

Kapitel 12

Ein Resümee bisheriger Arbeiten

Schlussfolgerungen, Thesen und Konsequenzen

Wieso gibt es wieder mehr Neuerscheinungen und Neupressungen von LP's ?

12 Ergebnisse

Die Impulspräzision ist so „gut“ geworden, dass das selten auftretende Knistern und ab und zu vorkommende Knackser der LP's überhaupt nicht mehr unangenehm wirkten. Sie hören sich wie Knacks- und Funkenstöbergeräusche aus einem Holzfeuerkamin an. Diese Störsignale kommen nach vorn zum Lautsprecher hinaus, Geräusche der Aufnahme staffeln sich in die Tiefe. Nach langen Jahren der Klassikabstinenz an der heimischen Musikanlage kann nun endlich auch dieses Musikchanger entspannt genossen werden. CD's kommen über den externen DA-Wandler ohne Harschheit, nur die Brillanzkontur fehlt. Eine gewisse Kontur wird zum Beispiel bei den „mutierten Höhen“ der DDD-Aufnahme von Sting „nothing like the sun“ auf LP durch die analoge Abstimmung aufgeprägt. Das erhöht die Natürlichkeit reanmiert aber nicht die originale Signalstruktur. Die Jagd nach gut gepressten LP bis in die 80er hinein war nicht umsonst. Im Gegenteil. Dieses Kulturgut wird mit jedem Reissue auf CD höchstens nur verschlimmbessert, so wie bei der letzten Beatles Remastering.

12.1. Die Situation am Anfang

In den ersten Jahren wurden die allgemein bekannten Tuningmaßnahmen getroffen, trotzdem gab es keine natürlichen Einschwingverhalten der akustischen Instrumente und natürlich vorkommenden Geräusche. Selbst eine Digitalbox enttäuschte. Worin unterschied sich die Revox Digitalbox von den anderen Passivboxen? In ihrem Konzept Vorverstärker mit Rechensystem und Aktivbox. Es waren eine große Anzahl von Bauelementen, die alle Werte einstellten, die für ein physikalisch-mathematisch korrekte Abstrahlung sorgen sollten. Alle Bauelemente waren dem Magnetfeldern besonders den der Chassis ausgesetzt. Der Wiedergabe der Musikinstrumente war diffus, die Feindynamik war eingeschränkt und die Durchhörbarkeit war kaum gegeben, während Passivboxen daneben diese Merkmale nicht hatten. Es war schon lange im Gespräch, dass es Bauelemente gab, die die Wiedergabe mal mehr und mal weniger verzerrten. In Elektor, in Lautsprecherelbstbau-Magazinen und speziellen Artikeln von Profi-Zeitschriften wurden verschiedene Bauelemente wie Spulen, Kondensatoren und Widerstände genommen und mit elektrischen Messmethoden und akustischen Schwingungsanalysen bewertet. Als Rezept kam aber nur heraus, dass mal jene und mal diese Bauelemente verwendet worden sind, je nachdem wie im konkreten Fall die Klangentwicklung bei der praktischen Boxenkonstruktion erfolgte.

12.2. Die Fragestellung und die Antworten

Ziel der Arbeiten war es, diejenigen Bauelemente zu finden und so einzubauen, dass die Wiedergabekette ein möglichst originale Darstellung der bekannten akustischen Musikinstrumente und natürlichen Geräusche, wie z.B. Beifall, ausgibt.

