspegel gesenkt werden. Die Vormagnetisierung hat die gleiche Frequenz wie die Löschfrequenz, nur ist der Pegel der Löschfrequenz viel höher. Die dynamische Verringerung des Vormagnetisierungspegels hat aber auch einen Nachteil, sie erhöht den Klirrpiegel im Grundtonbereich. Die Verringerung der Vormagnetisierung und Vergrößerung des Hochtonpegels ist für die Aufnahme mit HX-Pro „ein Tanz auf Messers Schneide“. Dank dem HX-Pro kann die 10kHz Dynamik auf -10dB bei Vollaussteuerung angehoben werden.

Abb.37: DOLBY B Componder (Aufnahme) -10dB

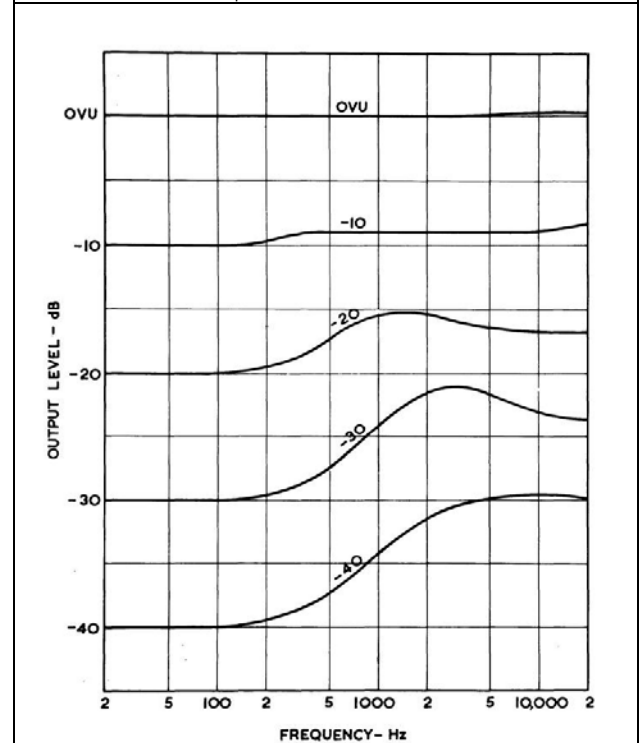
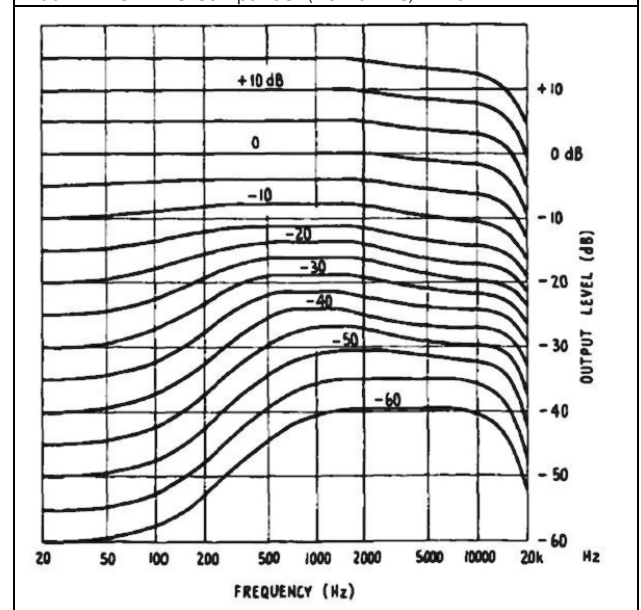


Abb.38: DOLBY C Componder (Aufnahme) -20dB



Obwohl die Linearität des Bandes SONY HF selbst sehr gut war, konnte auch nach Ausregelung des Pegels bei den DOLBY's kein linearer Frequenzgang mit <0,5dB Welligkeit erreicht werden,

vielleicht weil es nur ein Kombikopf war. Natürlich wäre die Qualität des HF-S an sich besser gewesen, aber die Hochtonaussteuerbarkeit wurde mit einer Nichtlinearität erkauf, brachte also keinen echten Vorteil. Beim DOLBY B konnte „das Pumpen“, wie es oft beschrieben wurde, unangenehm deutlich vernommen werden, wenn auch das Rauschen wirklich fast weg war, die Rauschreduktion betrug laut Patent -10dB, am auffallendsten im A/B Vergleich. Ein weiterer negativer Eindruck waren neben dem „Pumpen“ der sichtliche Hörschwund.

Das DOLBY C hörte sich entspannter an, aber noch besser war die Musikoriginalität ganz ohne DOLBY, zumindest bis in den Präsenzbereich. Der Nachteil der DOLBY-Systeme war, dass jede noch so geringe Abweichung von der Frequenzganglinearität bezogen auf das System Tonkopf/Verzerrer-/Entzerrervorverstärker hörbar verstärkt wurde, bei C noch mehr als bei B. Je höher der Anteil klassischer Musikinstrumente in der Pop- und Rockmusik war, desto auffälliger war die Verfärbung. Leider war gerade die anspruchsvolle Musik gerade viel mit diesen Instrumenten besetzt. Bei elektronisch erzeugten Klängen, wuchs nur die Nervigkeit, denn da hatte der Hörsinn keine Vergleichsdaten im Gedächtnis. DOLBY C ist ein eigenständiges Kompendersystem und der Unterschied zu DOLBY B besteht hauptsächlich darin, dass die Dynamik der hohen Frequenzen weniger komprimiert wird, um der Hochtonsättigung entgegenzuwirken. Dies hat den entscheidenden nachvollziehbaren Klangfortschritt gebracht. Eine weitere Verbesserung kam durch die Einbeziehung des oberen Grundtonbereiches in die Rauschminderung, die es insgesamt im hörkritischen Bereich auf -20dB brachte.

Gegenüber den Spulentonbandgeräten, die eigentlich fast nur mit reinen Eisenoxidbändern betrieben wurden, mussten für die Kassettendecks neue Magnetbandmaterialien entwickelt werden, da die schmalen Bänder (6,25mm -> 3,81mm), die langsamere Bandgeschwindigkeit (minimal 9,525cm/s -> 4,763cm/s) und z.T. die geringere Magnetschichtdicke die Signal/Rausch-Dynamik so stark einengte, dass das Bandrauschen über Lautsprecher richtig auffiel, es lag dann bei hier meist < -55dB, gegenüber der Spule mit maximal -60dB, was in der praktischen Hörgrenze lag. Mit CrO₂ Bändern konnten schon Spulentonbandqualitäten bezüglich Dynamik und Klangqualität von 9,5cm/s erreicht werden und mit Reineisenmetallbändern wurden schon Qualitäten von fast 19,05cm/s machbar. Die ersten CrO₂ Bänder hatten früher allerdings eine recht hohe Abrasivität und führten zum vorzeitigen Verschleiß der Tonköpfe. Der viel höhere Preis der Metallbänder machte nur Sinn, wenn spezielle Musikzusammenstellungen oder Hitsammlungen nicht kaufbar waren. Aber meistens waren derartige Bänder zu DDR-Zeiten nicht erreichbar oder sehr kostenintensiv. Mehr als eine Kassette zum Probieren war nicht drin (Preise: I 30,-; II 60,-; IV 90,- M).

Die nachmessbare Vormagnetisierungseinstellung am Kassettendeck war bei jedem Bandtyp anders. Eine höhere notwendige Vormagnetisierungsspannung sollte auch eine höhere Langzeitstabilität der Bandmagnetisierung und weniger Vor- wie Nachechos gewährleisten. Bei den dünnen Spulenbändern kamen es vor, dass sich sehr hohe Pegel auf den nächsten Wickel kopierten, die bei lauten Abspielungen zu hören waren.

Tab.5: Vergleich des Vormagnetisierungspegels

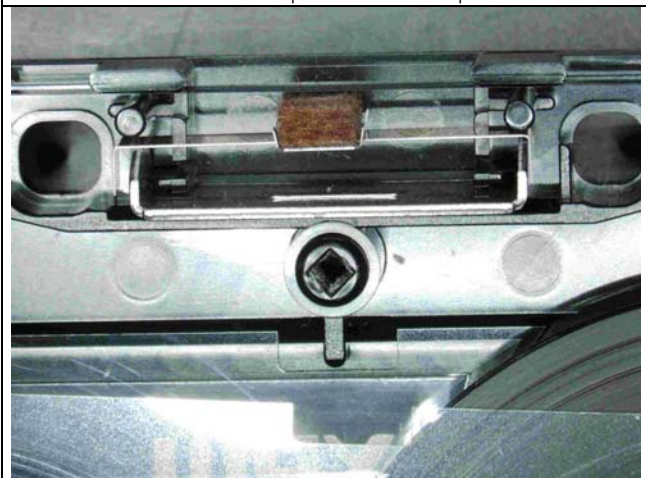
| Kassette | $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ Fe_3O_4 | CrO ₂ | FeCr | FeCo |
|---|---|------------------|------|------|
| Typ | I | II | III | IV |
| Vormagnetisierung | 11V | 14,5V | | 18V |
| Entzerrungszeitkonstante τ (μs) | 120 | 70 | 70 | 70 |

Der Andruck des Bandes erfolgte mit jeder Kassette in sich. In jeder Kassette befand sich in der Mitte eine Feder und darauf ein weiches Polster. Feder und Andruckpolster unterschied sich bei jedem Kassettentyp und bestimmten die Klangqualität neben dem Gehäuse mit. Dieser Federandruck war gegeben und konnte so nicht einfach an jeder Kassette verbessert werden, das war bei der Spule besser, eine Lösung für alle Bänder.

Einen wichtigen Einfluss auf den Gleichlauf (wow, flutter) hatten die Gleitfolien (Abb.39, Vordergrund unten) zwischen dem Gehäuse und den Bandwicklungen. Manchmal mussten diese nachgefaltet werden, damit die Andruckspannung kontrollierter wurde. Auch wie stabil die Kassette hinter der Klappe eingespannt wurde und wie sie bedämpft wurde hatte einen Einfluss auf die „Rauhigkeit“ der

Stimmenwiedergabe. Beim YAMAHA-Deck wurden die Kassetten mit Metallfedern an die Rückwand gedrückt, stabilisiert aber nicht bedämpft. Schlecht gewickelte Kassetten erzeugten so die Rauhigkeit. Dem konnte man nur begegnen, wenn im schnellen Vorlauf und Rücklauf die Bänder locker aufgespult wurden.

Abb.39: Andruckfeder mit Filzpad in Audio Compactcassette



1.7. Die Revolution der Möglichkeiten

Nach der Wende 1989 und der Währungsunion sowie der Deutschen Einheit 1990 gab es plötzlich ungleich mehr Mittel und Möglichkeiten, die Lautsprecherboxen zu verbessern, zu neudeutsch verstanden als „tuning“ von Lautsprechern, was eigentlich nur abstimmen heißt und stimmen kommt von Stimmung und das wiederum bedeutet dem persönlichen individuellem Gefühl unterordnen. So viele Geschmäcker so viele „tuning“-Gruppen. Das Ziel hier liegt aber höher, näher zum Original zu kommen.

Aber eines war besonders interessant, die CD-Technologie, die bis dato nicht erwerbbar und nicht anhörbar gewesen war, selbst auf der Leipziger Messe nicht. Natürlich waren alle technischen Daten bekannt. Der riesige Dynamikumfang von mehr als 90dB und eine echte obere Grenzfrequenz von 20kHz bis zur vollen Aussteuerung, eine Übersprechdämpfung von weit mehr als 45dB und einen praktisch vernachlässigbaren Gleichlauf. Daher war der erste Hörkontakt an einer hochwertigen MIDI-Anlage in einer Wohnung hochinteressant. Dem Schallplatten-gewöhnten Hörsinn fiel bei dem vorgestellten Klassikkonzert nicht nur eine nach oben und unten aufgefächerte und in der Breite immense Stereoabbildung auf, sondern dass jede Musikgruppe und jedes Soli einen festumgrenzten Quellenort hatte, es gab keine tonabhängigen Verwischungen mehr. Gegenüber dem Originaleindruck war aber noch eine gewisse Diffusität der Instrumente und räumliche Überlagerung je nach Tonhöhe vorhanden.

Nachdem RIM den Markt für den Bastler geräumt hatte, konnte CONRAD sein Geschäft hierin erweitern. Als erstes wurde das Beschichtungsmittel von CONRAD für Papiermembranen getestet. Ein dreimaliges gleichmäßiges Beschichten mit einer zwischenzeitlichen 24 Stunden-Trocknung, zunächst vorsichtshalber an dem alten REMA-Tieftöner erprobt, erbrachte deutlich hörbaren Originalitätsgewinn, d.h. die Durchhörbarkeit nahm sprunghaft zu, vor allem Sprecherstimmen wurden originalgetreuer. Schließlich wurden beide BR25 Tiefmitteltönermembranen erfolgreich behandelt. Timmermanns von Klang & Ton [5] zeigte später an Hand von Zerfallsdiagrammen, dass Membranresonanzen mit langen Ausschwingverzögerungen durch eine Membranbeschichtung wie dem C37 Lack wirksam bedämpft werden können.

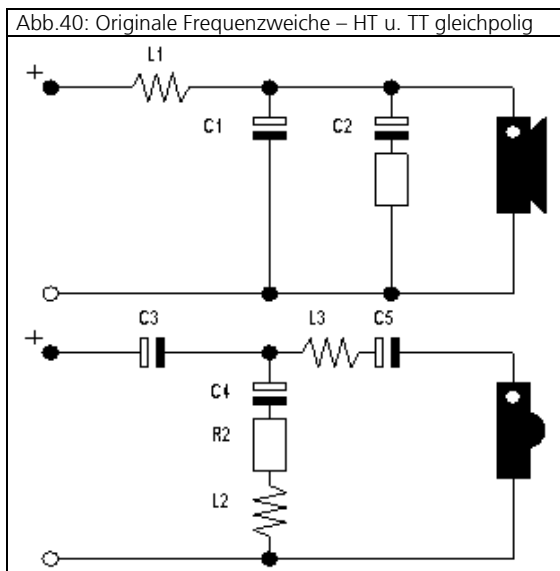
Möglichst kurzes Ausschwingen ist also wichtig für originalgetreue Musikwiedergabe.

1.8. Eine Analyse der BR25

CONRAD vertrieb 1993 auch Lautsprechersimulationssoftware, u.a. war das preiswerteste das LASIP, zuerst noch unter MSDOS dann unter Windows 3.1. Natürlich war es interessant, die gegebene Frequenzweiche im elektrischen Phasenverhalten durchzurechnen und mit den thermokopierten Unterlagen aus der „FUNKSCHAU“ von 1974 zu diskutieren.

Zu Denken gab der Saugkreis im Hochpass, da dieser direkt im Massezweig des Hochpassfilters geschaltet war. Dazu kam, dass die

elektrische Phase des Hochtöners um +180° dem Tieftöner vorausleitete. Das konnte so nicht richtig sein, da in der Fachzeitschrift „FUNKSCHAU“ Weichen mit 2. oder 3.Ordnung mit einem verpolten Hochtöner empfohlen worden waren. Jetzt tauchten auch Fragen zum Schallpegelverlauf und Impedanzgang auf. Zum Glück ergaben sich Umstände nach der Deutschen Einheit, bei der Gründung neuer Einrichtungen, dass hochwertige Messgeräte nach Feierabend genutzt oder ausgeliehen werden konnten. Die ersten 386er Computer erlaubten mit GBIP-Schnittstellen, Messsoftware wie Viewdac, Messgeräten wie hochpräzise RCL-Messbrücken von Hewlett&Packard sowie Mikrofonen von Brüel&Kjaer schnell zuverlässige Messungen zu machen.



Tab.6: Daten TT BR25 - Statron RFT 7102 4Ω

| | |
|------------------------|----------------------|
| Chassi | |
| Belastbarkeit | 25 W |
| Aussendurchmesser | 125 mm |
| Nennimpedanz | 4 ohm |
| Empfindlichkeit | 88 dB/W/m |
| Membranmaterial | Papier |
| Sickenmaterial | Schaumstoff |
| Dustcapmaterial | Papier |
| Korbmaterial | Stahlblech |
| Belüftungsmaßnahmen | keine |
| Schwingspulendaten | |
| Durchmesser | 25 mm |
| Wickelhöhe | 12 mm |
| Trägermaterial | Al |
| Spulenmaterial | 0,3 mm Cu-Lackdraht |
| Luftspalttiefe | 6 mm |
| lineare Auslenkung | Xmax = 3 mm |
| Thiele-Small-Parameter | |
| Sd | 75,5 cm ² |
| Re | 3,515 ohm |
| fs | 68 Hz |
| Qms | 3,06 |
| Qes | 0,40 |
| Qts | 0,36 |
| Mms | 7,35 |
| Cms | 0,75 mm/N |
| Rms | 1,03 kg/s |
| Le (10kHz) | 0,29 mH |
| Vas | 6,3 L |

Die Originalweiche gewährte jedoch einen lehrbuchgemäßen glatten Frequenzgang (Abb.41). Dieser Verlauf war beruhigend, da sicherlich richtig gemessen worden ist. Der Impedanzgang verriet allerdings Schwächen.

Die Impedanz sank im Grundtonbereich auf den laut DIN unteren Grenzwert von 3,2ohm, was nicht gerade optimal für „normale“ Verstärker wie dem 25W REMA TOCCATA Receiver gewesen war.

LASIP konnte den Einbau des TT-Impedanzganges im Bssreflexgehäuse nicht simulieren, deshalb ist nur ein Maximum sichtbar (Abb.42), aber oberhalb 200Hz wird der Impedanzgang nur von der Weiche bestimmt (mit Ausnahme eines Minipeaks in der Bassreflex-Mitteltonresonanz bei 700Hz)

Frequenzgangstechnik gab es also an der Box nichts zu bekräfteln. Es kamen Befürchtungen auf, ob der bisher genutzte Verstärker an der Stelle nicht zuviel Klirr fabrizierte und deshalb die Grundtonbereich so schlecht dargestellt wurde.

Das Wasserfalldiagramm wurde nochmal in der letzten Nachfolgeversion von LASIP errechnet (Abb.43).

Interessant war, sich die Tieftönersimulation anzuschauen, z.B. wie sich die Verlängerung des Bassreflexrohres ausgewirkt hat. Dazu wurden die TSM-Parameter des Tiefmitteltöners errechnet. In der Tabelle sind alle Daten enthalten, die selbst ermittelt oder beim Hersteller erfragt worden sind. Die Schwingspulendaten wurden an einen anderen defekt gegangenen TT gemessen.

Hingegen die Messung der Schwingspulendaten des HT wurde nach Zerlegung möglich. die Neujustage war ja erprobt worden. Der HT hat eine lineare Auslenkbarkeit von ±0,8mm und ist weit und breit eine Ausnahmerscheinung. Dieser HT konnte sehr hoch belastet werden. Die mündlich zugetragene Äußerung stimmte also, dass die Belastbarkeit der Boy in Wirklichkeit 50W betrug, ansonsten hätte in der DDR der Preis angehoben werden müssen. Konstruktiv vergleichbare TT wie der 7102 haben diese Nennbelastbarkeit.

Tab.7: Daten HT BR25 - Statron RFT 7101 4Ω

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| Chassi | |
| Belastbarkeit | 25 W |
| Aussendurchmesser | 104 mm |
| Nennimpedanz | 4 ohm |
| Empfindlichkeit | 90 dB/W/m |
| Membranmaterial | Gewebe, beschichtet |
| Sickenmaterial | Gewebe, beschichtet |
| Frontplatte | Kunststoff, Konusvertiefung |
| Korbmaterial | Aluminium |
| Bedämpfung | |
| Polkernbohrung | nein |
| Bedämpfung | Schaumstoffdom |
| Ferrofluid | nein |
| Schwingspulendaten | |
| Durchmesser | 25,5 mm |
| Wickelhöhe | 1,62 mm |
| Lagen | 2 |
| Trägermaterial | Al |
| Spulenmaterial | 0,16 mm Cu-Lackdraht |
| Spulenzuführung | Draht |
| Luftspalttiefe | 3,25 mm |
| lineare Auslenkung | Xmax = 0,81 mm |
| Thiele-Small-Parameter | |
| Sd | 6,88 cm ² |
| Re | 3,786 ohm |
| fs | 1120 Hz |
| Qms | 3,40 |
| Qes | 2,66 |
| Qts | 1,49 |
| Mms | 0,18 |
| Cms | 0,109 mm/N |
| Rms | 0,384 kg/s |
| Le (20kHz) | 0,070 mH |

Der Schalldruckpegel und der Membranhub des TT sind dann simuliert worden und weiter vorn bereits zu sehen gewesen. Nach der Verlängerung des Bassreflexrohres ergab sich, wie bereits gehört ein Schalldruckzuwachs bei 32Hz um 5dB. Nach einem bereits erwähnten Umzug in eine größere Stube wurden die tiefreichenden Kontrainstrumente wie erhofft besser abgebildet. Erkauft wurde der Zugewinn allerdings mit einem stärkeren Membranhub vor allem unterhalb der Abstimmfrequenz 42Hz. In der Praxis hatte dies zunächst noch keine Bedeutung, der Hub blieb zumeist unter den 3mm. Die wenigen Schallplatten, die einen zu großen Subsonic-Hub verursachten, wurden im Zuge der Zeit auf Plattenbörsen ausgetauscht.