Eine Dämpfung (i) der primären Grundtonimpulse beim Einschwingen erfolgte durch Koppelkondensatoren mit hoher Dielektrischer Absorption, vor allem jedweder Art von Elektrolytkondensator. Grundtonimpulse haben die höchste Energie (Pegel). Eine weitere Dämpfung (ii) der Grundtonimpulse aber diesmal mit Umformung in ungerade harmonische Verzerrungen erfolgt durch jedweder Art von ferromagnetische Materialien im Signalweg. Damit ändert sich auch noch die Klangbalance. Nichtsdestoweniger werden auch die elektrischen Phasen der harmonischen Verzerrungen positiv verschoben, so dass solcherart Verzerrungen vor der Verstärkung auch noch eine zeitliche Vorverschiebung relativ zum Grundtonimpuls bewirken. Weitere Dämpfungen (iii) erfolgen durch die Wandlung der elektromotorischer Schwingungen in mechanische, die sowohl wieder phasenverschoben rückkoppeln als auch in Wärme umgesetzt werden können, wie bei benachbarten Leitern, die zueinander nicht räumlich fixiert sind: Litzenkabel, Drahtspulen. Eine oft übersehene Dämpfung (iv) erfolgt durch die Wirbelstromausbildungen, die ebenfalls rückkoppeln können, wie durch Montagen von Spulen an metallischen Flächen oder vom

Widerständen auf metallischen Kühlplatten, selbst bis zu einer Entfernung von einigen Zentimetern.

12.3. Schlussfolgerungen und Kernaussagen

Objektive Vergleiche können nur mit zuverlässigen und reproduzierbaren Messungen gemacht werden. Das reicht aber nicht, da Messdifferenzen nicht unbedingt hörbar sein mussten und für hörbare Differenzen die Messgeräte manchmal nicht die notwendige Empfindlichkeit hatten oder die Messmethode einfach nicht der Hörsinnverarbeitung entsprachen. Bei einer unverzerrten Anhörung stehen maximal 90dB gegen bis minimal 0dB am Hörplatz. Das ergibt einen Spannungsabstand, ausgehend von z.B. 1V zu 31µV. Letzteres wird z.B. bereits von Thermospannungen zwischen 2 verschiedenen Materialien leicht überboten. Eine quasi-verzerrungsfreie Anhörung über die 90dB SPL am Hörplatz hinaus kann um so mehr überschritten werden, je kürzer diese Pegelüberschreitung ist.

1. In dem sehr ruhigen Wohnzimmer maß das Mikrofon mit C-Bewertung keinen Pegel unter 30dB. In der C-Bewertung wird die empfundene Lautheit für den 80 bis 90dB Bereich gewichtet, Das ergab einen praktisch nutzbaren ermüdungsfreien und verzerrungsfreien, potentiellen Hörabstand von 65dB. Das entsprach den Erfahrungen aus der Tonbandwiedergabetechnik. Unter -63dB Rauschabstand war das kleinste Rauschen am Hörplatz nicht mehr wahrnehmbar. Das Gehör musste sich adaptiert haben. In der A-Bewertung für leise 20 bis 40dB Lautstärken wurden minimal 9dB erhalten. Die Linearbewertung zeigte minimal 40dB.

Die durchführbaren Messmethoden und die Messungen in den Publikationen zur Erfassung von Verzerrungen arbeiten meist statisch. Der Hörsinn bewertet vorzugsweise nach dem zeitlichen Ablauf. Es wurde gesagt, dass die erste Wellenfront entscheidet. Also musste der Hörsinn mitmessen. Normalerweise werden nur rein subjektive Artikulierungen getroffen, was zusammengefasst werden kann unter: klingt anders oder spricht das Gefühl an. Häufig wird akzeptiert, manchmal sogar gewünscht, dass das Wiedergabesysteme einen eigenen Charakter haben, also selbst als Musikinstrument mitspielen. Ein Grund mag sein, dass sich bereits eine Hoffnungslosigkeit geformt hat, niemals das Original hören zu können. Die notwendige Beteiligung des Hörsinns wurde spätestens in [2,3] nochmals nachgewiesen. Eine mehr hörtechnische Erfassung ist eine graduierte Bezeichnung: räumliche Tiefenstaffelung von Tonquellen oder Kontur und Klarheit. Aber es muss noch präziser werden, wie mit der Beschreibung eines Impulses, des Einschwingens bzw. Ausschwingens, die natürliche zeitliche Abfolge der Tonhöhen und Intensitäten sowie das Verhältnis Grundton zu Obertönen. Dazu ist der Vergleich zum Original notwendig.