Abb.41: Frequenzgang BR25 im originale Zustand (1m Abstand)

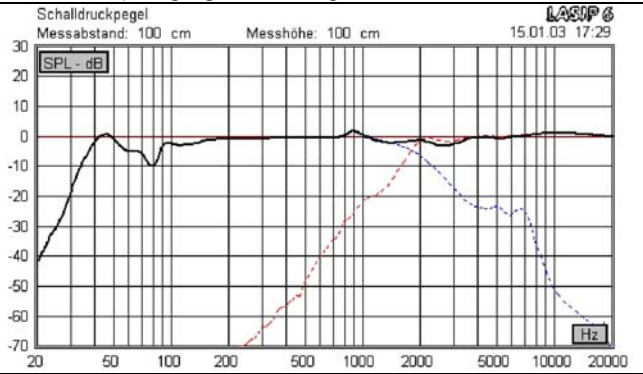


Abb.42: Elektrischer Impedanzgang mit originaler Frequenzweiche

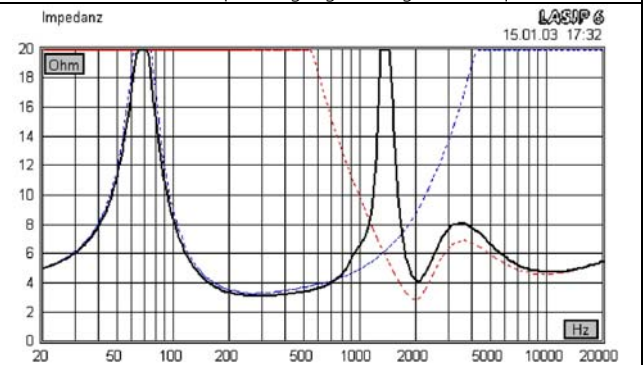
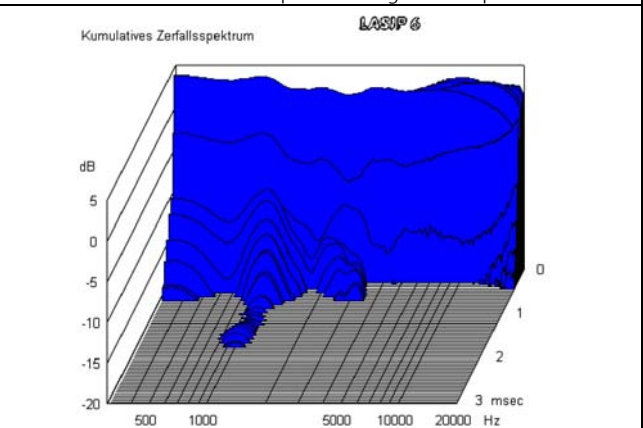


Abb.43: Kumulatives Zerfallsspektrum originale Frequenzweiche



1.9. Neue Quellen und Aufnahmegeräte

Trotz des linearen und sicherlich richtigen Frequenzganges ergab sich der Eindruck, dass je nach Abstand und Winkel der Höreindruck ein anderer war. Gemessen wurde normgerecht in 1m Abstand, aber es schien mit dem Abstand dunkler zu klingen, direkt an der Wand jedoch zu basslastig. Am Hörplatz war es dennoch unbefriedigend. Die Frequenzgangsteller für Höhen und Tiefen waren einfach zu breitbandig in der Wirkung. Es müsste ein Multischmalbandsteller her. So etwas gab es aber tatsächlich und dieser wurde Equalizer genannt, z.B. bei KENWOOD mit sehr niedrigem Klirrfaktor von sage und schreibe 0,006%, im Vergleich zum REMA TOCCATA verschwindend gering. Obwohl das Gerät beim HiFi-Händler umrandet, wurde von der Benutzung abgeraten: Das Rauschen würde sich erhöhen und das Problem würde sich eigentlich nicht so richtig lösen lassen. Und wenn, man kann ja etwas rumspielen und vielleicht war es doch nicht so verkehrt. Der preiswerte GE-940 im Midiformat hatte 14 Bänder, die parametrisch und graphisch schmalbandig oder weit mit $\pm 12\text{dB}$ einstellbar waren. Bei Vollaussteuerung wurden allerdings 1% Klirr erreicht. Aber wieviel brauchte man? Beim Ausprobieren wurde bald klar, dass gar keine Vorstellung existierte, welche Bänder und wieviel exakt einzustellen waren. Die einprogrammierten Programme passten alle nicht.

Abb.44: KENWOOD GE-940 14-Band Equalizer



Die Effekte waren interessant und verblüffend in ihrer abbildungstechnischen Wirkung, konnten aber den Originaleindruck eines klassischen Musikinstrumentes erstmal so auf die Schnelle nicht verbessern. Der Möglichkeiten der Einstellungen in ihrer Kombination waren einfach zu viele und schienen wie ein Lottospiel zu sein. Der Haupttreffer wollte sich nicht finden. Da der Equalizer nur zwischen Plattenspieler (bzw. Tonbandgerät) und dem Receiver geschleift werden konnte, war der Tuner natürlich ausgeschlossen. Die beste Quelle war der Plattenspieler. War der Receiver doch zu schlecht?

Der alte Verstärker im TOCCATA wurde vom Hersteller mit Klirr von $<0,7\%$ von 50mW bis 25W an 4Ω angegeben. Vermutlich war er nach dem beschriebenen Koppelkottausch ein bisschen geringer. Aber gegenüber der eigenen Vorstellung von einer naturgetreuen Wiedergabe im Vergleich zu den besuchten Konzerten war man noch sehr weit entfernt. Der UKW-Empfangsbereich war schon maximal gedehnt worden, die neu dazugekommenen Sender lagen oberhalb von 102,4MHz konnten nicht empfangen werden. Obwohl oder weil der Tuner im TOCCATA sehr empfindlich gewesen ist, war die Großsignalfestigkeit nicht ausreichend für den Raum Dresden mit seinen 5 x 100kW Stationen. Es gab eine Reihe von Geistersendern und anderen Kreuzmodulationseffekten.

Ein neuer Verstärker nebst UKW-Empfangseinheit musste her. Eine Marktrecherche induzierte, dass es besser ist, Verstärker und Tuner als getrennte Bausteine zu haben.

1.9.1. Verstärker MARANTZ PM-80, Tuner YAMAHA TX-550 und CD-Player MARANTZ CD-72

Der neue Verstärker MARANTZ PM-80 hatte eine schaltbare Class-A Technik mit 25W an 8ohm. Laut Testberichten blieb er stabil bis 1Ω Abschlusswiderstand.

Abb.45: MARANTZ PM-80



Als Ergänzung wurde der YAMAHA-Tuner TX-550 hingestellt, der im Vergleich mit anderen einen sehr geringen Klirrfaktor hatte und darüberhinaus 98% der Empfangsleistung von Referenzturnern vorwies. Ein gutes Hilfsmittel für die Antennenausrichtung war die feinaufgegliederte Feldstärkeanzeige in 24 Segmenten. Das bisher genutzte Symmetrierglied in der neuen Wohnung an den Koaxausgang des Kabelanschlusses wurde überflüssig. Leider erlaubte die neue Wohnung nur ein Hören im Nahfeldbereich von 3m x 3m. Die Wohnstube war zwar größer aber stark unsymmetrisch und hatte keine Bassverbesserung gebracht. Die Wahl war bei mehreren Kindern 1990 einfach nicht groß genug.

Mit einer 5-Elemente YAGI konnte der 90km entfernte Brandenburgische Sender Radio 1 aus Cottbus, welcher nur mit 30kW abgestrahlt wurde, mit voller Feldstärke empfangen werden.

Vermessen wurde der Yamaha Tuner in der Stereo 11/91 und in der HifiVision 1/90. Ermittelt wurden 0,14 und 0,15% Klirr sowie 45 und $43\mu\text{V}$ Empfangsempfindlichkeit für Stereo für 50dBA.

In dem Zuge des Austausches eines Receivers mit dem neuen Verstärker und der nun endlich zugänglichen neuen CD-Technologie wurde die Hardware weiter ergänzt mit einem MARANTZ CD-Player CD-72. Dieser war der teuerste Vertreter in der MARANTZ-Riege der

neuen Bitstream-Technologie, die nach der Multibitler-Ära folgte, wie es der CD-80 noch gewesen war.

Tab.8: Vergleich Tuner-Daten

| UKW-Empfangsteil | REMA | YAMAHA |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Bandbreite /MHz | 87,5-103 | 87,5-108 |
| Stereo 50dB / μ V | | 21 |
| Spiegelfrequenzdämpfung /dB | > 60 | 75 |
| ZF-Dämpfung /dB | > 70 | 75 |
| Trennung Narrow 40kHz hub /db | > 50 | 70 |
| Störspannung /dB | | 79 |
| Klirr wie Stereo | < 0,7% | 0,03% |
| Frequenzgang 20-20000Hz /dB | | \pm 0,5 |
| Übersprechdämpfung 1kHz | > 35db | 45dB |

Abb.46: YAMAHA TX-500

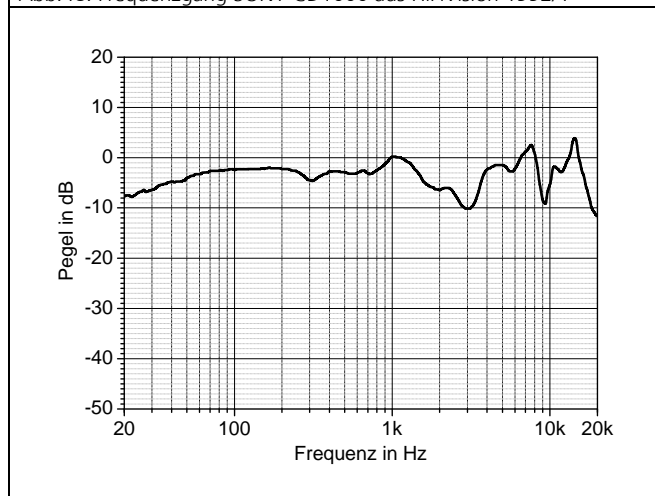


Abb.47: MARANTZ CD-72



Zur ersten Funkausstellung 1991 nach der Öffnung der Grenzen wurde der geschlossene Kopfhörer SONY CD1000 benutzt. Der geschlossene Kopfhörer hatte 2 Vorteile. Zum ersten war man mehr gegen die äußere Umgebung akustisch abgeschottet und zum zweiten wurde es möglich lange Tonbandmittschnitte lauter abzuhören, ohne jemand zu nerven, wenn man z.B. Musikstücke für Musikarchive überspielte, die man vorher abgehört hatte. Denn in Regel war nur abends Zeit, wenn andere lieber Filme schauten. Dieser Sony hatte innerhalb der recht seltenen Sparte „Geschlossene Kopfhörer“ außerdem einen recht ausgeglichener Frequenzgang, was ein ermüdungsfreies Langzeithören möglich machte, während z.B. der SENNHEISER ORPHEUS mit Röhrenantrieb auf der Funkausstellung zwar offener klang aber die oberen Frequenzbereiche nicht präzise wiedergegeben hat. Es gab noch einen Nachteil des CD1000, nach einer Stunde begannen die Ohren zu schwitzen und man musste eine kleine Pause einlegen.

Abb.48: Frequenzgang SONY CD1000 aus HiFiVision 1992/1



Auf den Messeständen war es unmöglich alle CD-Spieler im Vergleich mit einer CD zu hören, obwohl die meisten Stände einen Hörraum hatten. Nicht nur bei den Erfindern der CD, PHILIPS und

SONY, gab es mindestens 5 preisgestaffelte Geräte mit Kopfhörerausgängen. Beim Durchhören aller Geräte, vom preisniedrigsten angefangen, fiel auf, dass die Wiedergabe bezogen auf die Originaltreue stufenweise immer besser wurde, je höher der Preis angesetzt war. Wenn jedoch die Grundtechnik der Wiedergabe sich änderte, wie z.B. Bitstreamer auf Multibitler, war kein richtiger Vergleich mehr möglich, es kam der Eindruck, der „Verschlimmbesserung“ auf, wenn die Geräte gleiche Preiskategorien hatten und auch wenn dabei der Preis eine Stufe höher ging. Die beste Wahl war offensichtlich das teuerste Gerät einer technischen Grundserie. MARANTZ sollte die Firma sein, die die Standard-IC's und Laufwerke in audiophile Schaltungsumgebung und in schönere Gehäuse verpackt hat. Außer diesen Merkmalen zeichneten den MARANTZ CD-72 aus, dass er im Vergleich eine sehr gute Abtatsicherheit auswies. Das war wichtig, denn wo Kinder sind, gibt es ein hohes Risiko, dass die Disks zerkratzt werden.

Ein typisches Beispiel für „Verschlimmbesserung“ war die erstmals selbsterlebte Generationsfolge der Marantzverstärker PM-80 /PM-82. Dämpfungsfaktor, Leistung und Stabilität an niederohmigen Lasten waren beim PM-80 eindeutig besser, während der PM-82 auf den ersten Blick weniger klirrte (Abb.51/52). Die Vergleichbarkeit bei dem letzteren war aber nicht so exakt: Der PM82 lieferte bei 2,5kHz 10W an 2Ω k_{GES} von 0,0022% und der PM80 2,5kHz 25W an 4Ω 0,0018%, was bei Erfahrungen mit Klirrfaktorkennlinien keinen Unterschied macht. Leider war beim PM82 keine Frequenzabhängigkeit des Gesamtklirrfaktors veröffentlicht worden. Die vergleichweisen Nachteile des PM82 wurde mit dem Vorteil einer Fernbedienung erkaufte. Die Impulswiedergaben sollen jedoch gleich gewesen sein.

Abb.49: Stereoplay 1991/9

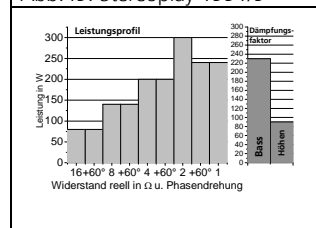
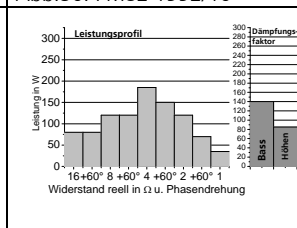


Abb.50: PM82 1992/10



1.9.2. Tuning der neuen Quellengeräte

Trotz der wirklich besseren Hardware gab es ausser einem etwas klareren und impulsfreudigeren Wiedergabe und eines größeren Stereopanoramas keine deutliche Verbesserung, die weg vom typischen Radioklang führte. Ausserdem glänzte der CD-Player zu sehr bei höheren Lautstärken mit einem unangenehmen grellen Klangbild. Nach einer Weile CD-Hören klang der Plattenspieler dumpf und leblos. Es dauerte eine Weile bis sich der Hörsinn angepasst hatte und Platte wieder ganz gut klang. Wenn dann wieder auf CD umgeschaltet wurde, „ging zunächst wieder eine fetzige Post ab“, dann nach einer Weile musste wieder leiser gestellt werden, aber ein gemütliches Langzeithören wollte sich auch dann nicht einstellen. Ein Blick in die Geräteunterlagen und ein Nachmessen der Pegel zeigte, dass der Plattenspieler mit seinem internen Entzerrervorverstärker die üblichen Pegel (wie Tuner, Spule, Kassette) von 0,771V aufbrachte, der CD-Spieler aber 2,0V bei Vollaussteuerung. Das mehr von etwa 8dB im direkten A/B-Vergleich machte unmittelbar klar, dass die CD eine explosive und rauschfreie Klangmaschine ist und die anderen nur „kalter Kaffee“. So muss es gewesen sein, als die ersten CD-Player den Siegeszug um die Welt angetreten haben. Und da war der Bitstreamer schon die 2. Entwicklungsgeneration der CD-Technik.

Weder Plattenspieler noch CD-Player brachten das Original näher sondern nur anders und immer gewöhnungsbedürftig. Bandgeräte führten über den Analogeingang sowieso immer zu einer Verschlechterung des Originals, CD oder Platte.

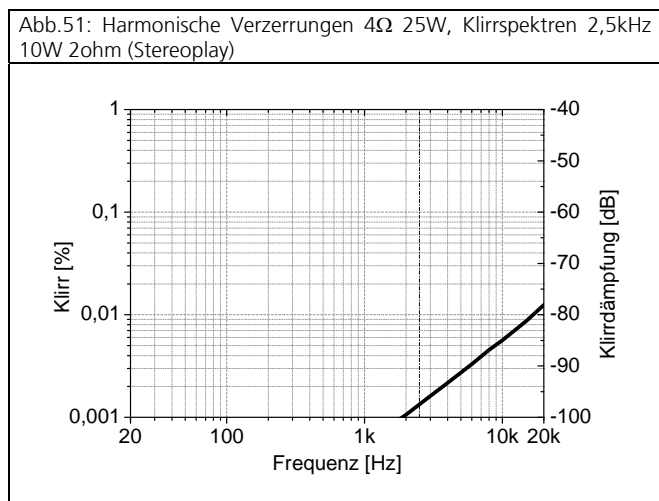
Schließlich wurden wieder Kondensatoren gewechselt, im CD-Player und Verstärker. Und es wurde ein Kalibrierabgleich der Verstärkerschaltungen durchgeführt. Seltsamerweise ergaben sich andere Ruheströme als der Hersteller in seinem Service-Manual zu Grunde legte. Die Ruheströme der AB-Verstärkung wurden schließlich so eingestellt, dass die Kühlkörper eine vergleichbare Temperatur nach 2h wie der AB-verstärkende TOCCATA-Receiver hatte. Die Serviceanleitung hatte dort alle beschriebenen Erscheinungen beim Einstellen so beschrieben, wie sie dann auch eintraten. Später stellte

sich heraus, dass es mehrere Modifikationen des PM-80 mit unterschiedlichen CLASS-A und CLASS-B Einstellungen gegeben hat, die sich auch an der konkreten Bestückung der Platinen unterschieden. Aber die Service-Unterlagen haben von all dem nichts mitgekriegt.

Es sah so aus, als ob die ersten PM-80 in CLASS-A zu heiß geworden sind und so Störungen bekamen. Die Einstellungen in CLASS-A wurden auf 20W zurückgestellt, darüber wurde der AB-Betrieb wirksam, was bei Zimmerlautstärke noch nicht zutraf.

Die Quellengeräte waren nach dem Prinzip Klirrminimum (0,008% PM80; 0,0015% CD72) bei akzeptablen Preis ausgewählt worden. Das Verstärkerprinzip Class-A im PM80 versprach auf Übernahmeverzerrungen zu verzichten, was die Verzerrungsmessungen von STEREOPLAY 1991 nicht wie gewünscht bestätigten, k3 wurde bei CLASS-A dominant.

Trotzdem erhielt der MARANTZ in den Testzeitungen wegen der hohen Eingangskapazitäten und nicht nur für die Phonoabteilung schlechte Noten. Aber das ließ sich ja leicht ändern und die Eingangskeramik Kondensatoren wurden gegen kleinere Polystyrolkapazitäten gewechselt. Die später in den Testzeitungen gelobten 10µF ELNA-Elektrolyt-Koppelkondensatoren wurden gegen die besten MKP's, die es zur Zeit gab, MKP 250V DC von INTERTECHNIK getauscht. Der Austausch von Koppelkondensatoren war bereits im REMA 1982 mit MKT 100V erfolgreich gewesen. Die gesamte Schaltung des Marantz PM80 hatte im Signalweg bei „Source Direct“ nur einen einzigen Koppelkondensator! Anstelle des 10µF wurde aus Platzgründen ein 4,7µF eingebaut. Bezogen auf den Eingangswiderstand der Vorstufe spielte die Halbierung keine Rolle. Das andere Problem der Phonoeingang, er wurde nicht benutzt, weil der GRANAT selbst eine Vorverstärkerentzerrstufe mitbrachte.



Im CD-Player wurde die Ferrit-Perle durch eine handgewickelte Torroid-Spule mit Kunststoffkern ersetzt und die Doppel-elko's im Ausgang ebenfalls durch INTERTECHNIK MKP 10µF 250V ersetzt. Platz genug war ja. Ferner wurde überlegt, warum die teureren CD-Spieler keinen regelbaren Ausgang hatten. Von der Schaltung aus wurden dort weitere verlustreiche passive Bauelemente entdeckt, die den nichtregelbaren beeinflusst haben. Der regelbare Ausgang wurde an seiner Quelle abgetrennt und die Klangabbildung wurde nochmals etwas besser.

So wurde auch das Entzerrernetzwerk im Plattenspieler vorverstärker mit 1% Metallfilmwiderständen und Polystyrolkondensatoren versorgt. Aber es schien wiederum, wie so oft beim Plattenspieler, die niedrigsten Verbesserungen einzutreten.

Der Klangfortschritt am CD-Player und am Verstärker war eindeutig in Richtung authentischerer Klassik, am Schallplattenspieler und Kassettendeck war keine Verbesserung zu vernehmen. Vielleicht war die Änderung gegenüber dem hohen Störpegel der THD bei der Kassette (CC) und dem Plattenspieler (LP) zu gering, ähnliches wurde früher auch beim Spulentonbandgerät bemerkt. Lag es beim Plattenspieler am Abtaster MS 25 SD?

Den Tonkopf zu tauschen machte beim Kassettendeck keinen Sinn, denn jedes Deck war individuell im Vorverzerrer/Entzerrerkreis auf diesen Kopf maßgeschneidert und Platz war dort auch keiner. Jede Stufe wurde mit einem Elko zugenagelt. Da half nur ein neues Deck. Aber da ließ sich weniger der Klirr von 3% bei Vollaussteuerung

reduzieren als viel mehr die anderen Verzerrungsformen: Wow, Flutter, und Frequenzgang. Im Unterschied zum Spulentonbandgerät gab es fertig bespielte Musikkassetten, also musste die Austauschbarkeit beim Wiedergabe-Entzerrerverstärker gewahrt bleiben. Kaufkassetten waren bei Kindern und zu Weihnachten sehr beliebt. Kassetten waren störsicherer als Plattenspieler und handlicher als Spulentonbänder (SP).

Tab.9: Vergleich der harmonischen Verzerrungen

| | Verstärker | Tuner | CD | LP | CC | SP |
|---------|------------|-------|--------|------|----|----|
| THD (%) | 0,008 (AB) | 0,15 | 0,0015 | 0,5% | 3% | 3% |

Nach der Wende konnte man die altbekannten, heiß begehrten, aber nie erwerblichen LP's endlich, wenn auch verspätet sogar Neu (nach)kaufen, und das in der Hoffnung auf die alten allmählich verschleißenden und manchmal schon quietschenden Tonbänder nicht mehr angewiesen zu sein.

Aber vielleicht lohnte es sich ja die neuen Schallplatten auf Tonband zu bringen, 2 Platten auf eine Spule, da spart man sich 3 mal Plattenumdrehen und 4 mal Plattenabwischen und hätte 1,5h hintereinander Musik am Abend beim Bücherlesen. Die neu zugänglichen Bänder von MAXELL hatten zunächst vielversprechende Werte anzubieten. Doch selbst bei den Japanern sind Chargenabweichungen von bis zu 0,5dB bei 400Hz, +2dB bei 10kHz und +3dB bei 15kHz erlaubt. So, nun kann die Frage beantwortet werden, warum es mal eine so gute LH131 Charge gegeben haben konnte.

Mit keinem der MAXELL Bänder UD18, UD25 und XLI war ja das Einmessen an dem M2405 gelungen und die alten Bänder LH131 waren so gut wie aufgebraucht.

Jede Bandgeschwindigkeit wurde mit speziellen Zeitanstalten entzerrt. Zur Verdeutlichung des Einflusses der unterschiedlichen Bandgeschwindigkeiten auf Dynamik, Gleichlauf und Höhensteuerbarkeit bezogen auf 333Hz wurden die technischen Daten der deutschen AS 6000'er Serie von ASC electronic dargestellt.