2. Der hörtechnische Vergleich zeitlicher Abfolgen von natürlichen Impulsen war die wichtigste Methode bei den Tests der Bauelemente, Filterverschaltungen und Gehäusekonstruktionen, um den Weg zu finden, der näher zum Original führt.

Die meisten Bauelemente und deren Verschaltungen sind passiver Natur. Bei passiven Elementen und deren Verschaltungen sowie durch gegenseitige Wechselwirkung kann zeitlich variierender Energieverlust sowie Energiewandlung auftreten, wie Wärmeenergie-freisetzung oder eine Verzögerung durch reversible oder zyklische elektromagnetische sowie elektromagnetisch-mechanische Wandlungen eintreten. Es gab in den Magazinen, Zeitschriften und Workshops genügend nachweisbare Beispiele für die Hörbarkeit von Unterschieden, die messtechnisch nur mit sehr hohem Aufwand nachweisbar sind.

3. Die Forderung und Durchsetzung möglichst idealer Baueigenschaften ist die 2. Methode, den Amplituden- und -phasenablauf original zu erhalten: reinphasige Elemente, homogene (nicht abrupte) Phasenübergänge, konsequente Vermeidung aller dem zu übertragenden Parameter fremden Eigenschaften für elektrische leitende Bauelemente.

a Der Erfolg dieses Prinzips ist die Eigenentwicklung des Leistungswiderstandes. Einige Details können noch ausoptimiert werden. Dieser Widerstand führt nur seine Aufgabe aus als rein elektrisch ohmscher Widerstand zu fungieren und sonst nichts weiter.

b Ein rein induktives Bauelement ist nicht machbar, weil kein supraleitendes Material bei Raumtemperatur existiert. Als beste Lösung konnte nur eine möglichst elektrisch niederohmige Bandspule gefunden werden, die einen nichtmagnetisierbaren mechanisch schwingungsdämpfenden Kern enthält. Die nächste Optimierung

muss lauten: Gleich nach dem Bandziehen oder -walzen sollte ein Lack aufgezogen werden (wie beim Lackdraht), der die zur Zeit noch 2 beweglichen Grenzflächen zwischen den benachbarten Bändern, die durch ein Kunststoffstreifen getrennt sind, auf 1 herabsetzt und die Haftung dazwischen durch nicht ganz ausgehärteten Lack maximiert. Optimal wäre z.B. ein Polyimid, das die Oberfläche des Cu am besten schützt und das in mehreren Stufen ausgehärtet werden kann.

c Die Voraussetzungen für ein rein kapazitives Bauelement ist mit der Ag99Au1-Beschichtung bereits gemacht worden, da die Homogenität des Filmes durch den Keimbildner Au am besten gewährleistet ist. Der 2.Vorzug dieser Legierung ist ihre edle Eigenschaft, die Bildung oberflächlicher Oxide als störendes Dielektrikum zu vermeiden. Eine niederohmige Verbindung der einfachen Wickel zur Vermeidung der Phasenübergangsstörung und Schaffung einer homogenen Phasenschlüssigkeit und damit Bewegungsfreiheit ist realisierbar. Nur sollte die Transmitterfolie für weniger Leistungen dafür höchster Präzision genügender Wiedergabe weggelassen werden. Ob der 3.Vorzug genannter Legierung gegenüber z.B. von Al bei der Konditionierung der niederohmigen Verbindung vorteilhaft, muss sich zeigen.

In elektromagnetisch-akustischen Systemen gibt es eine Vielzahl von Schwingkreisen, in deren Resonanzbereichen das Phasenverhalten zeitlich und im Winkel Unstetigkeiten zeigt und die miteinander rückkoppeln können. Energien, die in Frequenz-Nachbarschaft von Resonanzen auftreten, können von dieser Resonanz trotzdem aufgespeichert werden.