Tab.10: Spulentonbänder im Vergleich

| | XLI | UD50 | UD35 | UD25 | UD18 | LH131 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Bandstärke /µm | 35 | 48 | 34 | 25 | 18 | 18 |
| Magnetschicht (µm) | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 9 | 6 | |
| max. Zugkraft (N) | 20 | 29 | 20 | 18 | 13 | 15 |
| Referenzpegel (nWb/m) | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 250 |
| Empfindlichkeit (dB) | | | | | | |
| 400Hz* | 1 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 |
| 10kHz | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 15kHz | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | ? |
| MOL (3% THD) | | | | | | |
| 400Hz | 14 | 11 | 11 | 8 | 8 | 3 |
| 10kHz | 8 | 6 | 6 | 6 | 8 | -7 |

* für LH131 315Hz, Bandstärke: 50µm Normalspielband, 35µm Langspielband, 25µm Doppelspielband, 18µm Dreifachspielband und 60min Kassettendeck, 12µm 90min Kassette, 9µm 120min Kassette

Tab.11: Vergleich von Tonbandgeräten nach Bandgeschwindigkeiten

| | 38,1 | 19,05 | 9,525 | 4,763 |
|----------------------|------|-------|-------|-------|
| cm/s | | | | |
| Entzerrung τ (µs) | | | | |
| Tiefe Frequenzen | 3180 | 3180 | 3180 | 3180 |
| Hohe Frequenzen | 50 | 50 | 90 | 120 |
| Dynamik (dB) | | | | |
| AS 6002 (2-Spur) | 59 | 59 | 59 | 52 |
| AS 6004 (4-Spur) | 55 | 54 | 52 | 48 |
| Gleichlauf (%) | | | | |
| AS 6000 | 0,04 | 0,05 | 0,1 | 0,2 |
| max.10kHz/333Hz (dB) | | | | |
| AS 6000 | -3 | -5 | -13 | -15 |

1.9.3. Phonoabtaster AUDIOTECHNICA AT95

Aber auch mit neuen Schallplatten war es nicht so einfach. Ein sicherer Hinweis für wirklich ungenutzte fabrikneue Schallplatten war die Verschweißung in Folien. Aber dies war nur ein hinreichendes Kriterium, kein notwendiges. Die meisten „fabrikneuen“ Platten waren nicht so einfach als solche zu identifizieren, nur auf Nachfrage. Natürlich hatte das auch Vorteile, man konnte die Platten vorher anschauen, - man musste das auch, denn andere vor einem taten es auch und wenn die ungeschickt waren, war die Platte ruiniert.



Abb.53: Audio-Technica AT95

Viele Jahre nach den Erstauflagen der Originalschallplatten, womit die Tonbänder gefüttert worden waren, wurde es schwieriger qualitativ ausreichend gute Neupressungen aufzustöbern, knister- und knackserfrei, wenig Rauschen, keine Welligkeit und mit guter Hochtonqualität, klar, prägnant, ohne Zischen, naturnahe Pegelverhältnisse im Verhältnis Grundton/Hochton. Bei Plattenbörsen und im Second Hand Shop konnten die Platten an den kritisch sichtbaren Stellen probegehört werden.

Bei den Plattenbörsen gab es auch Händler, die Plattenspieler anboten und sich erkundigten, was man bereits besaß. Der unverbindliche Versuch ein neues Tonabnehmersystem, das AUDIO TECHNICA AT95, an den alten GRANAT 227-1 mit „mittelschweren Tonarm“ anzubauen, wurde mit einer überraschend erfolgreichen Justage zur Kenntnis genommen. Mit einem Distanzplättchen gelang es Tonarm und Abtaster so zu justieren, dass das Ergebnis „erfreulich“ gut klang. STEREOPLAY gab die Hochtonverzerrungen später mit 0,25% an. Laut Frequenzgangmessungen gibt es eine Frequenzgangsenke bei 4kHz von -2dB und bei 16kHz eine Überhöhung von 3dB. HIFI VISION hatte die Hochtonverzerrungen mittels Messschallplatte SHURE TTR 103 anhand des Doppeltonsignales 10,8kHz und 270Hz ermittelt. Je unsauberer die 10,8kHz abgetastet wird, desto lauter sollte 270Hz Ton werden. Das Verhältnis der beiden Töne bildete den Hochtonverzerrungswert. Es wurde damals nicht verstanden, warum man nicht einfach den THD und den Klirr so maß wie bei allen anderen Geräten. Ein direkter Vergleich war nicht möglich. Wie groß waren nun die wahren Werte?

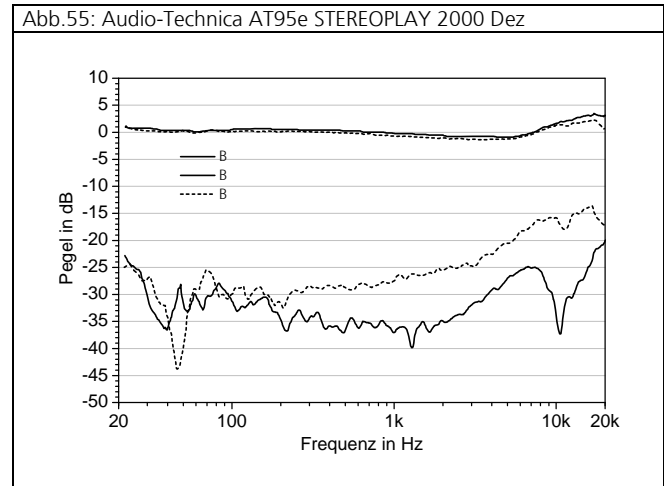


Abb.55: Audio-Technica AT95e STEREOPLAY 2000 Dez

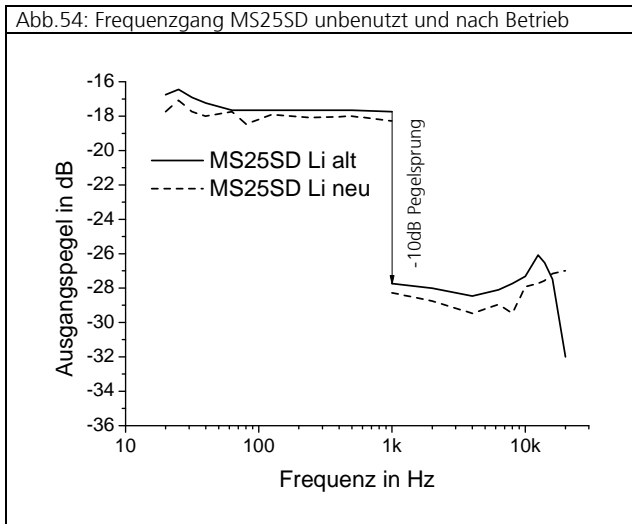


Abb.54: Frequenzgang MS25SD unbenutzt und nach Betrieb

Und selbst dann waren zu Hause 3 von 10 nicht akzeptabel gewesen, 3 bis 4 nur mit positiver subjektiver Einstellung und die anderen 4-3 entsprachen den Vorstellungen und den Erfahrungen was möglich ist. Das gleiche galt für die im Laden gekauften „Neupressungen“. Die nicht akzeptablen Schallplatten wurden im Laden zurückgegeben oder mit Verlust im Second Hand Shop getauscht.

Später wurde dann auch die mittlere Qualität gegen die bessere ersetzt, finanziell recht aufwändig. Zum Glück waren die klanglich guten Label von früher bekannt. Die Originallabel waren neu meist nicht mehr zu haben, die Qualität der Folgelabel meist schlechter. Wohl oder Übel mussten dann doch die meisten beim Second Hand oder der Börse erjagt werden. Es sollte ca. 13 Jahre dauern bis die Sammlung komplett war und alle Tonbänder in Schallplatten zurück verwandelt worden sind.

1.9.4. DSR Tuner TECHNISAT

Dank der Satellitentechnologie wurde es möglich, sehr weit entfernte UKW-Sender zu empfangen. Mit dem Digitalen-Satelliten-Radio (DSR) konnte so in Dresden z.B. der Saarländische Rundfunk in rauschfreier und in noch klirrarmerer Qualität gehört werden als damals direkt vor der Grenze. Zuvor war der Aufwand in der Umgebung von Dresden 200km entfernte Stereosender in Berlin und Hof rauscharm ranzubekommen mit großem Aufwand verbunden. Parallel geschaltete 14-Elemente Antennen, die eine raumsparende Weiterentwicklung der YAGI-Antennen, waren da nur der Start. Eine Ausrichtung in Gegenwart der 5 100kW Sender am Ort war etwas mit Geduld verbunden. Zuzüglich wurden gegen die starken Ortssender Saugtöpfe eingesetzt, für jeden Sender einen. Die Saugtöpfe waren 1L große zugelötete Blechbüchsen, die innerhalb ein gewendeltes versilbertes Cu-Rohr als Induktivität und einen Trimmerkondensator zum Abstimmen und zum Vervollständigen des Resonanzkreises an einem Deckel aufwiesen. Fachlich versierte Funkamateure haben sogar mit GaAs-Feldeffekttransistoren Vorverstärker gebaut.

Das DSR System hatte nicht ganz die Qualität der CD, aber mit seiner 32kHz Samplingfrequenz und 12Bit floating point Kodierung ergab sich eine Bandbreite von 10Hz bis knapp 15kHz und weniger als 0,01% Klirr gegenüber dem Yamaha UKW-Tuner mit 0,03%. Die Dynamik von 90dB war auch deutlich besser als UKW-Standard. Allerdings konnte bei Gewitter kein Signal empfangen werden.

1.9.5. Digitales Audio Tapedeck SONY DTC-59 ES

Anfang der 90er Jahre wurde die Aufrechterhaltung der Wiedergabequalitäten des Spulentonbandgerätes immer aufwendiger. Der Verschleiß der Rutschkupplungsfilze und der Andruckrolle war nicht mehr tolerierbar. Ersatzteile waren noch einmal aufzutreiben, bevor ganz Schluss war. Die Kontaktgleitlamellen für die Bandendabschaltung waren durchgeschliffen und überhaupt nicht ersetzbar.

Abb.56: DAT Sony DTC-50ES



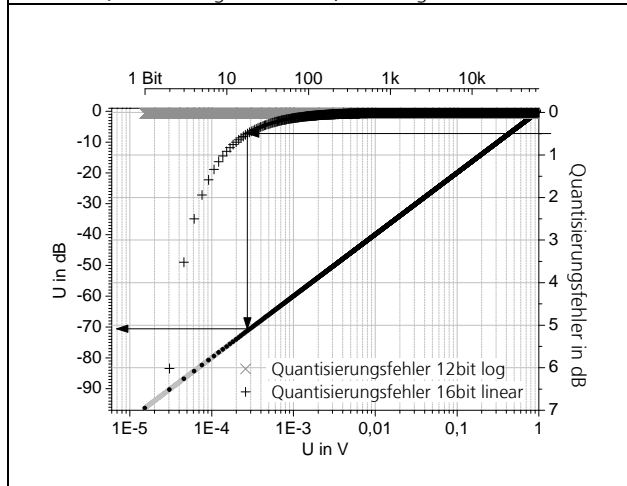
Der TECHNISAT wurde bereits danach ausgewählt, dass eine koaxiale Digitalschnittstelle SPDIF vorhanden war, denn diese sollte laut den Testzeitschriften qualitativ „besser klingen“ als eine optische. Das heißt, dass eine digitale Radioquelle vorhanden war. Nichts lag also näher als ein digitales Tonbandgerät zu nutzen.

Vorher bestand bereits die Möglichkeit für Langzeitradiomitschnitte in HiFi-Qualität das VHS-Videokassettensystem zu verwenden, wobei nur der HiFi VHS Recorder bis 20kHz kam. Standard VHS hatte in der Audio-Spur keine Schrägspuraufzeichnung, nur Video, und kam so nur bis 10kHz, maximal bis 12kHz, und das bei 2,34cm/s Bandgeschwindigkeit waren die Angaben der Hersteller noch hochgegriffen. Die Audioaufnahmen erfolgten bei HiFi-VHS ähnlich wie UKW in FM Format, nur wurde hier jedoch mindestens 90dB Dynamik erreicht.

Von digitalen reinen Tonbandformaten waren R-DAT und S-DAT auf dem Markt. Das R-DAT hatte einen rotierenden Tonkopf ähnlich dem VHS-Videosystem und das S-DAT von PHILIPS hatte einen stationären (feststehenden) Tonkopf und hieß Digitale Compact Cassette (DCC). DCC war ein datenkomprimiertes Aufnahmeverfahren mit 750kbit/s anstelle der 2,7Mbit/s des R-DAT. Zur Komprimierung wurden psychoakustische Eigenheiten des menschlichen Gehörs ausgenutzt, bei dem lautere Töne leisere überdecken können, auch noch nach einer gewissen Zeit. Aber offensichtlich ging dieses Modell nicht ganz auf, die Testzeitungen attestierte dem DCC im Vergleich zu CD /DAT Fehler in der Raumabbildung. Um trotz des stehenden Tonkopfes die relativ große Datenmenge auf das Band zu bekommen, wurden die Daten über 9 Spuren übertragen. Klanglich wurden dieses Format zwischen CC und R-DAT eingestuft. Das DCC konnte zwar die alten analogen CC abspielen, aber das klang nicht investitionswert.

Das Digitale Audio Tape Deck mit dem R-DAT System kam in etwa auf den gleichen Preis wie das HiFi VHS. Im Interesse der Vermeidung von familiären Interessenskonflikten ist die Koexistenz von Standard VHS und DAT die optimale Problemlösung. Interessante Radiosendungen wie Hitparaden oder Themenabende kamen häufig zeitgleich mit Fernsehfilmen.

Abb.57: Quantisierung 16bit linear, 12bit logarithm. /1V



Keiner der Familienangehörigen bemerkte den Mangel an Hochtonepegel bei der VHS-Wiedergabe, sehr wohl aber beim bildfreien Stereogenuss, es sei denn, es wurde danach gefragt. Aber nach 15min weiteren Fernsehens war alles wieder vergessen. Die Priorität hatte das Bild. Solange die Tonquelle zu sehen war, korrigierte das Hirn nach einigen Minuten die Tonquelle auf den Bildort, auch wenn die Lautsprecher weiter weg standen. Die Klangsequenz wurde ebenfalls mit der Erfahrung abgeglichen, so dass ein höherer Klirrpegel bei Breitbandlautsprechern nicht mehr störte. Was allerdings jedem sofort aufgefallen war, dass die

Bildqualität bei VHS im Vergleich zum PAL Fernsehen schlechter geworden ist.

Das DAT war für Freunde der Langzeitmitschnitte ein echter Fortschritt, denn es ist quasi verlustfrei für digitale Quellen. Eine selektive Überspielung von Musikstücken auf ein gutes Kassettentonbandgerät zwecks Sammlung für eine privates und mobiles Musikarchiv ist bei Radio wie ein Studio-Mitschnitt auf die Kassette mit unendlich schnellem Kassettenswechsel. Das SONY DAT DTC-59 ES hatte 3 verschiedene Samplingfrequenzen 48kHz für analoge Mitschnitte, 44kHz für CD-Überspielungen mit jeweils 16bit linearer Auflösung im „Standard Play“ und 32kHz mit 12bit nichtlinearer Auflösung im „Long Play“-Modus und Frequenzgänge entsprechend bis 22kHz, 20kHz und 14,5kHz. Die meisten können Tonhöhen bis 15kHz hinauf ganz gut unterscheiden, darüberhinaus kann etwas gehört werden, wenn a) die Lautstärke höhergestellt wird, oder b) wird etwas gehört, was nicht beschrieben werden kann. Bemerkenswert war der Test mit Weiblichkeiten, die im Gegensatz zu Männern meist bei viel geringeren Lautstärken bei Testtonvorführungen von 20kHz regelrecht aufschrien. Zufall oder System?

Alle Aufnahmemodi wurden mit einem Dynamikumfang von > 92dB angegeben. Die nichtlineare Kodierung erfolgt logarithmisch, also entsprechend der Hörempfindlichkeit und zeigt kaum Quantisierungsfehler an leisen Stellen, während hier die CD unter -70dB um mehr als 0,5dB in der Linearität fehlerhaft ist. Bei lauten Stellen zeigt die CD jedoch absolut unhörbare Fehler von unter 0,0002dB, aber die Fehler vom DAT mit 12bit Kodierung toleriert das Gehör von 1/4dB noch ganz gut. Optimal wäre eine linchlineare 16bit Kodierung gewesen.

Der Klirrfaktor im Standard Play betrug das 3-fache des CD-72. Sicherlich ist diese Angabe des Herstellers durch die bei Analogaufnahme begründete zusätzliche Eingangstufe und nichtprofessionellen A/D-Wandler begründet, denn die Überspielung von CD über Koax sollte verlustfrei sein. Der Klirrfaktor des Long Play ist immer noch Faktor 3 geringer als alle analogen Bandgeräte bei viel größerer Dynamik. Der zweite große Unterschied zu allen analogen Bandgeräten und dem Schallplattenspieler ist der, dass die oberen Grenzfrequenzen bis zur Vollaussteuerung gelten und nicht mit irgendwelchen minus dB's, wie -10dB oder -20dB.

Abb.58: Vergleich Kompaktkassette mit Digital Audio Tape



Die DAT Audiokassette ist nur in etwa halb so groß wie die Kompaktkassette. Das DAT Kassettengehäuse ist im Gegensatz zum Kompaktkassettengehäuse geschlossen, ähnlich der vor dem DAT entwickelten VHS-Videokassette, so dass das Band nicht berührt werden kann. Während bei der Videokasse ein Knopf gedrückt werden muss, damit sich Bandabdeckung öffnet, müssen beim DAT zwei Federn gedrückt werden.

Trotz der guten Klangparameter gelang es später selbst mit 48kHz Sampling nicht die Authentizität der Schallplatte zu kopieren. Letztendlich fehlte die Impulstreue, obwohl auch hier mit MKP's gearbeitet wurde. Warum wurde noch nicht verstanden.

1.9.6. Kassettendeck TEAC V6030S

Dank der amorphen Metalllegierung des YAMAHA-Kombikopfes hielt das Kassettendeck erfahrungsgemäß um Faktor 3 bis 4 länger als ein normales Deck mit Permalloykopf. Das Deck besaß zwar ein PLAY-TRIMM, aber das wirkte nur bei Wiedergabe, die Ursache lag aber in der Aufnahme. Beim Austausch der Kassetten mit anderen Geräten ohne PLAY-TRIMM wurde der Höhenverlust ärgerlich. Der Einschleiß entsprach in etwa der gerade noch sichtbaren kleinen Stufe wie dem HMKD100 im Seitenriss. Das Reflexionsbild einer Leuchtstoffröhre parallel zum Spalt zeigte aber eine deutliche Welligkeit. Der lokale Bandabstandsfehler kam in die Größenordnung der Spaltweite.

Das KX-300 hatte nur 2 Motoren und 2 Köpfe, Löschkopf und Kombikopf, und eine Kanaltrennung von 40dB, der Gleichlauf war mit dem vorhandenen Einfach-Capstanwellenantrieb deshalb mit 0,08% höher als als er mit Doppelcapstan wäre. Man hatte den Eindruck, als ob „wow und flutter“ mit dem angeschliffenen Tonkopf jetzt hörbar geworden war. Und tatsächlich, nach Einbau eines neuen Kopfes waren die Unregelmäßigkeiten in der Abbildung kleiner geworden, aber noch nicht weg. Weitere Untersuchungen am Anfahren des Tonkopfschlittens beim Start offenbarten ebenfalls ungleichmäßige Verformung der Andruckrolle und des Reflexionsbildes vom Band an und hinter der Capstanwelle. Eine Reinigung schaffte es nicht. Der starke Andruck deformiert die Gummirolle deutlich und zusammen mit dem Luftsauerstoff wird der Gummi mit der Zeit mürbe und bekommt feine Risse. Die Risse erweitern sich beim Kontakt mit dem Band und danach schließen sie sich wieder. Durch die Sauerstoffverhärtung des Gummis erfolgt ein gewisser Bandabrieb, der sich in die Risse einlagert. Es ist erstaunlich, wieviel Bandmaterial in einer solchen Rolle eingelagert werden kann, die bei der Reinigung mit Alkohol/Wasser-Gemisch zu Tage kommt. Die Einlagerung schützt aber auch die Rolle vor vorzeitigem Verschleiß nur die Haftreibung wird geringer und das Band wird schlechter transportiert. Ein Doppelcapstanantrieb würde die Arbeit halbieren. Auch die Rolle musste getauscht werden. Warum aber nur musste die Capstanwelle so dünn sein? Wäre sie dicker, wäre bei gleicher Zugkraft (Haftreibung ist proportional zur Fläche) die Rollendeformation geringer. Ein weiterer Grund für den Verschleiß konnte die Kassettenhalterung sein. Die Kassettenklappe fixierte nicht so richtig die Kassette, so daß ihre Lage nicht immer optimal sein musste. Aus der Erfahrung mit dem Spulentonband führten solche seitlichen Kräfte immer zum vorzeitigen Verschleiß, weil ein jedes Bauteil das andere beeinflusst, die Andruckrolle die Capstanwelle, den Tonkopf, das Band. Auch die exakte Form und Achsenstellung, die Oberfläche und der Gleichlauf der Capstanwelle mussten möglichst ideal sein.

Abb.59: TEAC V6030S

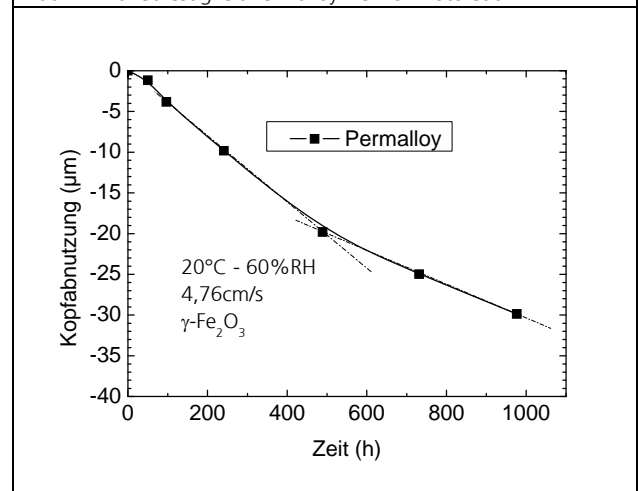


Im Unterschied zu der IEC Norm der Bandeinmessung mit getrennten Aufnahme- und Wiedergabekopf, wo jeder seine optimale Weite (4µm; 1µm) hat, besaß das KX-300 RS nur einen Kombikopf mit einer mittleren Spaltweite. Schon aus der unerfüllten Neugier, dass das frühere Spulentonbandgerät auch nur einen Kombikopf hatte, war die Erwartung groß, wie sich wohl ein hierin optimales System verhalten sollte.

Ein weiteres Auswahlkriterium für ein neues Kassettendeck war die Einmessbarkeit der Bänder, von denen es inzwischen sehr viele Sorten gab mit den unterschiedlichsten Rabatt-Angeboten. An einem TEAC V6030S war für jeden Kanal die Vormagnetisierung und der Pegel kalibrierbar. Aus Erfahrung mit jeder Art Tonbandgerät, Spule oder Kassette, war bekannt, dass nie beide Kanäle, Links und Rechts, übereinstimmten und es vom Vorteil war, beide getrennt kalibrieren zu können. Und das gab es nur bei TEAC, einem Hersteller, der bereits sehr gute Spulentonbandgeräte produziert hat und zwar bis zuletzt die X-2000R, allerdings zum mehr als 2,5-fachen Preis (Abb.62). Eine weitere Bedingung war natürlich ein Amorphmetalltonkopfsystem.

Die ferromagnetische amorphe Metalllegierung ist abgesehen davon, dass es ein modernes Entwicklungsprodukt der Hochtechnologie darstellt, ein ganz faszinierendes Material. Es hat eine ganze Reihe vorteilhafter Eigenschaften gegenüber konventioneller Magnetkopfmaterialien. Durch die amorphe Struktur erlangt das Material eine größere Härte, die bis zur Sprödigkeit tendieren kann und obwohl es solcherart keramische Merkmale zeigt, kann es doch sehr „weichmagnetische“ Eigenschaften anbieten, die wiederum geringere Ummagnetisierungsverluste mit sich bringen, vor allem in den oberen Grenzfrequenzen, was ein Plus von einigen dB um 18kHz ausmacht. Ende der 80'er Jahre kam es zu einer zu einer intensiven Erforschung amorpher Magnetmaterialien. Dabei entstanden auch komplizierte Zusammensetzungen, denn jeder wollte sein Patent sichern. Kohmoto et.al. [6] entwickelten z.B. $[Fe_{0.06}Co_{0.89}(RuCr)_{0.05}Si_{0.75}B_{0.8}]$, dessen Abriebfestigkeit gegen das Eisenoxidband ($\gamma-Fe_2O_3$) um 2/3 besser ist als das bekannte Sendust (Fe-Si-Al) und erreicht $-10\mu m/1000h$ mit 4,76cm/s. Ein Tonkopf aus dem neuen Material erreicht eine um +5dB Erhöhung der 10kHz Aussteuerbarkeit auf Metallbändern.

Abb.60: Abriebfestigkeit Permalloy - O.Kohmoto et.al.



Der Abriebmechanismus von Permalloy aus der Arbeit von Kohmoto ist interessant. Dazu wurden die Daten entnommen und linear dargestellt, da die Originalkurven schwerer verständlich waren. Nach einer schnellen Abnutzung zu Betriebsbeginn stellt sich ein quasistatisch linearer Abtrag ein, der nach 500h in eine ebenfalls lineare Abnutzung aber mit geringerem Abrieb eingeht.

Tab.12: Tonkopfabrieb bezogen auf 1000h Betriebszeit

| Material | Permalloy | Sendust | FeCo(RuCr)SiB | Co80BSi |
|-------------|-----------|---------|---------------|---------|
| Abrieb (µm) | 30 | 15 | 10 | 1 |

Die Nichtmetallverbindungen der Nebengruppenelemente zeigen größere Härten bei vergleichbarer elektrischer Leitfähigkeit. So ist es nicht verwunderlich dass auch magnetische Eigenschaften erhalten bleiben können. Die Härten nehmen in der folge ab: Carbide, Nitride, Boride, Silizide.

Ein Kopf von REVOX aus dem Jahre 1989 mit Co-amorpher (Co80BSi) Legierung hatte jedoch nur einen 1µm starken Abrieb in 1000h Betriebszeit und damit um Faktor 30 geringere als das Standard der 70'er Jahre Permalloy. Andere Hersteller hatten andere Zusammensetzungen, die auch Fe, Ni, Cr, Mo oder auch Pt enthalten konnte bzw. auf Co verzichtete, wenn es nicht so auf höchste Frequenzen und Intermodulationsarmut ankam. Wegen der niedrigeren Koerzitivkraft des weichmagnetischen Materials wurden Intermodulationen und Verzerrungen in der Größenordnung um -10dB verringert. Die geringeren Intermodulationen resultieren aus den kleineren Magnetostruktionswerten. Die Verringerung der Verzerrungen ergibt sich dadurch, dass die Aussteuerung des Aufsprechstromes wegen der kleineren Verluste zurückgenommen werden konnte. Die Herstellung der amorphen Metalle erfolgte in Form von dünnen Bändern, weil die geschmolzene Metalllegierung direkt auf eine stark gekühlte sich drehende Walze gespritzt worden ist. Die Abkühlgeschwindigkeit betrug bis zu 1 Million Grad pro

Sekunde, was die amorphe Flüssigkeit so schnell schockgefrostet hat, dass sich die Metallatome nicht die Zeit hatten, in die geordneten Kristallgitterpositionen zu diffundieren. Danach wurden die Bänder 100°C tiefer als die Kristallisationstemperatur bei etwa 300 bis 500°C vorgealtert. Diese Herstellungstechnologie hatte Vorteile, dass sie automatisch die dünnen Bleche für Kernpaketgeliefert hat, was die Wirbelströme und damit weitere Kernverluste minimiert hat. Die Abkühlgeschwindigkeit konnte ja um so besser gehalten werden, je dünner die aufgespritzten Schichten waren.

Das V6030S hatte die abriebfeste Co-Amorphlegierung in 14 Lagen und mit PC-OCC-Spulen (4N7 Cu nach dem Ohno-Verfahren). Zur Stabilisierung der Kassetten war die Klappe massiv ausgeführt und halbelastische-teilplastische Polsterungen integriert. Der Wiedergabefrequenzgang für Kaufkassetten war sehr gut und der Aufnahme-/Wiedergabefrequenzgang bereits an Normalkassetten ließ fast keine Wünsche offen. Die Störspitzen im Gleichlauf waren nach Stereoplay 1995/10 mit -55dB besser unterdrückt als beim REVOX A77, was auch den Daten zum Gleichlauf in % entsprach. Das Kassettendeck hatte vergleichbare technische Daten wie die bekannten Spulentonbandgeräte der 70'er Jahre, aber doch deutlich schlechtere als die gleichalte TEAC X-2000-Serie, die mit dem Co-Amorphmetalltonkopfsystem auf dem Entwicklungshöhepunkt der Gerätegattung Spulentonband war.

Tab.13: Technische Daten REVOX A77/ TEAC V6030S/X-2000R

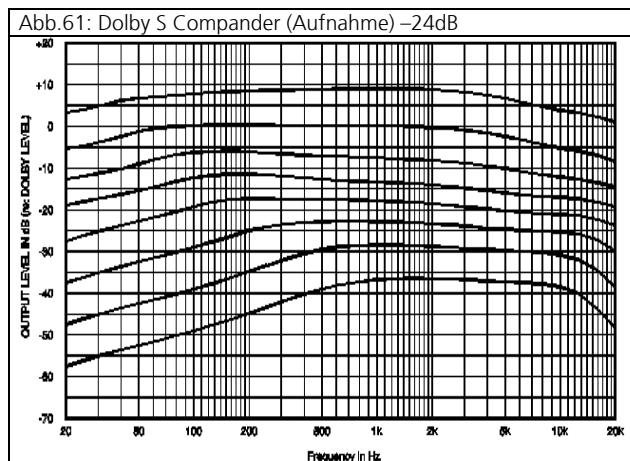
| | A77 | A77 | V6030S | X2000R |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|
| Baujahr | 1977 | 1977 | 1994 | 1994 |
| Bandgeschwindigkeit | 19cm/s | 9,5cm/s | 4,8cm/s | 19cm/s |
| Bandmaterial | Fe-Oxid | Fe-Oxid | Metall | Fe-Oxid |
| Langspielband 1100m | 1:36 | 3:12h | 55min* | 1:36 |
| unt. Grenzfrequenz | 30Hz | 30Hz | 15Hz | 40Hz |
| ob. Grenzfrequenz | 20kHz | 16kHz | 20kHz | 33kHz |
| Toleranzband | ±3dB | ±3dB | ±3dB | ±3dB |
| Dynamik 3% THD | 66dB | 63dB | 63dB | 65dB |
| Übersprechen 1kHz | 45 | 45 | > 40dB | 50dB |
| Gleichlauf | 0,08% | 0,1% | 0,03% | 0,03% |
| OdB nWb/m | 257 | 257 | 250 | |

*120min Kassette schaffte nicht die Daten,

zum einen die Köpfe schmiergeelte, die Führungen verschmierte und verfusselte. Die großen Spulen immer umzuspulen und die Bänder verpacken, wer machte das schon. Diese Annahmen resultierten aus der Erfahrung mit anderen Spulentonbandgeräten. Einen Nachteil hatte das TEAC V6030S gegenüber dem YAMAHA KX-300 RS schon. Während das KX-300 die Capstanwelle nur drehte, wenn PLAY oder RECORD/PAUSE aktiviert wurde, waren die beiden Capstanwellen des V6030S sofort nach Anschalten des Gerätes in Bewegung.



Abb.63: Tonkopfschlitten mit Löschkopf, Aufnahme- und Wiedergabekopf, Capstan-Antrieb links und rechts im TEAC V6030S



Aber auch beim TEAC war das DOLBY HX-PRO nicht abschaltbar. Gegenüber den Compressionsverfahren von Dolby C ist Dolby S noch komplizierter geworden und verringert die Sättigung im Hochtonbereich noch besser.

Die hervorragende obere Grenzfrequenz bei 19,05cm/s der X-2000M wurden nur durch die Cobalt-Amorph Tonköpfe realisierbar, die es zu Zeiten der A77 noch nicht gab. Während in der ersten Hälfte der 70'er Jahre die Spulentonbandgeräte noch die Spulen unter Abdeckhauben plazierten, hatten die neuen „reel to reel“ keinen Platz mehr für einen solchen Schutz. Das Laufen der großen Spulen und die großartige Dynamik gerade bei hoher Geschwindigkeit von 38cm/s wie bei der TEAC X-200M war zwar faszinierend aber nicht ganz völlig ohne Probleme. Die langen Bänder erlaubten große Aufnahmezeiten. Doch wenn das Gerät nicht ständig und oft im Gebrauch war, konnte sich schon eine Menge Staub ansammeln, der

So faszinierend eine neue Bandmaschine bis 40kHz (38cm/s) auch war, in einem Familienhaushalt waren die Kassetten-Maschinen einfach handlicher und relativ kindersicher, abgesehen davon, dass die Quellen (CD, LP, UKW) sowieso nur maximal 20kHz zuließen, mit Ausnahme der Quadrofoneschallplatten. Die Langzeitaufnahme bis 4h im Longplay-Format des DAT von UKW war für Hit-Sammlung für die Heimdiskotheek qualitativ völlig ausreichend und die Umschnitte für die anderen, auch mobilen Kassettenwiedergabegeräte mehr als das. Für die Zuhörstunden waren die originalen Formate CD und LP sinnvoll, denn es blieb selten mehr Zeit als für eine oder gar zwei Platten.

Nicht nur wegen der Frequenzgänge sondern auch wegen der Langzeitstabilität und Störfeldsicherheit gab es für die Metallbänder keine richtige Alternative. So könnte man annehmen.

Auch beim V6030 wurde das Tonkopfsystem mittels hochwertigen Kaufkassetten nachgestellt. Die Änderung betrug nur ein viertel Drehung der Azimutschraube. Der Bandlauf selbst war perfekt. Aufnahmen von klassischer Musik hörten sich auch auf einer Metall-Kassette vermutlich wegen der allgegenwärtigen Empfindlichkeitsschwankung von 0,3dB (315Hz, bei 10kHz meist noch höher) und den immer noch vorhandenen Modulationsstörungen nicht so perfekt an. Nach Abnahme des Kassettenfachdeckels wurde beobachtet wie der Tonkopfschlitten funktioniert. Entgegen der Vernunft und nicht so wie viele Spulentonbandgeräte wurde der vollständige Kopfsatz immer, ob

Aufnahme oder Wiedergabe vollständig an das Band gefahren. Zumindest der Löschkopf hätte bei Wiedergabe unten bleiben können. Aus Platzgründen war der Aufnahmekopf sowieso auch immer mit dabei, denn sie bildeten eine kompakte mechanische Einheit. Bei Auftrennung wäre die Bandwiedergabe bestimmt besser gewesen, da eine separate Justage des Aufnahmekopfes auf Messbänder möglich gewesen wäre (zuerst wurde der Wiedergabekopf auf die geeichten Wiedergabemessbänder eingetaumelt und dann erst der Aufnahmekopf). Kein Hersteller konnte die mechanische Tolleranz in einer einigermaßen preiswerten Serienfertigung wie für das TEAC 6030 so klein halten, dass Wiedergabespalt und Aufnahmespalt auf den Mikrometer genau parallel ausgerichtet waren. Der praktische Versatz verursachte eben solche, im Vergleich zum Spulentonbandgerät, doch erheblichen Frequenzgangfehler oberhalb 10kHz (s. Abb. 68). Die 48mm/s Bandlaufgeschwindigkeit erfordern für 20kHz eine Spaltweite von etwa 1,0µm (mit Korrekturfaktoren, s.a. [2]), was durchaus Stand der Technik war. Dieses kompakte System hatte aber auch einen Vorteil. Der empfindliche Bandlauf wurde immer gleich beeinflusst. So war die mechanische Langzeitzuverlässigkeit auf jedem Fall zumindest nicht schlechter als von dem Spulentonbandgerät.

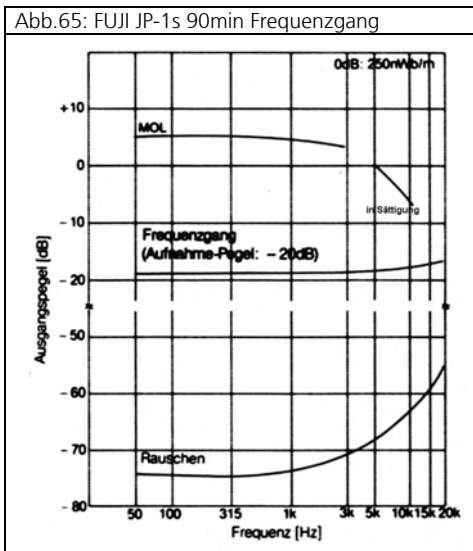
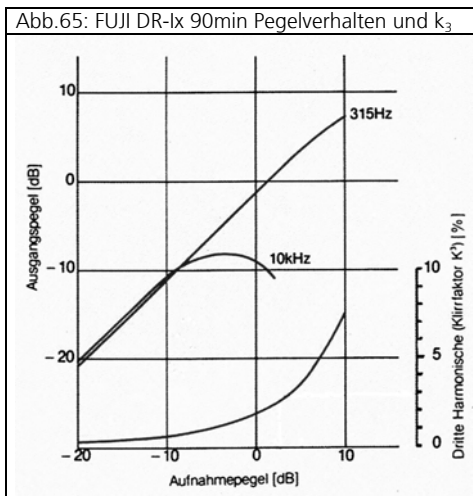
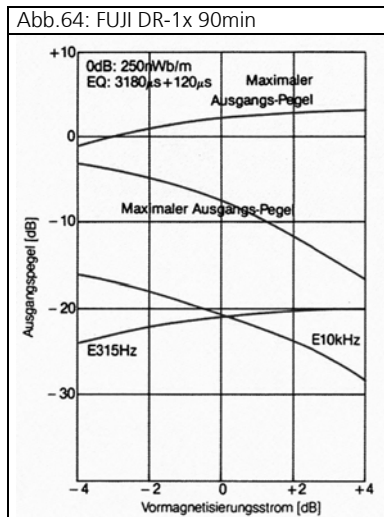
Tab.14: Technische Daten Metall-Bänder

| Parameter | Herstellerprospekt | SONY Metall XR | MAXELL MX-S | FUJI JP-Metall |
|--------------------------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| Koerzitivfeldstärke Hc (kA/m) | | 87,5 | 95 | 99 |
| Remanenz Br (mT) | | 300 | 330 | 330 |
| MOL 315Hz 250nW/m | | 7,0 | 7,0 | 6,5 |
| MOL 10kHz | | -1,5 | 1,0 | 1,5 |
| Differenz 315Hz-10kHz | | 8,5 | 6,0 | 5,0 |
| Betriebsgeräusch | | -58,5 | -59,5 | -58,0 |
| Dynamik 3% k ₃ (dB) | | 61,5 | 62,5 | 61 |
| Empfindlichkeit | | | | |
| | 315Hz | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | 10kHz | -1,5 | 0,5 | 1,0 |
| | 16kHz | 2,0 | 1,0 | |

Auf Grund des gut dämpfenden und hitzebeständigen Gehäuses, des ausgezeichneten Frequenzganges und eines der besten Störspetren sowie wegen der geringeren Serienstreuung war die MAXELL MX-S die Wahl für hochwertige Aufnahmen der Popmusik. Manchmal vielen Umschnitte an. Dafür wurde die MAXELL Vertex genutzt. Aussteuerbarkeit, Frequenzgang und Gleichlauf waren für Zusammenschnitte für das DAT geeignet. Überrascht hat da vor allem bei der Vertex, dass auch bei sehr häufiger Verwendung überhaupt keine Abnutzungsspuren auf dem Band zu sehen waren. FUJI machte in seinen Prospekten die Zusammenhänge in der Aufnahmecharakteristik von Kassettenbändern anschaulich, allerdings wurde im Unterschied zur IEC Normung nur ein 1,5µm Aufnahmespalt genutzt und nicht der 4µm Spalt.. Der Arbeitspunkt des Einfachschichtbandes DR-1x Typ I bei -20dB wurde im Kreuzungspunkt der Bandempfindlichkeiten E315Hz und E10kHz gewählt. Der obere maximale Ausgangspegel galt für 315Hz und durchschritt die 0dB Linie, die erst relativ spät auf 250nWb/m genormt worden war. EQ sind die für den Kassettyp I zugehörigen Entzerrungszeitkonstanten. Der untere maximale Ausgangspegel galt für das 10kHz Sinussignal. Der maximale 10kHz Pegel betrug also im Arbeitspunkt -8dB und die Dynamikdifferenz zu 315Hz 10,5dB (Abb.64).

Die technischen Daten in der Empfindlichkeit bezogen sich irreführend jedoch laut Fußnote auf das „FUJI Referenzband“. Interessant ist aber, dass der Klirr k₃ absolut, auch wenn noch so tief angesteuert wurde, nie unter 0,5% geht. Die Kurve k₃(Pegel) findet man selten, obwohl sie für die Aussteuerung analoger Bänder sehr wichtig ist.. Genormt worden ist auch, dass der maximale Ausgangspegel derjenige Pegel bei 315Hz ist, der 3% k₃ ergab (Abb.65)

Der über alles Pegel-Frequenzgang am Doppelschichtband Fuji JP-1s Typ I macht deutlich, dass die -20dB Empfindlichkeit zu den Höhen hin leicht ansteigt. Der maximale Ausgangspegel MOL für 3% k₃ sinkt langsam bis 3kHz ab. Darüber wird ein Extraabschnitt gezeigt, das ist der maximale Ausgangspegel für 5 bis 10kHz, wenn das Band in Sättigung geht, eine zugehörige Verzerrung wurde nicht bekannt (Abb.66).



Dass die Doppelschichtbänder in den Höhen empfindlicher waren, lag an der zusätzlichen Magnetschicht, die kleinere Magnetpartikel enthielt und speziell auf die größere Höhenempfindlichkeit durch ein etwas anderes Magnetmaterial optimiert wurde. Auch die Bindemittel wurden auf ihre unterschiedliche Funktion der Magnetschichten und mechanischen Aufgaben abgestimmt. Das Doppelschichtprinzip konnte auf alle Bandsorten angewendet werden, auch auf Metallbänder. Der Nachteil des Doppelschichtprinzips war, dass manchmal sich eine Präsenzenke ergab, d.h. die Übergabe der Frequenzempfindlichkeit zwischen den Schichten war meist nicht kontinuierlich hinzubekommen. Als

höchste Entwicklungsstufe waren dann Dreischichtbänder wie die TDK SA-XS, deren Aussteuerbarkeit bei 315Hz wurde dann jedoch schlechter, da die dafür verantwortliche Schicht jetzt noch weiter weg vom Aufsprechkopfspalt war.

In der Tabelle sind typische und beliebte Vertreter aller 3 geläufigen Bandsorten mit ihren Leistungsparametern aus dem STEREO-Test 1990 zusammengestellt. Auffällig ist der große Dynamikabstand des 10kHz Tones beim Typ I von ca. 14dB. Scheinbar mit der Erhöhung der Koerzitivkraft und damit der erforderlichen Vormagnetisierung verringert sich der Pegelverlust des 15kHz Tones nach 5 mal Abspielen, z.B. nach STEREO über einen rauen Löschkopf, während die Kopierdämpfung nahezu unabhängig ist.

Tab.15: STEREO-Messungen 1990

| Parameter (dB) | MAXELL XL I-S | TDK SA-X | TDK MA |
|---------------------------|------------------|-------------|-----------|
| Rauschabstand 315Hz (dB) | 64 | 63 | 64 |
| Höhendynamik 10kHz (dB) | 51,5 | 55,5 | 58 |
| opt.AP 3,15kHz/315Hz | -0,2 | 0 | +0,3 |
| Höhenverlust 15kHz 5xplay | 3 | 0,5 | 0 |
| Kopierdämpfung 500Hz 24h | 50 | 50 | 51 |

Im Gegensatz zu den Spulentonbändern in ausklappbaren Pappschachteln und den CD's waren die Kassetten im höherpreisigen Segment schon kleine Kunstwerke. Durch aufwändige Gehäusematerialien, wie z.B. keramische Verbundmaterialien (SONY weiß rechts oben), wurde auch die Anfassqualität auf ein neues Niveau gehoben. Aber auch hier wurden im Laufe Jahre die Gehäuse wieder langweiliger und schlichter, z.B. wenn man links oben die XLII von 1988 mit der XLII-5 darunter von 1999 vergleicht. Es gab auch für Demozwecke kleine „Reel to Reel“-Kassetten, das sah phantastisch aus, aber die Werte für Gleichlauf litten unter dieser Konstruktionsart.

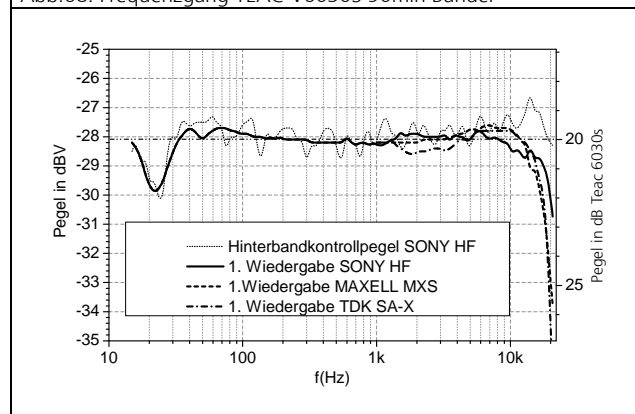
Abb.67: Kompaktkassetten verschiedener Herstellungen



Doch was sagt die Messpraxis am konkreten Gerät Teac 6030S? Der Frequenzgang wie üblich bei -20dB bezogen auf den Bezugspegel 0dB mit 400mV Ausgang 315Hz schien bereits an der Normalkassette SONY HF ohne Dolby nach einer Nachjustage mittels Service Manual eine sehr gute Linearität von 28Hz bis 16kHz mit ±0,8dB zu haben, wenn über Hinterbandkontrolle bei der Aufnahme der Bias so gestellt wird, dass das 20kHz Signal auf dem 315Hz Pegel kommt. Das bedeutet, dass bei der Hinterbandkontrolle die Musik zu spitz ist. Die -3dB Toleranz ist dann besser als erhofft. Die Messung bewies, dass beim normalen Abspielen mindestens 1dB Brillanz verloren ging. Täuscht hier das Übersprechen vom Aufnahmekopf einen höheren Pegel vor? Es scheint so zu sein, denn die Welligkeit des Hinterbandpegels ist viel größer als die einfache Wiedergabe. Die Chrom- und Metallkassetten waren hier nicht nicht wirklich besser, außer dass der Hochtonbereich 7 bis 10kHz 0,5dB besser war, aber dafür sank der Superhochton > 13kHz im Vergleich zur Normalkassette stärker ab. Eine weitere Absenkung des Bias für +1dB Kalbrierpegel im Hochton führte zur Erhöhung um +2dB bei

20kHz und um +1dB bei 10kHz, was bei der Metallkassette aber den Hochtonbereich bei 8 bis 10kHz überbetonte und damit zu deutlichen Klangverfärbungen führte, während dieser bei Normalband noch mit +0,5dB erträglich blieb. Dass die Chrom- und Metallkassetten wirklich keine bessere Hochtonwiedergaben hatten, verwundert eigentlich nicht, war dieser doch vom Wiedergabekopfspalt abhängig und offensichtlich waren die Vorverzerrungsresonanzkreise in der Aufnahmeschaltung nicht ausgereift genug bzw. nicht für diese Bänder optimiert, obwohl gerade das Maxell MXS nur bei 16kHz +0,5dB von der Normgeraden abwich.