4. Gezielte Bedämpfung von Schwingkreisen

Nicht das absolute Minimum an Bauelementen ist wichtig, um möglichst ungestörte Signale zu erhalten, sondern die gezielte Beämpfung der Schwingkreise mit zusätzlichen aber reinen Widerständen oder bedämpften Saug- bzw. Sperrkreisen verbessert die Stetigkeit (in Betrag, Phase und Zeit) der Signalübertragung. Beispiele dafür waren der Parallelwiderstand zum Tieftöner, die Polyesterwatte am Bassreflexrohr, die Saugkreise bei Nebenresonanzen, der Sperrkreis gegen das Flatterecho, die Ankopplung des Chassis mit Bitumenfolie an das Sperrholzgehäuse. Und nicht zuletzt gehört selbstverständlich noch die Impedanzlinearisierung der Boxen dazu.

Der Aufwand zu letzterem ist relativ gering. Neuere Verstärker versuchen zwar unter großem Aufwand die schwierige Optimierung mit möglichst wenig Gegenkopplung auszukommen, damit einerseits das elektromechanische System Box sich nicht klangverschlechternd auf den Verstärker auswirkt und andererseits nicht zu viel Klirr entsteht. Der Marantz hat eine relativ straffe Gegenkopplung und dafür sehr wenige Verzerrungen und eine gute Impuls wiedergabe. Es ist, wie gesagt, ein leichtes, den Impedanzgang der Boxen auszulinearieren.

Hörempfindlichkeit und Hörverarbeitung sind zum Teil genetisch bedingt und zum Teil erlernte Fähigkeiten, die auch von der Tageszeit und vom persönlichen Tagesablauf abhängen. Sie äußert sich in der willkürlichen und unwillkürlichen Wahrnehmung, die gleiche Messwerte anders wichtet. Bereits bei den Arbeiten von Linkwitz und Riley wurde häufig beobachtet, dass der weibliche Hörer (nicht Zuhörer) eine noch empfindlichere Wahrnehmung in einigen Bereichen hat, was sich durchaus auch in den Publikumszusammensetzung bei Hörsitzungen manifestieren kann. Ein weitere Größe ist die unwillkürliche Wahrnehmungsanpassung. Diese Umstände erfordern die

5. Berücksichtigung psychoakustischer und subjektiver Gegebenheiten

Eine Heimanlage dient der musikalischen Unterhaltung, sprachlicher Information und nicht zuletzt für kulturelle Erlebnisse. Für das kulturelle Erlebnis muss die Wiedergabe gemäß Zielstellung perfekt sein. Akustisch ist das aber an einen relativ kleinen Ortsbereich gebunden. Auf Grund der damit verbundenen ortsabhängigen Höhendämpfung ist eine allgemeingültige möglichst einfach zu schaltende Korrektur der Wiedergabe zur subjektiven Verträglichkeit erforderlich, wenn musikalische Unterhaltung, wo auch immer gessen wird, gewünscht wird. Vermisst wird häufig die einfache Korrektur auf rein sprachliche Information.

Der Beisatz am Anfang dieses Kapitels ist ein gewisser globaler Ausdruck gesellschaftlicher psychoakustischer Effekte. Dieser Beisatz muss noch ergänzt werden: Es wurden 2010 mehr Geld für Konzerte ausgegeben als für CD's.

Die eigene Auseinandersetzung mit dem alten Medium LP, dem etablierten Medium CD und den neuen aber schon fast vergessenen Medien DVD-Audio und SACD konnte nicht nur mittels „einfacher“ Messungen die Gründe für das schlechte Kaufverhalten aufdecken.