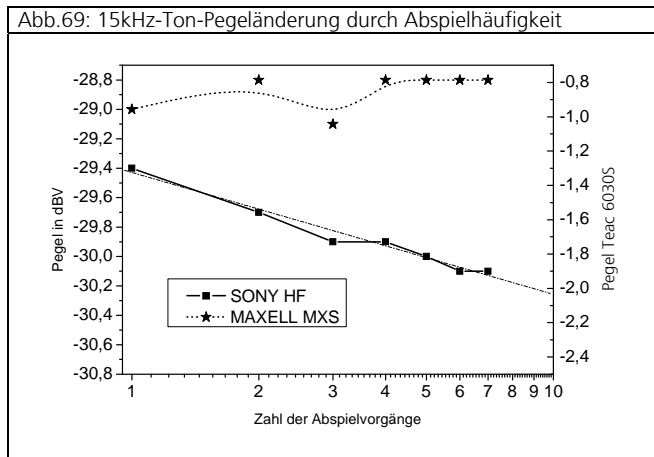
Abb.68: Frequenzgang TEAC V6030S 90min Bänder



Oder die Wiedergabeentzerrung war fehlerhaft, denn die ist ja für beide, Typ II und Typ IV gleich. Das klappte bei dem M2405 besser. 16kHz ließen 1,5µm Spaltweite vermuten oder das Azimut vom Aufnahmespalt unterscheidet sich vom Wiedergabespalt. So kleine Spalte bzw. Azimutparallelen reproduzierbar herzustellen, lässt kaum noch Reserven zu. Nur PIONEER konnte es reproduzierbar besser. Aber Frequenzgang ist nicht alles. Verluffend war, dass bei Aufnahme von UKW mit gleichlauter Wiedergabe über den Tape Monitor (möglich durch die getrennten Schreib- und Leseköpfe) der Pegel nie die 0dB-Marke des Kassettendecks überschritt. Das nannte man genormte Ausgänge, natürlich die alte Norm, wo auch Plattenspielausgänge dazu zählten. Für Aufnahmen sehr bequem. Und das Rauschen? Das Rauschen wurde in den Musikpausen erst störend bemerkbar als der Volume-Regler von -27dB auf -24dB hochkletterte, d.h. von „11Uhr bis halb 12“. Das war bereits ziemlich laut und praktisch nur bei Partylautstärken relevant. Hier waren Chrom- und Metallkassetten einige dB besser, von „12Uhr bis halb Eins“ wurde das Rauschen als Fremdsignal störend. Und das alles ohne Dolby. Dies galt allerdings nur für Lautsprecherwiedergabe. Für Abhören über Kopfhörer waren früher über das Yamaha wie auch über andere z.B. über Kassettenrecorder oder Walkman mehr Rauschabstände erforderlich, doch nicht mit diesem Gerät, dem Teac. Die Lautstärke, die sich hier ergab, war, um das stetige Bandrauschen gerade so beginnend als lästig zu empfinden so laut, dass wieder zurückgeregelt werden musste, das Rauschen wurde unkritisch. 60dB Rausch-Signalabstand reichten also für normale häusliche Musikwiedergabe aus, 5dB weniger schon nicht mehr.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Normalbändern und den Chrom- wie den Metallbändern kennzeichnete einen entscheidenden Fortschritt: Mit der Zahl der Abspielvorgänge wurden die Eisenoxidbänder immer dumpfer. Zwar wurde die Abnahme immer kleiner, aber doch schließlich signifikant. Die Funktion ist eine logarithmische. Wohingegen das Metallband seinen Pegel sogar stabilisierte, zumindest für die ersten 8 Abspielvorgänge. Leider war die 15kHz-Pegelprüfung am Spulentonbandgerät nicht mehr möglich. Erfahrungsgemäß gab es aber eine Analogie, aber die Pegelabnahme war nicht ganz so groß. Theoretisch kann die 15kHz Abnahme nicht durch einen „rauen Löschkopf“, wie STEREO angab, kommen, denn die gemessene Abriebfunktion ist linear und die Eindringtiefe des 15kHz Tones nimmt quadratisch ab. Denkbar wäre eher eine konstante Feldgröße mit einer gewissen Feldstärke wie eben z.B. einem Gleichfeld, aber dann sollte auch ein Band II oder IV, wenn auch weniger, betroffen sein. Eine mögliche Ursache könnte die Selbstinduktionslöschung sein, die durch die immer mit am Band gehefteten Köpfe wie

Löschkopf und Aufnahmekopf und ihre Zuschaltungsart verursacht werden.



Für eine einzige Wiedergabe genügte die Sony HF mit +2dB Hochtonkalibrierung, um Titel zusammenschneiden. Für mobile Einsätze ebenfalls. Für LP- bzw. CD-Kopien bis zum Originalerwerb allerdings nicht mehr.

1.9.7. Phonoabtaster ELAC 796 H24 Jubilee

Es gab einige Schallplatten, die in den inneren Rillen eine verzerrte Wiedergabe hatten, z.B. Mike Oldfield „Tubular Bells“ 1.Seite Chorwiedergabe. Obwohl das System AT95 vom Fachmann justiert wurde, konnten solche Beispiele keine Hörfreude aufkommen lassen. Es wurde am oben genannten Beispiel verschiedene Label und Ausgabezeiten getestet. Selbst eine verschweißte Originalausgabe von VIRGIN konnte es nicht besser. Eine Ursache konnte die schlechte Auflösung durch den einfachen elliptischen Schliff sein. ELAC bot preiswerte Abtaster an, deren Nadelschliffe dem Schneidstichel näher kamen.

Tab.16: Vergleich technische Daten Abtaster

| Hersteller | RFT | Audio Technica | ELAC |
|-----------------------|----------|----------------|-----------------------|
| Typ | MS25SD | AT95 E | ESG D 796 HSP Jubilee |
| System | MM | MM | MM |
| Nadel | konisch | elliptisch | v.d.Hul I |
| Verrundung (µm) | | 10/18 | 4/80 |
| Nadelträger | Al | Al | Bor |
| Frequenzgang (Hz) | 20-20000 | 20-20000 | 10-30000 |
| Auflagekraft (mN) | 20 | 20 | 12,5 |
| Induktivität (mH) | | 400 | 450 |
| vert.Spurw. | | 20° | 20° |
| Ausgangsspannung 1kHz | | 3,5mV 5cm/s | 5,6mV 5,6cm/s |
| Compliance µm/mN | 20 | 15 | 30 |

Die Vorteile solcher Systeme sollten sein, dass die hohen Frequenzen vor allem in den Innenrillen besser ausgetastet werden und eine geringere Reibung in der Rille haben.

Letzteres wäre für eine möglichst lange Lebensdauer der Nadel gut, außerdem war die Auflagekraft außerordentlich gering. Beides resultiert vielleicht durch den exotischen Nadelträger aus Bor, denn dieses Material hat eine Schallgeschwindigkeit von 16km/s hat, das 3-fache des Aluminiums. Auch dieses System wurde vom gleichen Fachmann, diesmal ohne Unkenntnis des GRANAT 227-1, eingebaut und justiert, nachdem die Tonarmmasse mit der Compliance des ELAC Systems verglichen wurde.

Im Allgemeinen gab das neue System komplexe Passagen detaillierter wieder, einzelne Instrumente wurden naturgetreuer wiedergegeben. Aber bei jenen bewussten Stellen wich die diffuse Rauigkeit nur einer sonoreren Rauigkeit, die Auflösung der Chorstimmen als solche gelang nicht. Aber möglicherweise war die Eingangssktion

des GRANAT-internen Vorverstärkerentzerrer ungeeignet. ELAC gab für die Eingangskapazität maximal 300pF vor. Den Eingangskondensator durch Probelötungen anzupassen war sehr umständlich. Eine weitere Unbekannte war die Kabelkapazität der Tonabnehmerzuleitungen vom Entzerrervorverstärker.



1.9.8. Neuer Phonoentzerrervorverstärker

Es blieb noch die Erinnerung an den Phonoautomaten PA-225, der einen 3-stufigen Entzerrervorverstärker besaß und mehr als das 2,5-fache als der GRANAT kostete. So wie der Elektrotechniker sagte, sollte diese Konstruktion mit 3 SC239F Transistoren eine verzerrungsärmere und vor allem rauschärmere Verstärkung bewirken. Inzwischen könnte aber die Verwendung von sehr guten Operationsverstärkern ebenso preiswert zu realisieren sein. In der KLANG&TON 3/96 wurde eine Phonovorstufe VX-5021 P von THEL vorgestellt, deren Abmaße so klein waren, dass diese sogar in den GRANAT 227-1 anstelle der alten eingebaut werden konnten. Und nicht nur das. Die Vorstufe konnte sowohl MM als auch MC Systemsignale ausreichend rauscharm und pegelstark aufsteuern und sogar die Eingangsstufe an das jeweilige System kapazitiv und widerstandsgerecht über Dippschalter anpassen. Gewarnt wurde vor Kabeln mit zu hoher Leitungskapazität. Der GRANAT hatte im Tonarm 1,0mm dicke Koaxiallitzenkabel, deren Kapazität 95pF/m betrug. Ein Grund mehr die Vorverstärker in den GRANAT selbst einzubauen, so ließ sich die Überalles-Kabellänge auf maximal 0,5m begrenzen. Für MC war eine maximale Verstärkung von 76dB schaltbar, wobei die RIAA Kennlinie getrennt in 2 Stufen in Hochton- und Tieftontentzerrung realisiert wurde. Am Eingang wurde ein AD745KN mit FET-Eingang in der k-ten Selektionsstufe dem BURR-BROWN OPA627 vorgezogen, da er die geforderte 50-fache Verstärkung mit der Hälfte des Klirrs, deutlich weniger Rauschen und durch den FET mit einem geringeren Eingangsstrom vollbrachte. Laut Datenblatt blieb THD dabei < -80dB bis 20kHz und unter 2kHz sogar bei -100dB.

Die nächste Verstärkerstufe erfolgte um 32dB mit der RIAA-Hochtonabsenkung ebenfalls mit einem ANALOG DEVICES OPV, dem AD797, der bei niedrigen Rauschen keinen Klirranstieg bei den hohen Frequenzen aufwies. Das Datenblatt wies aus, dass bei 15V Betriebsspannung das Ausgangssignal bis über 2V Das THD+Noise Level unter -100dB lag, auch bei Verringerung des Signals auf -40dB stieg das Störniveau nur auf -70dB an. Der Ausgang des Vorverstärkers war DC gekoppelt und niederohmig ausgelegt. Die Betriebsgleichspannungselkos wurden mit MKP und kleinen Styroflexkondensatoren gebrückt, so wie es auch ELEKTOR empfohlen hatte (s.Kapitel 2).

Da die geforderten Betriebsspannungen vom GRANAT nicht bereitgestellt worden sind, wurde ein extra Netzteil erforderlich. Als Betriebsspannungsversorgung ist ein Akkumetzteil von THEL empfohlen worden. Das war aber nicht nur platzmäßig sehr aufwändig. Probeweise wurde zunächst die einfachste Netzteilversorgung NT45.15 (THEL) mit ±15V dazu angeschlossen. Dieses Netzteil reichte leistungsmäßig und konnte mit dem geringen Platzbedarf ebenfalls in den GRANAT eingebaut werden. Die Betriebsspannung wurde lehrbuchgemäß zunächst über Elektrolytkondensatoren stabilisiert und über kleinere Elko's und MKP's gesiebt, den Abschluss bildeten Leuchtdioden.

Ebenfalls wurde probierhalber zunächst eine Vorverstärkerplatine mit besseren als den gelieferten Bauteilen bestückt: Anstelle von Keramik- wurden Polystyrolkondensatoren in die Anpassung gelötet, anstelle der Standardelko's wurden ELNA-Elko's eingebaut.

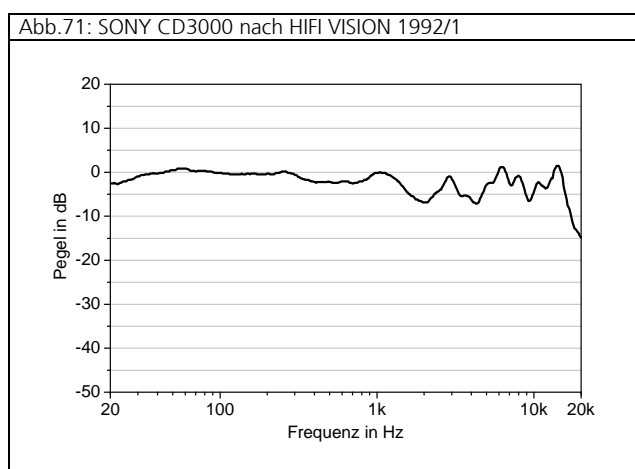
Nach erfolgreicher Installation wurde festgestellt, dass Brumm und Rauschen des neuen Systems meist etwas kleiner waren als die Störakustik von den Schallplatten. Aber der erhoffte Klanggewinn über den rechten Kanal mit den erfahrungsgemäß eindeutig

besseren Bauelementen konnte einfach nicht herausgehört werden. Wieso ignoriert ein Schallplattenspieler die eindeutig besseren Bauelemente? Die von den Systemen angegebenen Hochttonverzerrungen lagen immer unterhalb der Lautsprecher selbst.

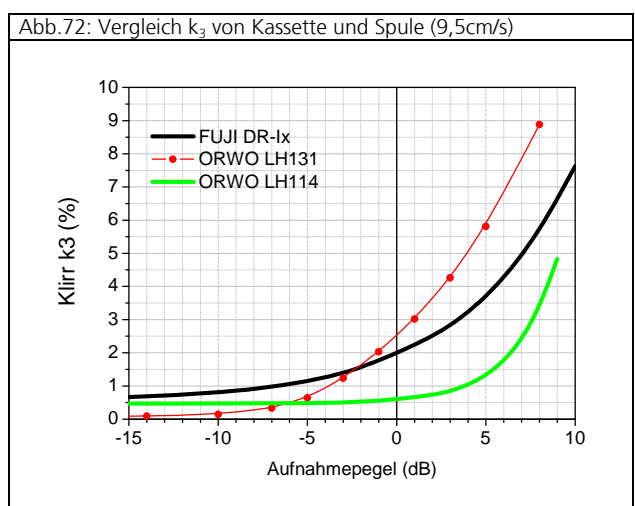
1.10. Klangvergleich der Aufnahmegeräte

Auf der Funkausstellung wurde mittels SONY CD3000, ebenfalls einem geschlossenen Kopfhörer, und einer MX-S, vom V6030S aufgenommenen, das Kassettendeck SONY KA6 ES bewertet. Die Signalpräzision des CD3000 gegenüber dem CD1000 war deutlich höher, vielleicht war der noch ausgeglichene Frequenzgang eine Ursache dafür. Dieser Kopfhörer klang präziser als die heimischen Lautsprecher.

Der Hörtest mit dem SONY KA6 ES bestätigte, dass Auflösung und Klarheit noch besser war als die Wiedergabe vom V6030S. Aber den Informationen damals zufolge, hatte dieses KA6ES keinen Amorphmetallkopfsystem, was darauf hinwies, dass die Abbildungspräzision wahrscheinlich nicht so lange anhielt. Nur einige KA6 Modifikationen, die z.B. nur in den USA erhältlich waren, sollten Amorphköpfe gehabt haben. Warum eigentlich?



Der frequenztechnische Vergleich zwischen dem Spulentonbandgerät 9,5cm/s und dem Kassettendeck V6030S sollte theoretisch dazu führen, dass die Wiedergabe des V6030S besser sein sollte.



Nach einer Simultanaufnahme eines qualitativ guten UKW-Senders schien es jedoch so zu sein, dass die Spulenaufnahme in den weniger lauten Abschnitten unter -3dB präziser klang. Die Klirrfunktionen in Abhängigkeit vom Pegel wurden graphisch übernommen und numerisch über einen mathematischen Fit mit Regressionsfaktor 0,999 extrapoliert. Die verwendeten Messwerte für das Langspiellband LH114 wurden dem Buch von U.Blaese [2] entnommen. Die Klirrverläufe können also sehr unterschiedlich ausfallen. Das LH114 war wie die anderen ORWO-Bänder am M2405

getestet worden und wegen zu vielen Verzerrungen nicht mehr benutzt worden. Die Signalaussteuerung wurde so gehandhabt, dass der durchschnittliche Pegel bei -3 bis -6dB eingestellt wurde, so dass noch die Impulsspitzen nicht höher als +3dB kamen, die Trägheit der Anzeige mit berücksichtigt. Kurzzeitige Verzerrungsspitzen wurden nicht so wahr genommen, während aber stetige Verzerrungen bei den langanhaltenden Musikpassagen primär als doch unangenehm empfunden wurden. Im Nachhinein wird nun die damalige Wahl verständlich.

Ideale Aufnahmeparameter bringt das DAT mit. Über UKW oder DSR sind keine Unterschiede bei 48kHz Samplingfrequenz auszumachen, digital bei 32kHz auch nicht. Bei 32kHz vom UKW sind bei impulsstarken Material, speziell bei Live-Übertragungen von Pop-Konzerten waren leichte Bedämpfungen herauszuhören. Der Plattenspieler, d.h. die Schallplatte kann in den hohen Frequenzen im Pegel nicht hoch geschnitten werden. -16dB (bezogen auf 8cm/s 1kHz: 1,3cm/s) für 20kHz in der „dhi 2“ Messschallplatte scheint die obere Grenze darzustellen, die LB211 wurde dort auch nur mit -10dB geschnitten (bezogen auf 1kHz 3,2cm/s: 1,0cm/s). Und trotzdem büßen Aufnahmen vom Plattenspieler über das DAT bei 48kHz Sampling am Klang ein. Klarheit, „Stimmenwärme“ und Impulsspitzen werden geschwächt und „beschnitten“, obwohl peinlich darauf geachtet wurde, dass nicht übersteuert wurde und das rote „over“ nicht aufleuchtete. Auch wenn der Headroom erweitert wurde, z.B. auf -6 bis -12dB, um vom Spitzenmesser messtechnisch ausgemittelte Absolutspitzen zu berücksichtigen, gab es keine Verbesserungen. Auch nach dem Wechsel der Eingangs- und Koppelelko's wurde nur eine geringe Verbesserung des Zustandes beim A-B-Vergleich bemerkt.

Die Verstärkung konnte am neuen Phonoentzerrvorverstärker ebenfalls durch Dippschalter mit dem ELAC MM soweit im Pegel erhöht werden, bis die Pegel gleich waren.

Andersherum schien eine über Koaxialkabel vom CD-Player aufgenommene Jazz-Session vom DAT klarer, impulstreuer und mit natürlicheren Klangfarben z.B. vom Xylophon zu kommen, obwohl die Samplingfrequenz konstant blieb. Dagegen war die Aufnahme über das optische Toslink Kabel eher mit UKW vergleichbar. Aufnahmen von UKW auf Metallkassetten im V6030S klangen einfach nur anders, weder eindeutig schlechter noch besser. Verschlimmbesserung wäre wieder die richtige Bezeichnung. Qualitätsunterschiede sind vergleichbar mit den Klangunterschieden zwischen den UKW-Sendern.

Obwohl Klang, Handhabbarkeit und Staubsicherheit bei der DAT-Kassette viel besser waren als die Kompaktkassette, hat sich das DAT-System leider nicht verbreiten können. Der mechanische Konstruktions- und Kalibrieraufwand für das schnell rotierende Kopftrommelsystem war einfach vermutlich zu hoch und zu teuer. Die Bitfehler rate war beim DAT aber niedriger als bei der Audio-CD, Es wurde noch lange nach der Blütezeit als Backup-Sicherungssystem für Computerdaten verwendet. Offensichtlich war es dann doch möglich gewesen, die Laufwerke stabiler zu bauen. Die theoretische nicht mehr rechnerisch korrigierbare Bit-Fehler rate wurde bei der FloppyDisk mit 10^{-6} , bei der Audio-CD mit 2×10^{-10} , bei der CD-ROM mit 10^{-12} , bei der DVD mit 10^{-13} und beim DAT mit 10^{-15} benannt. Der Vorteil der CD gegenüber der Schallplatte ist, dass Kratzer von der Platte unmittelbar wahrgenommen werden und von der CD werden bei Fehlbits die Daten rechnerisch interpoliert, so dass keine direkten Störgeräusche wahrgenommen werden, vielleicht waren aber gerade diese Interpolationen schuld für den lange ungeliebten „harschen“ CD-Klang.

1.11. Die Rekonstruktion der Lautsprecher-12/18dB-Frequenzweiche Zu den HiFi-Tagen in Dresden wurden eine Reihe verschiedenster Boxen vorgestellt, einige davon mit Prinzipbauplänen. Diese unterschieden sich wenig zu den in KLANG & TON, HÖRMAL und anderen Lautsprecher-Selbstbaumagazinen, außer in ihrer Realisierbarkeit von höchstwertigen Oberflächen der Gehäuse oder bestimmten Sondermaterialien.

Auf Grund dieser und anderer Messe-Erfahrungen wurde mit guten Gewissen die originale Frequenzweiche der BR25 nach der Schalldruckmessung in 1m Abstand (zwischen HT und TMT) nach Vorsimulation mit LASIP probierhalber so umkonstruiert, dass sie technisch sinnvoller erschien und trotzdem einen einigermaßen glatten Amplitudenfrequenzgang aufwies.

1. Eine geringere elektrische Phasengangdifferenz zwischen den Pässen des Filters ohne Phasenpol mit den besten damals zur Verfügung stehenden MKP Kondensatoren von INTERTECHNIK, das waren 250V DC.
2. Verwendung von kleinen platzsparenden 4W Drahtwiderständen von CONRAD, die eine geringere Induktivität als die alten hatten.
3. Aufbau mit normalen Kupferlack-Draht-Luftspulen von INTERTECHNIK, die die geringsten elektrischen Widerstände aufwiesen.
4. Verpolung des Hochtöners entsprechend der Lehrmeinung
5. Beibehaltung der Filterkombination 2.Ordnung für den Tiefpass und 3.Ordnung für den Hochpass, um bei Beibehaltung der Trennfrequenz 1,8kHz den Hub der Kalotte zu minimieren
6. Anpassung des Hochtönerpegels auf eine angenehme Klangbalance

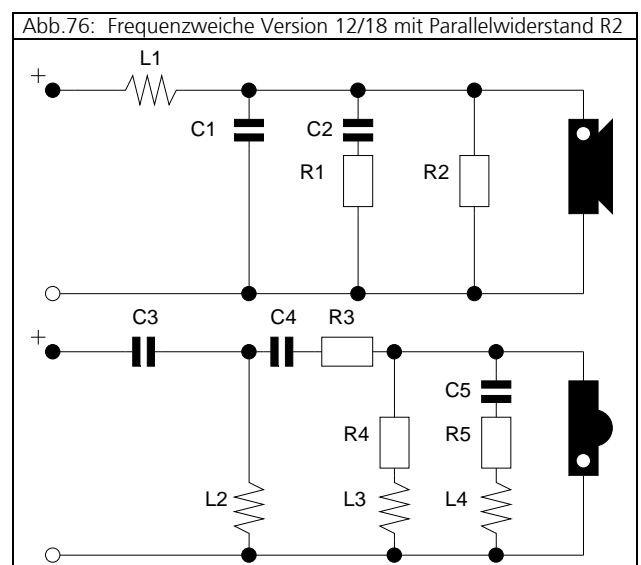
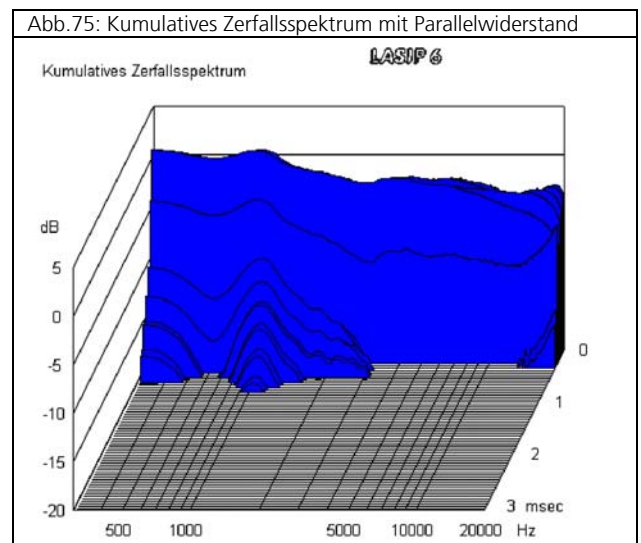
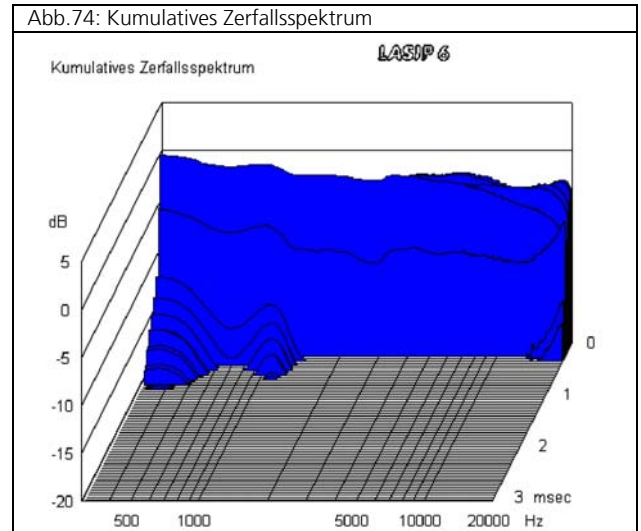
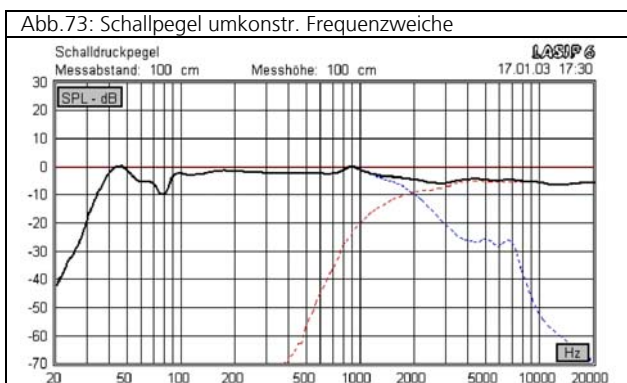
Die Simulation zeigte, dass die Abtrennung des Hochtöners von den zu Verzerrungen führenden tiefen Tönen besser gelang und die Phasengangdifferenz konnte auf mehr als die Hälfte gesenkt werden, ferner wurde die Impedanzcharakteristik im Mitteltonbereich ausgeglichener und im Grundtonbereich erreichte die Impedanz 4Ω mit Wirkung der Gleichstromwiderstände der Weiche. Das hieß eine geringere Belastung für den Verstärker.

In der BR25 wie in vielen anderen Boxen wurden mit Kupfer beschichtete Platinen als Basis für die Frequenzweichenbauelemente genutzt. Um die Leitfähigkeit der dünnen Cu-Schichten zu erhöhen, wurden die Leitbahnen möglichst breit gehalten. Da aber beim Auflegen der Spulen auf eine solche Cu-Platine sich die Induktivität änderte, wie Kontrollmessungen als Einzelbauelement und im bestückten Zustand zeigten, vermutlich wegen der sich einstellenden Wirbelstromverluste, wurde eine Cu-Lochrasterplatine als Basis genommen und die Spulen, wie bereits im „FUNKAMATEUR“ empfohlen, immer so gedreht, dass sie nicht im Feldvektor zueinander parallel standen. Die Lochraster dienten nur als Fixierung, während die Bauteile unter der Platine miteinander, wenn nötig mit 1mm isolierten Cu-Draht, verlötet wurden. Als Platinen wurden glasfaserverstärktes Epoxid bevorzugt, da der Geruch der anderen Materialien nicht angenehm war.

Die Weiche wurde zunächst komplett aufgebaut und innerhalb der Boxen an der Rückwand angeschraubt.

Das Ergebnis überraschte, da die Klangbalance trotz linearen Frequenzganges zu hell geraten war. Da das wiederholte Einbauen der Weiche in der folgenden Iteration der Anpassung des Hochtönerpegels zu viel Mühe machte, wurde die Weiche schließlich immer nur hinter die Box gelegt und von dort kontaktiert. Verblüffend war, dass dann die Boxen eine etwas bessere Wiedergabe zustande brachten. Fortan wurden die Weichen außerhalb der Box angebracht. Dieser Effekt war damals bereits bekannt und er wurde der Mikrofonie zugeordnet. Die Nachsimulation zeigte, dass der Hochtöner nach der Klanganpassung schon mehrere dB (etwa $-5,5\text{dB}$) tiefer lag als der gerade Frequenzgang vorzeichnete. Aber erst dann schien die Klangbalance ausgewogen, bis auf das Dröhnen des Tieftonzweiges, was noch störte. In Anbetracht der freiliegenden Platinen war es ein Glück sich doch für die geruchsfreie Variante entschieden zu haben.

Bei genauen Hinhören stellte sich heraus, dass bei einem Kontrabassanriss das Einschwingen völlig fehlte und das Ausschwingen eigentlich viel zu lange dauerte.



Außerdem gab es da noch die viel zu hohen Impedanzpeaks, vor allem den der Hauptresonanz.
 Es könnte sein, dass die Hauptresonanz $f_s(R_{ms}, C_{ms}, M_{ms})$ im Ersatzschaltbild als funktioneller bedämpfter Parallelschwingkreis dem Verstärker als Spannungsquelle vielleicht keine Chance ließ, die Spannungsüberhöhung der Hauptresonanz abzubauen, zumal dazwischen noch die Tiefpassfilterglieder und die Zuleitungswiderstände lagen. Und auf Grund der Tatsache, dass ein

Parallelschwingkreis Energie speichert, konnte hier irgendwo die Ursache liegen, dass der Tieftmitteltöner zu langsam ausschwingt.

Eine Lösung wäre ein dazu paralleler Saugkreis, der die Energie frequenzselektiv absaugt und die Impedanzüberhöhung annihiliert. Aber dazu fehlte es an preiswerten edlen Bauteilen und vor allem an Platz, da solche Bauteile wegen der kleinen Frequenz sehr groß werden. Eine erste Stufe war ein simpler Widerstand parallel zum Tieftmitteltöner, der die Bedämpfung erhöht. Dieser Widerstand durfte aber nicht zu klein werden, da sonst die Impedanz-DIN-Norm unterschritten wird. Ein Widerstand von 11ohm war das Minimum, bzw. 2 Stück 22ohm für ausreichende Belastbarkeit. Dies wurde an einer Box getestet.

Diese Box schwang tatsächlich im Tieftonbereich schneller aus als die andere (Monobetriebsvergleich). Später wurde diese Situation in Lasip6 mit Abb.75 nachexerziert und hier dargestellt, das aber leider nur bis 300Hz hinunter abbildete. Merkwürdigerweise wurden jedoch hier die Mitten verzögert, obwohl sie hörbar sauberer wurden. Im Zerfallsspektrum wurden wahrscheinlich nicht die Doppler- und sonstigen Modulationsverzerrungen mit berücksichtigt, die durch ein langes Tieftonausschwingen stärker sein sollten.

Nach Abänderung der zweiten Weiche wurde der Klang ausgewogen, das galt aber nur bei mittleren Lautstärken um 1W mit 85dB (1m). Darüber und darunter trat ein eigenartiger Effekt zu Tage. Bei leiser Hintergrundmusik ergab sich insbesondere für die Ehegemaahlin ein angenehme Klangbalance mit vorwiegend tiefen Tönen, bei höheren Lautstärken wurde die Klangbalance über einen ausgewogen Bereich hin zu einem deutlich helleren Bereich verschoben, so dass das dort wieder das Ultimatum der Frau gesetzt wurde. Ergo konnte man nur allein laut hören.

Einige Wochen später fiel eine gewisse dunkle Abstimmung bereits bei mittleren Lautstärken auf. Nachdem der Hochtonbereich um 1dB angehoben wurde (Status -4,5dB), war die gewünschte Klangbalance wieder da. Wiederum nach einigen Wochen dasselbe (Status dann -3,5dB). Eine merkwürdige Sache. So wurden die Hochtöner abermals um 2dB angehoben, doch erreichten sie nicht das simulierte Niveau des geraden Frequenzganges, es blieb bei -1 bis -1,5dB. Welche Gründe mochte es dafür geben? Das blieb vorerst unklar. Doch könnte Abhilfe geschaffen werden. Wenn es eine Alterung der Bauteile ist, müßte eine künstliche „Voralterung“ durch viel Leistung im gesamten Frequenzbereich den Endzustand schneller erreichen.

1.11.1. Widerstände, Drähte und Verlötungen

Von THEL wurden neue 5W Metalloxidwiderstände (MOX) für Lautsprecherweichen angeboten. Die alten CONRAD 4W Drahtwiderstände wurden ausgetauscht. Das Ergebnis überraschte ein wenig. Der Hochtonzweig brauchte nach der Neuverlötung nur um 3dB abgesenkt werden. Es dauerte nur mehrere Tage um 1dB wieder zurückzunehmen, doch dabei blieb es. Insgesamt wurde das Klangbild durchhörbarer. Erst ein Monat später konnte abermals 1dB angehoben werden und der Klang wurde natürlicher. Diese wahrscheinlich doch bessere Bauteilequalität der MOX Widerstände wurde von den Herstellern und Distributoren mit einer besonders niedrigeren Induktivität begründet. Das heißt aber, dass sich die Induktivität ändert.

Beim Auslöten der alten CONRAD-Drahtwiderstände wurde offenbar, das nicht alles Lot auf den Cu-Drahtzuführungen perfekt genetzt hatte, besonders an Stellen, die ein dunkleres Rot aufwiesen, vermutlich Cu₂O. Diese Schicht wurde zukünftig immer beseitigt. Am besten gelang das mit einem Skalpell. Mit dem Skalpell ließ sich auch der Lack vom Cu-Lackdraht abschaben. Die Oberfläche war danach makroskopisch glatt. Beim Berühren des Lotdrahtes mit dem Cu-Draht und beim Aufheizen der beiden mit dem LötKolben musste die LötSchmelze von selbst den Draht netzen, fast als würde das Lot auf den Draht „springen“, dabei wurde ein niedriger Kontaktwinkel erzielt. Wenn schließlich die richtige Temperatur erreicht wurde, spreitete das weiter zugeführte Lot nach und erhielt einen höheren Kontaktwinkel an der Stelle, wo noch „blankes“ Cu war, da dort die Oxidation an der Luft bereits wieder Cu₂O erzeugt hatte. Oder das Lot stoppte am Lack bzw. an der alten Oxidschicht. Die Zeit musste möglichst kurz gehalten werden, was nur mit einem ausreichend heißen LötKolben gelang, sonst oxidierte das zu benetzende Kupfer wieder, indem es sich rötlicher verfärbte, das Lot bekam dann eine Haut, die dann ein Netzen völlig verhinderte. Die LötOberfläche sah dann grau-krustig aus anstatt hellglänzend-polier.

Das Lot zeichnete sich unter der glatten Oberfläche beim Trennen von Drähten am den Schmelzpunkt durch eine ausgeprägte

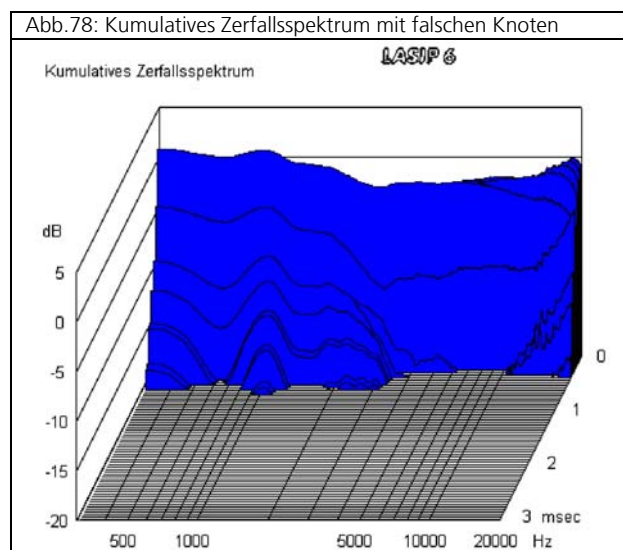
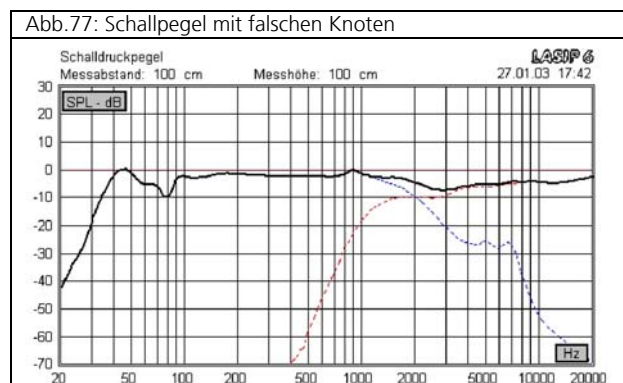
Kristallinität aus, die gewissermaßen mit Schuld an einem Voralterungseffekt sein konnte. Andere Lote, die außer Sn und Pb noch andere Metalle enthielten, wie z.B. Cu im Prozentbereich ließen sich nicht so glatt und glänzend erzeugen, diese waren eher rau, vor allem die Lote, die anstelle des Cu das Ag enthielten. Letztere Lote wurden oft als bessere Lote verkauft. Aber es könnte einen größeren Einfluß auf den Klang haben als die Standardelektroniklote Sn60Pb40. Und in der Tat, der Klang schien bei Ag-haltigen unangenehmer, etwas greller zu sein. Ag wird mit Sicherheit eine grössere Migrationsaktivierungsenergie haben als die Bestandteile Sn oder Pb, was sicherlich auch mit dem Schmelzpunkt zusammenhängt.

1.11.2. Schalldruckpegelsenken und das Lotwiederaufschmelzen

Nach einigen Monaten wurden die Lautsprecher einem interessierem HiFi-Händler im Vergleich mit anderen Lautsprechern vorgestellt. „Abgesehen von dem klaren, analytisch sauberen und von Formanten freien Klang“ wie gesagt wurde, „klingen sie doch zu dunkel“. In der Tat, das wurde beim Vergleich offensichtlich. Der Hörsinn hatte sich wahrscheinlich irgendwie adaptiert. Dafür boten die Lautsprecher die beste Räumlichkeit aller anwesenden Testlautsprecher. Ab der Lautsprecherfront reichte die Abbildung vielleicht bis zu 10m dahinter, während die anderen Lautsprecherpaare entweder in der Front, davor oder kurz dahinter abbildeten, maximal jedoch nur 1 bis 2m.

Um den kritisierten dunklen Klang etwas aufzuhellen, wurde wieder die Weiche hervorgeholt und überlegt wie der neue Spannungsteiler wohl neu dimensioniert werden sollte, da fiel auf, dass beim letzten Ändern ein Widerstand mit einem Anschluss auf einen falschen Knoten gelötet war, und das bei beiden Lautsprechern. Der R4 war zwischen C4 und R3 kontaktiert.

Der Fehler wurde sowohl korrigiert als auch simuliert und grafisch dargestellt. Jetzt zeigt das kumulative Zerfallsspektrum auch die gehörten Ergebnisse an, das überraschte wirklich.



Der Lötfehler verursachte eine Pegelanhebung wie an dem Vergleich der Abb.73 und 77 ersichtlich ist. Nach der berichtenden Korrektur der Weiche ohne Senke wurde aber klar, dass der gesamte abgebildete Klangraum anders war, er war flacher geworden, vielleicht sogar vordringlicher, angenehmer wäre ein Raum, der nach hinten öffnet, denn wo die Mikrofone stehen, befinden sich jetzt der Lautsprecher, die Musikinstrumente und die Stimmen sollten nur hinter der Ebene der beiden Lautsprecher zu orten sein. Schnell wurde die Korrektur rückgängig gemacht, obwohl die Impedanz im Höchsttonbereich von 20kHz auf gefährliche 2,5ohm rutschte, aber das schien dem Verstärker nichts auszumachen. Der neu war ja auch bis 1Ω stabil.

Dadurch wurde ein wichtiger hörpsychologischer Effekt entdeckt.

Die Rücknahme der Korrektur führte, wie befürchtet, nicht zu einer vollständigen Reproduktion des alten Klangraumes und Abbildungs Klarheit. Die Geduld lohnte sich 3 Tage zu warten, denn dann war der alte Zustand wiederhergestellt. Das konnte nur an den Lotstellen liegen, die wieder aufgeschmolzen worden waren.

1.11.3. Anschlusskontakte der Lautsprecherkabel

Kleine oft übersehene Widerstände, außer den Lotstellen, sind die Steck-Kontakte und die Art der Kontaktierung der Lautsprecher-zuführungsleitungen wie hier am Marantz PM80 Verstärker. Die Kontaktwiderstände, die an silberfarbenen Bananensteck-Kontakten gemessen wurden, liegen im Bereich um 0,1 bis 0,2ohm, die an vergoldeten sind höchstens halb so groß. Die niedrigsten wurden an vergoldeten 4mm Lamellenstecksystemen (MC Banane) gemessen. Diese sind dann an den Boxen realisiert worden. Klanglich konnte ein etwas kräftiger Bassimpuls festgestellt werden, welcher aber noch nicht zufriedenstellen konnte. Die Schwachstelle lag offensichtlich am Verstärkerkontakt. Dort sollten die Kabel eingeklemmt werden. Die verwendeten 4mm² EAGLE Litzenkabel ließen sich im Gegensatz z.B. zu Oehlbach sehr leicht mit Lot netzen, aber beim Kontaktieren mit den Verstärkerkontaktschrauben versagten diese auch. Eine ausreichend plastische sowie flache, langzeitstabile und nichtoxidierbare Fläche musste geschaffen werden. Dazu wurde 2mm Au-Draht mit der Länge 1,5cm im rechten Winkel gebogen und das eine 1cm lange Stück mit einem Hammer auf einem glatten Amboss flach geschmiedet, so dass dieser Teil noch in die Buchsenaufnahme des Verstärkers passte und gut angezogen werden konnte. Das andere Teil wurde an das Kabel angelötet. Es war erstaunlich, welche Zunahme an Bassimpulskraft zu gewinnen war und das dauerhaft über Jahre hinweg ohne eine Wartung.

1.12. „Einbrenneffekte“

Bei der Behauptung, Kabel hätten einen Einfluss auf die Widergabe, vorausgesetzt, der Widerstand liegt niedrig und das sollte bei 4mm² Querschnitt der Fall sein und erst recht bei Cinch-Kabeln mit Abschlusswiderständen um 47kohm und Abschlusskapazitäten von 150pF, tippten Elektronikprofis oder Elektriker mit ihrem Finger unentwegt an ihre Stirn. Das war für sie völlig abwegig. Und trotzdem ist es nachvollziehbar. Kabel haben ein ganz individuelles Netzwerk von Kapazität, Induktivität und Widerstand. In der Regel wird die Impedanz zu höheren Frequenzen größer, d.h. sie können die Klangbalance verändern. Meistens, mehr oder weniger, betonen diese den Hochtonanteil. Sind die Impedanzgänge sehr frequenzabhängig, können die Verstärker, auch die Vorverstärker, mit diesen komplexen Lasten solche Probleme bekommen, dass hörbare Verzerrungen entstehen, abgesehen von den Klangverfärbungen. Bei Röhrenverstärkern sollen sogar messbare Pegelunterschiede auszumachen sein. Die Signalveränderungen durch die Steck-Kontakte sind oft nicht von denen des Kabels selbst trennbar, denn auch die Stecker oder Buchsen beeinflussen das komplexe Netzwerk. In der Regel bestehen die Kabel für die Audiotechnik aus einem Litzenaufbau, wobei die Zahl der „Drähtchen“ auf einige wenige zurückgehen kann, aber auch sehr große Zahlen von mehreren Hundert sind möglich, wie auch die Drahtdicken dieser „Drähtchen“ von mm zu einigen µm hinunter reicht. Die getesteten Kabel, die nicht 10% eines Neugerätes wie CD-Player überstiegen haben, zeigten vom Material her immer sichtbare Unsauberkeiten an den Metalloberflächen, wie z.B. auch starke Rotfärbungen an blankem Cu oder mechanisch sichtbare Unregelmäßigkeit. Bei den Lautsprecherkabeln, die fast immer aus hochfeiner Litze bestand, wurde das Klangbild greller, je weiter die Leiterpole auseinander waren. Ein extremes Beispiel dafür war ein VAN DEN HUL Kabel. Das bedeutete aber, dass eine hohe Kopplung

zwischen den Polen von Vorteil ist. Das sauberste Cu lieferte Cu-Lackdraht. Dessen Cu blieb unter dem Lack langzeitstabil unangegriffen im Gegensatz zu allen anderen Kabeln, die aus der Klasse der PVC-Kunststoffe stammen. Aber auch bei mit Teflon isolierten blanken Drähten zeigten mit der Zeit eine zunehmende rötliche Verfärbung.

Passt man Kabelparameter mit zusätzlichen entsprechenden Bauteilen wie Widerständen und Kondensatorkapazitäten oder gar Spuleninduktivitäten nach einem vorgegebenen Ideal an, z.B. wie bei einem Tastkopf mit Rechteckabgleich für den Oszillographen, dann sind die akustischen Widergabeergebnisse trotzdem nicht wirklich originalgetreuer, sondern nur anders und mindestens genauso gleichweit vom Original entfernt, denn die benutzten Bauteile sind zusätzlich und auch nicht ideal.