Der eine Grund, warum DVD-Audio keine Rolle mehr spielt, war die ungenügende Fachkenntnis auf großen aber auch auf kleinen Fachmärkten. Von Anfang an wurden diese Medien dort als exotisch behandelt. Es wurden alle Formate, datenreduziert und hochauflösend gleichbehandelt, so dass den unbedarften Neugierigen und Hörwilligen eine allgemeine Verbesserung der Qualität nicht aufgefallen ist. Die zweite Gruppe, die Wissenden und Musikhörer lehnten die DVD-Audio als zu umständlich ab, da es meist praktisch unmöglich war, nur Musik zu hören ohne den Fernseher anzuschalten, um dort rumzunavigieren. Der dritte Grund war, wenn schon Bild und Musik gleichzeitig auftraten, dass vor allem das bewegte Bild und die häufige fehlende Korrelation Schallquelle und Bildfokus, die erhöhte Qualität der Musikwiedergabe keine Bedeutung mehr hatte. Und wer sich durch alle schlechten Umstände durchgekämpft hatte und schließlich hochaufgelöste Musik genießen wollte, wurde aus zweierlei Gründen enttäuscht, formal und klanglich. Formal, weil bereits 48kHz und 16Bit als hochauflösend bezeichnet wurde und klanglich, weil die Hörqualität nicht besser war als die der CD. Letzteres kann vielleicht sogar der Ausschlaggebende Fakt gewesen sein. Es konnte messtechnisch nachgewiesen werden, dass alle Hochsampling-Aufnahmen von 48kHz bis 192kHz praktisch nicht dem publizierten Samplingtheorem entsprachen, weil (fast) immer CD-typisch ab 22kHz steil abgefiltert wurde.

6.1 Die DVD-Audio erreichte hörtechnisch maximal nur die Qualität der CD.

Die gemessene Amplitudenabhängigkeit von der Frequenz bei DVD-Audio's, deren Aufnahmen mit hoher Samplingfrequenz wie z.B. 96kHz erfolgt sein sollten, zeigt mitunter Kurven, deren Extrapolation die ausgewiesenen hohen Samplingfrequenzen zu bestätigen scheinen. Nur wurden die Amplituden der höheren Frequenzen nur alle ausgefiltert und auf den CD-Bereich gestutzt. Daher der Ausdruck: maximal die Qualität der CD, weil die steile Ausfilterung höherer Frequenzen den Eindruck der Pegel niedrigerer Frequenzen psychoakustisch verstärkt und die Klangbalance in den hellen Bereich abkippt. Ob eine höhere Bitcodierung erfolgte, konnte nicht herausgefunden werden. Eine höhere Bitcodierung bei gleicher effektiven Samplingrate sollte keine praktische Rolle spielen, weil das Gehör logarithmisch fungiert, die Bitcodierung aber linear. Damit wird die bereits unhörbare Pegelauflösung bei mittleren bis lauten Stellen der CD nur noch unwirksam weiter erhöht.

Die SACD hat im Gegensatz zur hochauflösenden DVD-Audio bis heute (2010) überlebt, aber fast nur im Klassik-Musik Bereich.

6.2 Die SACD mit Pop/Mainstream-Jazz erreichte hörtechnisch maximal nur die Qualität der CD.

Auch diese SACD's zeigten die gleichen gemessenen Kurven der Amplitudenabhängigkeit von der Frequenz wie die CD's. Schlechter noch, oberhalb der 22kHz erhöhte sich der Rauschpegel bis 100kHz praktisch bis -50dB. Während bei den allermeisten CD's eine externe DA-Wandlung möglich ist, gibt es bei SACD keine Ausgabe. Mit Hilfe der externen DA-Wandlung kann meist eine natürlichere Klangqualität erreicht werden als es mit SACD vom Player möglich ist.

6.3 Die SACD mit Klassik-Musik konnte häufig eine höhere Klangtreue zur Realität als die CD vorweisen erreicht aber immer noch nicht die Natürlichkeit und das Angenehme der LP's.

Die gemessenen Kurven der Amplitudenabhängigkeit von der Frequenz zeigen einen stetigen Abfall der Amplitude mit der Frequenz bis maximal 45kHz und gleicht damit dem Verhalten der Wiedergabe von LP's bis Anfang der 80er Jahre.

Da hier das absolut gleiche Format wie im Pop/Mainstream-Jazz angewendet wird, liegt der Schluss nahe, dass der wichtigste Qualitätssprung durch die Wiedergabe von Amplituden höherer Frequenzen als 22kHz kommt.

6.4 Die tadellosen Pressungen der LP's der späten 70er haben bis heute eine unübertroffene natürliche Brillanzkontur und quasi originalgetreue Mittenwiedergabe von akustischen Instrumenten, trotz höherer harmonischer Verzerrungen. Mit der Anhebung des Tonarmes um ca. 3° wurden die Verzerrungen unter die Eigenverzerrungen der Lautsprecherchassis gedrückt. Bei Wiedergabe einer ETERNA LP mit Hornbläsern kam von [7] der Ausruf: „ ... es klingt eigentlich viel zu gut“.