Welche Gründe kann es für den oben genannten Effekt geben?

Litze besteht aus dünnen gezogenen Drähten, deren Verhältnis Oberfläche zu Volumen sehr viel ungünstiger ist, Vorteile sind Flexibilität und sollten ein geringerer Skineffekt sein.

Aber Skineffekt kann es bei diesen Frequenzen noch nicht sein, sagt der Elektriker. Was in Frage kommt, ist ein erhöhter Wirkwiderstand bei hohen Frequenzen, der natürlich in Relation zum Eingangswiderstand gesetzt werden muss und da spielt er keine Rolle.

Beim Ziehen des Drahtes treten starke mechanische Beanspruchungen auf, die dazu führen, dass sich die Drähte dabei erwärmen können, aber auf Grund der guten Wärmeableitung sollte das nicht passieren. Die Wärmeableitung wird aber bei sehr dünnen Drähten schnell schlechter. Wenn eine derartige hohe mechanische Beanspruchung stattfindet, treten aber auch neue Effekte auf: Die mechanische Aktivierung initiiert tribochemische Reaktionen des Cu mit der Ziehatmosphäre und der Ziehöse, d.h. Verunreinigung besonders an der Oberfläche und in die Korngrenzen hinein sind die Folge, was die Cu-Kristalle voneinander etwas mehr isoliert. Korngrenzen wirken dann wie stark verlustbehaftete Elektrolytkondensatoren. Die Metallkristalle werden verformt und oberflächlich verschmiert, endlose Kristalldefektdichten werden erzeugt. Außerdem ändert sich die geometrische Struktur der Korngrenzen etwas tiefer in der Oberfläche. Das alles entspricht nicht mehr dem thermodynamischen stabilen (idealen Einkristall-) Zustand des Materials. Noch bedeutender ist vielleicht, dass die Litzendrähthen sich gegenseitig berühren, diese Störung ist noch stärker als die der Korngrenzen. Ist die Litze bereits voroxidiert, was in den allermeisten Fällen zutrifft, ist die Säuberung von Oxiden an Litze sehr viel schwieriger vor der Lötverzinnung was zu undefinierten Unterbrechungen mit undefinierten dazwischenliegenden Leitmaterialien führt. Verzerrungsmessungen an solchen niederimpedanten Systemen sind nur sehr aufwändig und kaum realisierbar. Die Effekte sind aber im Vergleich als eine Art zusätzlichen Rauschens hörbar.

Jedes Kabel muss vor der lagerungsbedingten Veränderung des Leitermaterials durch die umgebende Atmosphäre isoliert werden. Als Isolationsmaterialien werden heute in der Regel Polymer-Kunststoffe verwendet, früher waren es die nicht so abriebfesten textilen Überzüge. Polymer-Kunststoffe enthalten neu auch noch kürzere Molekülketten und kurzkettige Zusätze, beides ist flüchtig. Da PVC sehr viel von diesen und außerdem sogenannte Weichmacher enthält, versprödet es auch, weil diese Stoffe mit der Zeit aus dem PVC verloren gehen, nur das Polymergrundgerüst bleibt erhalten. In Litzenkabeln ist die Oberfläche viel größer als in Volldrahtkabeln, das sollte alles erklären. Die flüchtigen Stoffe reagieren mit dem Kupfer oberflächlich, nicht nur der mit der Zeit hindurchdiffundierende Sauerstoff. Kupfer zählt zwar zu den Edelmetallen, aber mit seinen 0,3V Standardspannung gegenüber Wasserstoff ist es nicht weit her. So dass bereits Monate genügen, um Braunfärbungen und Patinaansätze an freier Luft zu beobachten. Der Kontaktwiderstand steigt z.B. soweit an, dass eine Taschenlampe nur noch dunkel scheint und man meint, dass die Batterien gewechselt werden müssten, ein kurzes Reinigen mit Glasfaserpinsel bringt sie wieder zum hellen Leuchten. Kupfer bildet sofort an der Oberfläche rötliches Cu₂O. Je reiner das Cu ist und zieht man es dann noch frisch mit einem Skalpell ab, desto silbriger wirkt es. Reines Cu₂O ist tiefrot und ist ein Halbleiter mit direktem Übergang und einem Bandabstand von E_g 2,0eV und damit photoempfindlich. Es wurde auch als Gleichrichtermaterial verwendet. Das bedeutet, je nach Verunreinigung (Dotierung) ändert sich die Leitfähigkeitscharakteristik des Cu₂O. Auch Cu-Korngrenzen enthalten vermehrt Cu₂O. Zu ergänzen ist noch die recht hohe

Reaktionsbereitschaft außer für Sauerstoff noch für Ammoniak und deren Derivate wie Amide, Imide, die Bestandteile von Kunststoffen sein können. Teflonisolierungen selbst sind relativ harmlos, aber es ist bekannt, dass sie Gasmolekel hindurchdiffundieren lassen, und nicht nur Sauerstoff auch Wasserdampfmoleküle. Diese Übersicht von einigen Zusammenhängen erklärt die Komplexizität der Effekte, die mit Cu stehen. Auch höchstreines Cu ist vor Verunreinigung nicht gefeit, zumal wenn es auch mechanisch belastet wird. Monokristallines Cu bleibt beim Biegen nicht monokristallin, es entstehen Versetzungen, Kristalldefekte, die außer durch Alterung schneller durch Strombelastung, d.h. über Migration, neue Korngrenzen ausbilden.

Zwar hat Silber eine Standardspannung von +0,8V, aber sie reicht nicht aus, das Silber vor dem Schwarzwerden durch Schwefelspuren in der Luft zu retten. Auch Ag₂S ist bereits seit Faraday's Zeiten als Halbleiter bekannt und hat damit einen negativen thermischen Widerstandskoeffizienten, sowie ein Bandgap E_G von nur 0,7...0,9eV, je nach Feinstruktur.

Zinn besitzt eine gewisse Resistenz infolge seiner recht stabilen Oxidhaut, die mehr isolierenden Charakter hat und die unter dem Einfluss von Feuchtigkeit rau und porig wird und das Zinn weiter angreift. Kommt irgendwann Feuchtigkeit doch in die Kabel, z.B. wenn der Taupunkt durch Abkühlung mal unterschritten wird, kann man Zinn und Zinnlegierungen sowie Lote wegwerfen.

Das Goldoxidhydrat hat eine orangefelbe Farbe, was für die typische Goldfarbe sorgt. Es ist kein Halbleiter. Au benötigt wegen seines hohen Standardpotentials von 1,4V Jahrhunderte bis Jahrtausende bis es „goldbraun“ werden kann.

Cinch-Kabel sind meist geschirmt und zwar wegen der Flexibilität mit Litze, d. h. das Leitsystem ist asymmetrisch. Diese Asymmetrie vergrößert die Kapazität der Leitung auf das 4 fache einer von Abständen und Drahtdurchmessern vergleichbaren 2-Draht-Parallelleitung [4]. Das Abisolieren, Abseilen und verlöten der Litze ohne Drähtchen zu trennen war schwierig, weil die Benetzbarkeit der Litze wegen der Oxidhaut nicht befriedigend war und das Reinigungsschaben mit einem scharfen Messer Litzendrähchen zerstörte, abgesehen davon, wer kann schon jedes Litzendrähchen ringsum abschaben. Auch die 2-Zonen-Spiritusflamme, die bei echter einzeln verlackter HF-Litze half, konnte hier nicht so richtig Anwendung finden, wegen der inneren Plastisolierung. Bei übereinander stehenden Geräten sind käufliche Cinch-Kabel meist zu lang und zu sperrig. Eine manuelle Kürzung führt gleich zum Selbstbaukabel. Bei solchen kurzen Leitungslängen ist der Störeintrag gering. Selbst geschirmte BNC-Kabel brachten ab 2m Länge einen hörbaren Eintrag von Netzbrumm, also so gut ist die Schirmung nicht.

Vom Prinzip her reichen eigentlich 2 relativ dünne und kurze Drähte für die Cinch-Verbindung, wenn die Verstärkerausgänge niederohmig und die Eingänge nicht zu hochohmig sind. Praktisch handhabbar sind für die mechanische Beseitigung der Lackhaut Drähte ab 0,3mm Durchmesser und für nicht zu starre Drähte maximal 0,7mm Durchmesser. Für eine konstante Kapazität müssen die Drähte miteinander in einem konstantem Abstand verbunden werden, möglichst nah, für die enge Kopplung. Praktisch erfolgt das durch Verdrillen der beiden Drähte. Manuell verdrillt wird die Form unregelmäßig und der kapazitive Belag streut. Mit der Bohrmaschine erfolgt die Verdrillung sehr regelmäßig und es kann die Steigung gut gesteuert werden. Dabei stabilisiert sich die Leitung von selbst und verhält sich wie ein Draht, dessen Form bei der Verlegung gut eingestellt werden kann. Selbst ein Überzug mit einem dünnen Teflonschlauch ist ohne Probleme realisierbar, damit der Draht vor Unachtsamkeiten besser geschützt ist und handhabbarer wird.

Tauscht man durchschnittliche hochwertige Cinch-Kabel mit hochfeiner Litze, bestehend aus 6N-Elektrolyt-Cu (sauerstofffrei) und massiven, vergoldeten Cinch-Steckern mit Tefloninnenisolierung schließlich gegen den einfachen Fall, einem paarweise verdrilltem 0,5mm Standardelektrolyt-Cu-Lackdraht mit 2 bis 6 Windungen je cm (solid-core in twisted pair) mit vergoldeten Blech-Cinch-Steckern (Abb. 79) möglichst geringer Masse und Fläche mit 5mm langer PVC-Innenisolierung, wird augenblicklich die Wiedergabe dem Original näher sein, indem weniger Störsignale, bzw. Rauschen vernommen werden, sie wird durchhörbarer, präziser und kontrastreicher ohne

Verfärbungen. So wurde dies auch von einem ausgebildeten Fachhändler bestätigt.

Was für Cinchkabel gilt, gilt natürlich für Kopfhörerkabel (32...600ohm) und Lautsprecherkabel (2...200ohm). Mit nicht so großem Erfolg wurde das EAGLE-Cable durch ein Unterputzkabel 4x1,5mm² (keine Litze) getauscht. Bei einem Vergleich mit einem QUAD Lautsprecherkabel (2x2mm² Cu-Groblitze +Teflon-Isolation) zur Ablösung des Unterputzkabels kamen wieder neue Einflusseffekte zu Tage. Der Unterschied zwischen den Kabeln war etwa vergleichbar mit dem Ab- und Zuschalten der Lautsprecherrelais im Verstärker. Gerade zugeschaltet ergab sich eine Betonung der obersten Höhen mit einer Verringerung der Signalpräzision, d.h. die Spitzen schienen diffuser zu sein. Nach ca. 3min bei 5W stellte sich die alte Präzision langsam wieder ein. Möglicherweise bilden sich bei der Belastung zwischen den Relaiskontakten eine Art von Nanowiskern aus, die in die gegenüberliegende Oberfläche hineinwachsen. Da Musikimpulse asymmetrisch sind, gibt es eine Migrationsvorzugsrichtung. Die Migration wird hauptsächlich durch den dann effektiven Anteil an Gleichstromimpulsen bewirkt. Wird der Kontakt getrennt und wieder geschlossen, werden neue Oberflächeninterfaces erzeugt und die alten Whisker werden zerdrückt, die oxidierten Seitenflächen der alten Whisker unterbrechen die alten verlustärmeren Leitungsbahnen und schaffen so zusätzliche kapazitive Widerstände, die eine Hochpasswirkung ausüben, danach muß die Elektromigration erst wieder die Verunreinigungen beiseite drängen und die Kornstruktur rekristallisieren. Zu den Einflüssen von verschiedenen Relais auf die Wiedergabe wurde bereits in KLANG+TON 6/1993 berichtet.



Der Kabelvergleich ging voerst zu Gunsten des Quad aus, das eine gesteigerte Signalpräzision, bei deutlich mehr Höhen lieferte. Wenn bereits schnöde Relais eine Abhängigkeit vom Strom haben und wenn es auch sogenannte Einbrennsignale auf CD verkauft werden, dann sollte ein Versuch nicht unnützlich sein. Auf das Kabelende wurde ein 100W 4Ω Hochlastwiderstand gesteckt, der auf Kühlblech montiert war. Unter dynamischer klassischer Orchestermusik mit Fortissimo wurde die Lautstärke so hoch gedreht, dass die Widerstände heiss wurden („15Uhr Stellung“ = -14dB). Der Verstärkerempfindlichkeit von 150mV entsprechend, müsste der Verstärker bereits bei -20dB klippen, wenn 0dB im Eingang bei CD-Spieler typischen 2V Ausgang erreicht werden. Seltsamerweise war dann der Effekt des „Einbrennens“ größer. Nach zwei Stunden Betrieb und 2 Stunden Abkühlung wurde gegen das andere unbelastete Kabel verglichen. Die Präzision der Feinauflösung war bei den verwendeten 10m Längen doch erkennbar besser geworden, aber die Höhen nahmen nicht zu, sondern wurden schärfer und sauberer, das resultierte in einem angenehmeren (wärmeren?) Klang, was dem Original näher kam. Wie hatte sich das Quad verhalten? Ach ja, das war schon im Betrieb gewesen, es war ein preiswertes „second hand“ Kabel. Flugs wurde die Prozedur bei dem alten EAGLE-Cable wiederholt. Aber die Höhenpräzision der Percussionsinstrumente blieb diffuser, es brachte auch weniger Bassimpulspräzision. Die „Litzenhypothese“ schien auch hier zu aufzugehen.

Später über Kopfhörer hatte man den Eindruck, dass sich auch hier etwas getan hatte, die Musik kam präziser, weniger diffus in den Höhen. Also wurde nicht nur das Kabel eingebrannt, sondern auch die Verstärkerstufe nebst Leitbahnen. Natürlich, wie konnte es anders

sein. Ein Kabeltausch wurde daher notwendig und brachte Gewissheit. Leider ist dies alles sehr umständlich, wenn man exakte 1:1 Vergleiche unter Berücksichtigung aller beeinflussenden Parameter machen will.

Aber die „Unterputz“-Lautsprecherkabel nebst Verstärker wurden erfolgreich formiert und die Wiedergabe wurde besser als mit dem Quad.

Es können sogar Metalle durch Strom, sehr hohen Strom, gereinigt werden, d.h. Fremdelemente werden herausgedrängt und reichern sich an den Anschlussstellen an.

1.13. Bedämpfung des BR25 Gehäuses

Fuhr man mit einem Gleitsinus durch alle Frequenzen, so schien das Gehäuse im Grundtonbereich Schall abzustrahlen. Darüberhinaus hörte man, wenn man das Ohr an die Boxseitenwand legte, Sprecher und Gesang durch die Gehäusewände und das ganz schön deutlich. Das Gehäuse der BR25 bestand aus 15mm und 12mm Pressspanplatten, die mit Rundungen in den Ecken jedoch nicht in der Schallfront versehen waren. Der bekannte Klopfest zeigt eine hohle und luftige Kiste an. Die Chassis wurden ausgebaut und der Nadelfilz entnommen, der an allen Flächen (ausser der Schallfront) lag. Zuerst wurde mit dauerplastischer Abdichtmasse die Flächen in der Mitte mit einem Klumpen beklebt. Die „Boxenkiste“ klang nicht mehr so hohl. Nach Entfernung dieser Masse wurden die Wände mit 4mm selbstklebenden Bitumenplatten von INTERTECHNIK beschichtet, was um das Bassreflexrohr nicht so einfach war, da die Platten ziemlich steif waren und nur unter Wärme und Dauerspannung gebogen werden konnten. Der Klopfest brachte eine weitere Verbesserung, aber die Box klang noch immer etwas hohl. Schließlich wurden 2cm-Kanthölzer so gekürzt, dass diese gerade als Querbalken in das Gehäuse in Stellung gedrückt werden konnten. Mit 3 Holmen konnten 6 Flächen stabilisiert werden. Der Klopfest ließ nur noch erahnen, dass man es hier nur mit einer Kiste zu tun hatte. Dann wurde der Filz wieder eingelegt. Nebenbei ist die Box beträchtlich schwerer geworden. Die größere Masse der Box und die deutlich verbesserte Steifheit der Gehäusewände brachten Klangunterschiede zur „unbedämpften“ anderen Box hervor, die regelrecht verwunderten. Im Vergleich fiel der Kistenklang der einen Box richtig auf, was früher überhaupt nicht so beobachtet wurde, es war unfassbar. Wenn man einen bildhaften Vergleich anführen konnte, dann war es so, als ob einmal der Vollmond mit einem Halo und das andere Mal ohne in voller Klarheit gesehen wurde. Nach dem Umbau der zweiten Box war die Stereoabbildung deutlich präziser und klarer, befreit von vielen Störsignalen, obwohl das Ohr am Gehäuse immer noch Stimmen vernehmen konnte und noch gar nicht richtig laut gestellt worden ist.

Abgesehen von der plastischen Bedämpfung der schwingenden Holzwände führt die größere Masse des Gehäuses zu einer Verringerung der unerwünschten Schwingungsamplituden. Jede Kraft zur Bewegung der Membran erzeugt eine Gegenkraft „actio et reactio“. Kraft ist Masse mal Beschleunigung. Erhöht man die Masse auf ein vielfaches, verringert sich die Beschleunigung. Beschleunigung ist die Änderung des Weges pro Zeitquadrat. Da die Schwingungszeiten gleich sind, verringert sich der Weg und damit die Amplitude und damit der Schalldruck, der gegenphasig vom Gehäuse abgestrahlt wird, falls das Gehäuse in sich star ist. Bei weniger starren Systemen kommt zu der Gegenphasigkeit noch Verzögerungen dazu, wobei der Primärimpuls weiter verringert wird. Der Klang wird diffus.

1.14. ADR-Radio KATHREIN UFD 230

Leider wurde DSR ein paar Jahre später einfach abgeschaltet und die teuren Tuner wertlos. Abgelöst wurde das System durch das ASTRA-DIGITAL-RADIO (ADR), das zwar eine Smplingfrequenz von 48kHz hatte aber nur ein datenreduziertes Downstream von 192kBit/s zuließ. Klasse wurde durch Masse ersetzt, 16 DSR-Sender gegen mehr als 50 datenreduzierte ADR-Sender. Der KATHREIN hatte jedoch einen Digitalausgang mit SPDIF Schnittstelle und 2 extra Analogausgänge für eben dieses Radio. Darüber erklang das Radio etwas sauberer als über die Standard-TV-Ausgangsbuchsen. Noch klarer und in komplexen Passagen detaillierter kam die Wiedergabe über die Digitalstrecke ADR-DAT-D/A Umsetzung. Das SONY DAT 59ES konnte als D/A-Wandler dienen, wenn die Kassette dem Fach entnommen und auf Record geschaltet wurde. Trotzdem brachte das ADR weniger Räumlichkeit in der Abbildung als der UKW-Tuner bei Ortssendern mit klassischer Musik. Demgegenüber war aber fast kein Rauschen mehr zu hören, wenn sehr leise Musik oder Sprache lief. Die Programmviefalt ließ eigentlich kaum Wünsche offen. Der

KATHREIN besaß aber auch als einer der ersten eine PANDA/WEGENER-SAT/TV-Decodierung, die den Frequenzgang des TV-Tones bis 15kHz erweiterte.

1.15. Neuabstimmung der Plattenspielerwiedergabe

Der Vorteil von Lautsprechermodifikationen ist, dass in allen vorhandenen Tonträgern neue Entdeckungen gemacht werden können, ohne neues kaufen zu müssen. Nachdem die Boxen vor allem auf schnelleres Ausschwingen getrimmt worden waren, wurde, nachdem mal wieder der Plattenspieler angeschaltet worden ist, jedoch auch entdeckt, dass ein sehr tiefer, aber relativ klarer Störton sich hervortat. Der Brumm war von der lateralen Tonabnehmerposition über dem Plattenteller abhängig. Am stärksten war dieser, wenn der Tonarm sich in der Ruheposition befand. Das fiel erst nach dem Plattenende auf, denn dort war er am schwächsten und ging im Rauschen unter. Es dauerte eine Weile bis die Ursache erkannt wurde, denn es war nun schon etwas länger her als das Netzteil für die Phonoentzerrervorverstärker mit in den GRANAT integriert wurde, genau unter die Tonarmruheposition. Am Plattenstart war der Störtonpegel schon deutlich niedriger. Aber einmal entdeckt, fiel er zunehmend auf den Nerven. Bis es gar nicht mehr ging. Wie kann man solche tiefen Störwechselfelder abschirmen? Der Magnetfeld-Sensoriker empfahl die Verwendung von weichmagnetischem Mumetall, NiFe15Cu5Mo3(Mn,Si), als einzige einfache Alternative. Und THEL bot auch solches an, aber nur als Blech.

Das konnte aber gebogen und gefalzt und gelötet werden. Die quaderförmige Halbschachtel wurde über das Netzteil gestülpt und befestigt. Und in der Tat, der Brumm war dann deutlich leiser.

Der Brumm war nun abgeschwächt, doch einmal sensibilisiert fiel jetzt das Plattenrauschen und Knacksen auf. Nicht nur auf Plattenbörsen wurden auch von Fachgeschäften das Plattenwaschen preiswert ermöglicht. Das Plattenwaschen war leider nicht ganz so perfekt. Einlauf- und Auslaufrille waren meist immer noch voll Störgeräuschen, die waren zum Glück nur relativ kurz. Nachdem alle Platten gesäubert worden sind, schälte sich mehr und mehr der Störbrumm wieder heraus, wenn die Platte lief und ein Titel bzw. Stück zu Ende ging.

Das MM-System hatte doch eine sehr hohe Induktivität von ca. 450mH. Die Störspannung sollte doch um so größer sein, je höher die Induktivität des Sensors ist. Der eingebaute Phonovorverstärker konnte doch auch mit MC-Systemen betrieben werden. Ein MC hatte zwar eine um Faktor 10 bis 5 kleinere Signalspannung aber mindestens um Faktor 10000 geringere Induktivität. Damit sollte der Eintrag des Netzbrumms viel geringer sein.

Tab.17: Datenvergleich des neuen Abtasters

| Herstellerprospekt | ELAC | GOLDRING |
|---------------------|--------------------------|--------------|
| Typ | ESG D 796 HSP Jubilee | EROICA LX |
| System | MM | MC |
| Nadel | v.d.Hul I | GYGER 2 |
| Verrundung (µm) | 4/80 | |
| Nadelträger | B | Al |
| Frequenzgang (Hz) | 10-30000 | 10-30000 |
| Auflagekraft (mN) | 12,5 | 17 |
| Induktivität (mH) | 450 | 0,012 |
| vert.Spurw. | 20° | 20° |
| Ausgangsspannung | 5,6mV | 0,5mV |
| 1kHz | 5,6cm/s | 5cm/s |
| Compliance | 30 | 18 |
| µm/mN | | |
| Abschlusswiderstand | 47kΩ | 100Ω |
| Abschlusskapazität | < 300pF | 100-500pF |
| Nadelmasse (mg) | 0,40 | 0,35 |

Das neue MC darf nicht schlechter sein als das ELAC. Ein sehr gutes und dabei preiswertes MC sollte das GOLDRING EROICA LX gewesen sein. Das LX hatte den gleichen Frequenzgang und war mit einem Fine Line Schliff GYGER 2 ausgestattet. Die Auflagekraft war allerdings etwas höher. Der besondere Vorteil von MC Systemen soll die höhere Beweglichkeit der Nadel infolge der geringeren Masse sein.

Abb.79: GOLDRING ERICA LX

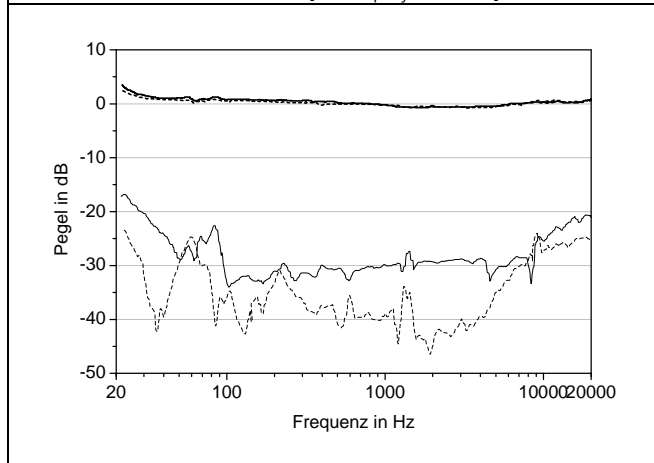


Diesmal wurde die Tonabnehmerjustage mit einer „dhfi 2“ selbst versucht. Die LB49 war schon verschlissen, die über Second-Hand erlangte „Die dhfi Schallplatte 2 Hörtest- und Meßplatte“ hatte auch einen rillenlosen Abschnitt zur Ermittlung der Antiskatinggröße. Die Abtastfähigkeit wurde zuvor mit der Auflagekraft von 1,7Pond auf ca. 70µm lateral eingestellt. Erstaunlich war, dass der Schnitt der Seitenschrift 300Hz für die Abtastfähigkeit praktisch bereits vom Hersteller anders ausgemessen wurde als er geplant war.

Geplant waren 60µm und geschnitten wurden aber 67µm, und das für eine Messplatte! Der Frequenzgang, gemessen mit der LB211, blieb von den Änderungen der Eingangskapazitäten und -widerständen ziemlich unbeeindruckt, was ein weiterer Vorteil eines MC-Systems sein sollte.

Die Montage und Justage gestaltete sich schwieriger als gedacht, da das EROICA keinen einfach abklappbaren Schutzbügel hatte, sondern nur eine kleine Kappe, die nicht richtig hielt und ständig verschwunden war.

Abb.80: GOLDRING EROICA LX [Stereoplay 1998/10]



Nach der Inbetriebnahme des neuen Tonabnehmers war der Brummtön tatsächlich völlig verschwunden, Voraussetzung für eine entspannte Wiedergabe auch mit relativ hohen Pegeln. Nach einigen dutzend Platten wurde die alte Feinauflösung vermisst. Sollte die spezielle Ausführung des Nadelschliffs die Rolle spielen? Es gab unter den Fine Line Schliffen eine Vielzahl von Unterarten, je nach Hersteller, die sich in einzelnen Mikrometern unterschied. Oder sollte die erheblich höhere Verstärkung bei MC die Verzerrungen wieder anheben, die Vorteile wieder aufwiegen? Und bei jenen bewussten Stellen der komplexen Arrangements bekam die sonore Rauigkeit wieder einen Anstrich von Diffusität. Wenn die v.d.HUL Nadel das beste ist, was es für die Auflösung gibt, dann sind das entweder die Platten selbst oder die Plattenwaschmaschine reicht nicht aus.

Die Indizien für die Schuld der letzteren bestärkte sich, denn nach dem Waschen dauerte es nicht mehr lange und Knistern, Knacksen, Kratzen und Schaben sowie Rauschen nahm immer zu. Aus den eigenen Forschungserfahrungen war bekannt, dass richtig reine Oberflächen eine Art Inkubationszeit haben bis sie über Keimbildung eine neue Verschmutzung zulassen. Abgesehen davon, gab es unter den Plattenwäsche-Anbietern keinen, der die Auslauf- und Einlaufrille wirklich sauber bekommen hat. Jedes Waschmittel war beträchtlich

wasserhaltig und enthielt viele Komponenten, deren Abdampfverhalten erneute, wenn auch andere Verunreinigungen erzeugt hat. Die letzte Spülphase konnte nur eine reinphasige sein. Erfahrungsgemäß ist Reinstethanol ohne die denaturierenden Zusätze für viele Oberflächen die beste Wahl, wenn es um eine Endreinigung geht und wenn das Ethanol nicht selbst die Oberfläche angreift. Viele denaturierenden Zusätze machen das aber, wie z.B. 1% MEK oder Isopropanol. Ein Test mit dem Vinyl zeigte, dass dieses nicht durch Ethanol angegriffen wird, wenn die Menge auf dünne Filme zeitlich beschränkt angewendet wird. Die Endreinigung dauert aber um so länger je länger die Zeit ist, die nach der Vielkomponentenwäsche vergangen ist und die Oberfläche wieder trocken war.

Häufig erhält man die Information, dass bei der Schallplattenherstellung zum Ablösen des Vinyls von den Pressmatrizen Trennmittel verwendet wurde. So erhielt man nach dem Öffnen der neuen, noch verschweißten Platten oft den Eindruck, dass irgend etwas Oberfläche war, nachdem sich die Platte gerade beim Herausziehen knisternd ent- und mit Staub neu beladen hat. Früher wurden auch jahrzehntelang in den Haushalten die Platten mit Staubtüchern gereinigt, die mit antistatischen Mitteln abgesprüht worden sind, was nur direkt vor der Verwendung half und das nicht zu oft, denn mit der Zeit bildete sich ein klebriger Film auf den Platten, der den Staub gut band. Dies betrifft vor allem die Platten des Second Hand.

Gemäß den eigenen Forschungserfahrungen muss die reine Lösemittelphase langsam über die Oberfläche ziehen, so dass sich der Film soweit abdünnte, dass sich keine Tropfen mehr als Rückstand bilden konnten. Denn diese Tropfen bildeten mit der Zeit zusammen mit der verunreinigten Raumluft ein Lösungsgleichgewicht aus, wo die Verunreinigungsbestandteile der Luft in den Tropfen gelangten. Der Tropfen verdunstete schließlich und hinterließ neue Schmutzkeime. Um die Filmabdünnung zu erreichen, muss natürlich das Lösemittel abgesaugt werden, nachdem es dazu gebracht wurde die Oberfläche vollständig zu netzen. So wie eine Substratvorbehandlung im Labor erfolgreich verwendet wurde, konnte auch hier neutrale partikelarme Augenwatte als mechanisches Netz- und Saugmittel dank ihrer Kapillarkraft eingesetzt werden.

Die Watte gibt es in Lagen rechteckförmig, so dass man einen Streifen von 5 bis 8mm Breite abschneiden konnte. Die Lage wurde längs halbiert und etwas lang gepupft, so dass sie dünner aber gleichmäßiger Streifen entstand. Eine Edelstahlpinzette wurde auf das eine Ende gelegt und zwischen drei Fingern wurde die Watte im Uhrzeigersinn entgegengesetzt aufgewickelt, so dass sich die Watte auf der bewegten Platte gleichsinnig gezogen wurde und nicht aufwickelte, sondern sich formstabil verhielt. Im weiteren wurde die Watte mit dem Ethanol nur ganz kurz berührt, so dass sie sich nur mit wenig Ethanol vollzog, damit keine sichtbare Flüssigkeitsfront später den Abtastdiamanten überflutet. Schließlich wurde die Platte in Drehung versetzt und mit der linken Hand die Watte auf den Plattenrand gesetzt und die Platte getrennt, mit der rechten Hand wurde bei sehr guter Lichtstärke die Nadel auf die äußerst mögliche Rille gesetzt und dann losgelassen. Die Einlaufrille ist am meisten verschmutzt, so dass der Vorgang vielleicht 2 bis 3mal wiederholt werden musste, dabei verringerte sich das Knisterausgehen bis zum Grundrauschen der Platte. War das erledigt, wurde die Nadel weiterlaufen gelassen und die Watte konnte in die rechte Hand genommen werden und einige Zentimeter vor der Nadel mittig stationiert werden (siehe Foto mit dem späteren Shure). Dabei wurde bei sichtbar nachlassender Filmsbreite immer wieder die Watte neu betankt. Die Watte wurde extra schmal zurecht geschnitten, damit, weil es doch manchmal vorkam, dass die Platte sich unter Einfluss von Ethanol zu wellen beginnt, sich nur minimal verwerfen konnte. Dieser Vorgang ist völlig reversibel. Sobald der Ethanol verdunstet ist, legt sich die Platte wieder. Allerdings kann bei starker Auslenkung die Nadel hüpfen, dann musste die Platte entsorgt werden. So wie die Einlaufrille stärker verschmutzt ist, so ist das auch mit der Auslaufrille, ein mehrmaliger Vorgang, der aber lohnt. Als Störgeräusche bleiben nur die richtigen Vinylschäden. Häufig tritt ein kurzer Knackser zwischen den einzelnen Titeln auf, das sind dann Diamanteindrücke von Leuten, die die Nadel auf einen Titelanfang fallengelassen haben.

Selbst die gewaschenen Platten bewirkten immer noch eine grau-gelbe Verfärbung der Watte.

Diese Reinigungsmaßnahme hat sich als praktisch erwiesen, wenn die frisch erworbenen Second-Hand Platten zur ersten Kontrolle

durchgehört wurden, denn einige Second Hand Läden erlaubten einen Rücktausch, wenn sie Stammkunden waren.

Eine derartige Reinigung ist mühevoll aber lohnt mit sehr sauberen Platten, die danach in eine neue Folieninnenhülle gesteckt, rillentief weiter sauber geblieben sind und wo später nur noch eine Carbonbürste die aufliegenden Teilchen und Fussel schnell entfernen konnte, den Rest machte die Nadel selbst. Denn die Wirkung mechanischer Abtaster ist eine selbstreinigende, im Gegensatz zu dem optischen Schallplatten-Laserabtaster. Dieser reagiert viel empfindlicher auf Staub mit Misstönen.

Abb.81: Reinigungsprozess, hier mit dem späteren SHURE



Später wurden die Platten erstmal mit dem Wattebausch vorgereinigt, bevor die Nadel aufgesetzt wurde. Einmal den Wattebausch über die laufende Platte geschoben, wobei im Schräglicht eine lückenfreie Bahn erzieltbar war, konnten die groben harten Partikel, die den Verschleiß des Diamanten beschleunigen, vorher abgesaugt werden.

Manche Platten wurden vom Klang her überraschend richtig gut, vielleicht auch durch die besseren Lautsprecher. Manche offenbarten, dass sie schlecht gepresst wurden. Ein ganz besonderer Vorteil dieser Prozedur ist, dass die statische Aufladung fast gänzlich verschwand, nur noch ganz wenige Platten luden sich nach der Entnahme oder Abspielvorgang unangenehm störend auf. Der häufige Vergleich zur Abhöre im Second Hand Laden zeigte dies immer wieder.

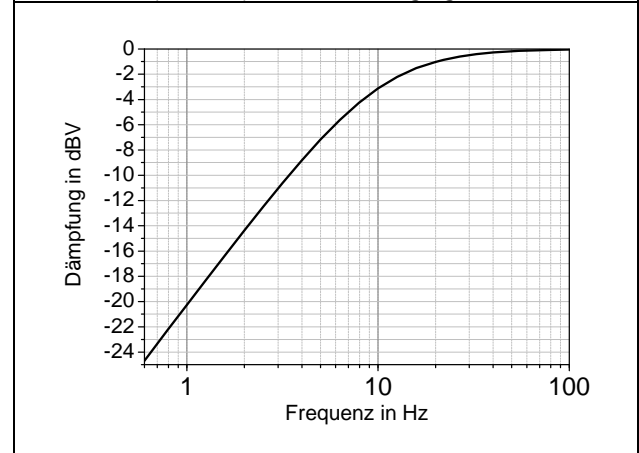
Bei normaler Lautstärke fiel auf, dass bei Digitalaufnahmen, die auf LP und CD parallel erschienen, die Frauenstimmen vergleichsweise auf der LP dunkler wirkten und Schlagzeuge zu spitz. Die Frequenzgangmessung bestätigte, dass im Präsenzbereich gegenüber dem Grundton und der Brillanz eine Senke von ca. 1,5dB vorhanden war. Im Diagramm von Stereoplay war das so gar nicht aufgefallen, da die dB-auflösung zu klein war. Frequenzgangmessungen von CD-Playern wurden mit viel engeren Grenzen dargestellt. Die Hochtönverzerrungen des Eroica waren mit 0,21% benannt worden. Die Übersprechdämpfung von 30dB konnte mit den vorhandenen Messplatten nicht ermittelt werden, bei 22dB wurde das Maximum erreicht.

Trotz aller Reinigungsmaßnahmen konnte Feinauflösung des ELAC nicht ganz erreicht werden. In Vollenweiders „Caverna Magica“ betritt ein Mann eine Caverne und scharrt mit den Füßen im Kies. Diese Geräusche wurden mit dem ELAC natürlicher produziert und trennte die Kiesel besser voneinander.

Jedoch gab es hin und wieder Probleme mit der Rumpelstörung und dem Subsonic. Da der Hub des Tieftöners mit sinkenden Frequenzen unter 40Hz sehr stark zunahm und der Hub aber nur bis $\pm 3\text{mm}$ linear war, musste ein Subsonic Filter her. Der Entzerrervorverstärker war

aus klanglichen Gründen von THEL in DC-Koppeltechnik ausgelegt, der DC-Offset konnte ausgeregelt werden. Eine Abschätzung mit einem Koppelkondensator anzufangen, dessen Größe auf den Eingangswiderstand des Verstärkers MARANTZ PM80 angepasst war, nährte die Hoffnung, dass solch ein Element bereits helfen konnte, die zu großen Hübe zu vermeiden. Ein serieller Kondensator gegen einen parallelen Widerstand ist ein Hochpass mit 6dB/Oktave. Die Umdrehung der Platte ist 33/3 je Minute, das macht 0,6Hz bei einem Schlag. Von 0,6Hz bis 20Hz sind es mehr als 4 Oktaven. Mit 0,47 μF an 33kOhm konnte mit dem Opfer von -1dB bei 20Hz eine Dämpfung von -24dB erhalten werden.

Abb.82: Hochpass 0,47 μF an 33kOhm Eingang



Natürlich stand die Frage, welcher Kondensator reicht aus? Reicht ein 160V VDC von WIMA? Es sind ja nur Kleinspannungen. Weiter standen noch 250V und 400V Kondensatoren zur Verfügung. Es zeigte sich, dass auch hier der mit höchsten Durchbruchspannungsfestigkeit das präziseste Signal rüberbrachte, Schade, ein kleinerer Kondensator wäre praktischer gewesen.

Ein weiteres Problem war die Trittschallempfindlichkeit. Ein Plumps auf das Sofa bewirkte auch eine Subsonicanregung, da der Boden nur aus Fermacell-Platten auf einer Fermacell-Aufschüttung auf Beton bestand. Der Plattenspieler wurde auf eine Wandhalterung über den HiFi-Regalturm gesetzt. Fortan war dieses Problem gelöst und außerdem hatte diese Maßnahme ein weitere kleine Subsonicverbesserung bei Platten mit Schlag gebracht.

1.16. Behandlung der CD

Angeregt durch die Reinigungserfolge Der LP wurden auch umfassende Experimente zur Reinigung der CD unternommen, aber ohne Erfolg bis in den HiFi-Zeitschriften Tipps auftauchen, das die Ränder der CD farbig angemalt werden sollten, damit der Klang analoger wird. Damit wurde vor allem die Höhenlastigkeit bezeichnet, die CD bei höheren Lautstärken so unangenehm macht. Zunächst sollte ein grüner Folienstift optimal sein. Dann später kam der Tipp mit dem satt schwarzen EDDING auf. Später wurde die Anwendung des EDDING auf alle nicht beschriebenen Bereiche ausgedehnt. Praktisch war die Bemalung der Ränder leicht zu bewerkstelligen, doch Flächen zu bemalen war nur innerhalb des mittigen Loches bis zur ringförmigen Erhebung in Richtung Rand vor der inneren Beschriftung fehlerfrei und qualitativ gut bedeckbar.

Und in der Tat, Klarheit, Signalpräzision und Dynamik nahme proportional zur schwarzen Fläche zu. Bei Grün war der Effekt geringer. Ergänzend dazu verringerte sich die unangenehme Höhenlastigkeit, die die Dynamik einschränkte. Ursache sollte sein, dass die Auslesefehler durch das verringerte reflektierte Laserlicht geringer wurden und die Ja/Nein Übergänge steiler wurden.

Fortan wurden alle CD's bemalt. Kinder und Jugendliche mit gutem Gehör konnten diesen Unterschied selbst über Henkelware ausmachen. Die CD eine optische Fehlkonstruktion?

Wer schon einmal einen Laser bei der Arbeit beobachten konnte, wird verblüfft sein, mit welcher Geschwindigkeit sich die Lasereinheit hoch und runter, hin und her über die CD zittert, immer der Bewegung der CD-Oberfläche und der Spur folgend. Dass dabei Fehler entstehen können, wäre nicht verwunderlich. Nur werden eben diese Fehler nicht direkt hörbar sonder glatt-interpoliert, was aber das

Gehör irgendwie doch dedektiert und als unnatürlich fremd und vielleicht „gefährlich“ einstuft?

1.17. Resümee bisheriger Modifizierungen

Außer dem Austausch der Luftspulen gegen andere Luftspulentypen trug jedes passive Filterbauelement wie Widerstand oder Kondensator einschliesslich Leitungen (Kabel und Lot) dazu bei, den Klang dem Original ähnlicher zu machen oder den Klang stärker zu verfremden, wenn die Quelle UKW oder CD war. Für die Plattenspielerwiedergabe, abgesehen vom Brumm und Rauschen, war nur das Tonabnehmersystem für die Klangänderung in Richtung Original von wesentlicher Bedeutung, und da speziell das Nadelsystem. Warum gerade beim Plattenspieler die Bauelementtypischen Klangänderungen hörbar waren, konnte voerst nicht geklärt werden. Natürlich beeinflussen Brumm und Rauschen die Wiedergabeklarheit, ändern aber nichts bezogen auf die Räumlichkeit, Auflösung und Dynamik.

Alle Aufnahmegeräte, auch DAT verfälschen das Original zusätzlich. Aber warum gerade auch das DAT die Plattenwiedergabe verfälscht, wo doch diese durch kein Bauelement beeinflusst werden kann, ist dagegen vorerst noch ein Rätsel.

Die umfassendsten Klangänderungen können am Lautsprechersystem vorgenommen werden, es ist sozusagen noch sehr entwicklungssträftig. Einfache, aber detaillierte Untersuchungen und Experimente sowie die Anwendung theoretischer Grundlagen konnten an dem elektromechanischen Schwingensystem Chassis mit Gehäuse nicht nur der BR25 deutliche Verbesserungen erzielt werden, die auch von Fachleuten anerkannt worden sind.

Immer wieder wurde offenbar wie Serienstreuungen real aussehen können. Die Korrektur dieser Einstellungen sind die erste Stufe, um überhaupt die vom Hersteller versprochene Basisqualität zu erhalten. Geräte und Lautsprecher werden irgendwann verkauft, zum Stand der Technik von eben dieser Zeit. Doch die Entwicklung geht weiter. Und es ist möglich mit relativ geringen Aufwand den Stand der Technik beizubehalten. Und nicht nur das, bisweilen werden die modernsten Bauelemente nur in den teureren Geräten und Lautsprechern investiert, wenn überhaupt. Bestimmte Stellen sind auch davor immun, obgleich der Wissenstand der Elektrotechnik darüber erhaben sein sollte.

Doch alle bisherigen Modifizierungen befriedigten nicht annähernd im Vergleich zum Original auf der Bühne, im Gegenteil, sie machten klar wie weit entfernt das Original noch von der Wiedergabe ist. Noch haben CD und Platte jeder für sich Vorzüge, die das jeweils andere System nicht völlig verbannen können.

Die schnelle Erfolg der Umgestaltung der Frequenzweiche wirft die Frage auf, was noch möglich ist, angesichts weiterer bekannter Filtertypen. Die Frage wird noch interessanter, wenn weitere „neuartige Schaltungsfinessen“ wie der zum Tieftöner parallele Widerstand und der „falsche“ Spannungsteiler gefunden wird.

Angesichts der Entwicklung der passiven Bauelemente, einschließlich Kabel und Gehäuse, sowie der Frage warum das eine besser ist als das andere, obwohl die elektrotechnische Maßgröße immer die gleiche ist, wird eine werkstoffwissenschaftliche Betrachtung und die Bewertung der Effekte mit messtechnischen Methoden erforderlich werden.

In den vorangegangenen Versuchen sind die Quellen verbessert worden und es ist eine lehrbuchgemäße passive Weiche mit modernsten passiven Bauelementen aufgebaut worden, außerdem wurde das Gehäuse „bis zum geht nicht mehr“ gedämmt und bedämpft. Alles, was über das normale „High End“ hinausgeht. Trotzdem ist man noch sehr, sehr weit vom Original entfernt. Nicht vom richtigen Original, sondern man stelle sich ein Tor in der guten Wohnstube vor, in der Größenordnung 2,5m hoch und 3,5m breit, hinter dem die Aufnahme stattfindet und man sitzt gemütlich einige Meter vom Tor entfernt.

Es gibt die unterschiedlichsten Lautsprecher und verschiedensten Quellen- wie Verstärkungssysteme, alle haben gute Lösungen wie auch unbedeutende und schlechte Maßnahmen. Bisher sind auch die besten Systeme noch weit vom Original entfernt, wie das PAL-TV von der visuellen Realität. Gibt es überhaupt die Möglichkeit, wenn man alle guten Partiallösungen zusammensteckt, das Original zu erreichen? Doch dazu müssten diese Lösungen bekannt sein. Es wird eine umfangreiche Recherche notwendig sein und man muss den vielleicht auch z.T. berechtigten „Voodoo“ experimentell prüfen und systematische Versuchsreihen aufstellen, die messtechnisch untermauert werden müssen, auch wenn dazu neue Methoden entwickelt werden müssen.

[1] Karl-Heinz Finke, Fono- und Tonbandgeräte, RFT-Service, VEB Verlag Technik Berlin, 8 bearbeitete Auflage 1987, S.84 (ISBN 3-341-00309-6)

[2] Ullrich Blaese, Magnetische schallspeichertechnik, electronica Band 219/220, Militärverlag der DDR, Berlin 1984 1.Auflage

[3] Georg Engel, Musikelektronik, Amateurbibliothek, Militärverlag der DDR, 1.aufgabe Berlin 1982

[4] Nährmann, Werkbuch der Elektronik, Franzis' 1992

[5] Bernd Timmermanns, Klang & Ton 1996/3 S15

[6] IE³ Trans.Magn. 25, 6, 1989, 4490