Die frequenzabhängigen Amplituden nehmen von den Grundtönen bis zu den höchsten nachweisbaren Frequenzen meist ziemlich

kontinuierlich ab. Der Signal-Rausch-Abstand wurde bis in die späten 70er immer größer und der Wiedergabefrequenzgang dehnte sich bis zu 50kHz aus. Durch die zunehmende digitale Aufnahmetechnik, insbesondere für die DMM-LP's, wurden die Amplituden oberhalb 20kHz immer mehr bedämpft. Parallel dazu verringerte sich die natürliche Brillanzkontur und die Mitten wurden unnatürlicher. Trotzdem wirkte die Wiedergabe der analogen LP für Langzeithören angenehmer und natürlicher als die gleichen Aufnahmen von CD.

Die Erwähnung der neuen K2HD CD-Wiedergabetechnologie aus Japan, vorgestellt im Jahre 2007 in [1], mal ungeachtet der diskutierten Remasteringeffekte, indiziert nochmal eine Bestätigung, dass die Hörbarkeit von akustischen Frequenzen auch weit oberhalb der 20000Hz-Grenze, zumindest für den Gesamteindruck, einen wichtigen Anteil bildet. Zum Beispiel wenn (s.Kapitel 10.3.4) das Rauschen lauter und auch heller wirkt, wenn von einem breitbandigen Rauschen das obere Frequenzband durch einen steilen Filter ausgeblendet wird. Genau dieser Zusammenhang kommt in der Beschreibung der Funktionsweise der K2HD zum Ausdruck. Signale oberhalb von 20kHz werden dabei über ein definiertes Rechnerverfahren unterhalb 20kHz wieder eingetragen, so dass eine natürliche Überlagerung der Ultraschallfrequenzen in die Gehörnerven, durch Interferenz, Intermodulation oder einem anderen Mechanismus, simuliert und suggeriert wird, was zur teilweisen Bedämpfung bzw. Auslöschung von Brillanzsignalen unter 20kHz führt und eine Brillanzkontur entstehen lässt. Genau das wird empfunden, wenn breitbandige LP-Wiedergabe mit einer CD-Wiedergabe verglichen wird. Als Ausgangsmaterial wurden für K2HD (wiedermal) nur analoge Aufnahmen verwendet. Auch Pioneer bemühte sich vor vielen Jahren Obertonspektren über 20kHz am CD-Player zu erzeugen, doch ohne großen Erfolg. Warum?

Die harmonischen Verzerrungen der LP liegen im Prozentbereich und nehmen mit der Frequenz oberhalb 1kHz zu. Da die Amplitude des Aufnahmesignals abfällt, auch wegen den Schneidebedingungen, sinken schließlich auch der Gesamtpegel und die Verzerrungen. Dadurch werden noch beträchtliche Amplituden jenseits von 16kHz neugebildet. Analoge Aufnahmen wurden mit Tonbandgeräten mit Bandgeschwindigkeiten von mindestens 38cm/s gemacht, deren Kammfilterfunktion durch den Wiedergabespalt oberhalb der Grenzfrequenz (meist mit 22kHz angegeben) einsetzte, so dass viele aufgenommene Signalamplituden außerdem natürlicher Herkunft waren. Wenn der Wiedergabespalt bei 6,5µm lag, konnte bei 38cm/s eine obere Grenzfrequenz von ca. 30kHz im optimalen Zustand erhalten werden. Das wird z.B. auch sichtbar, wenn Aufnahmen gleichen Inhalts mit DMM und Normal-LP verglichen werden.

Ergänzt wurden die Messungen der LP durch Phasenmessungen und durch Simulation der harmonischen Verzerrungen bis diese mit der Wiedergabe der Amplituden-Zeit-Funktion prinzipiell übereinstimmte. Die künstlich erzeugten Obertöne durch die analoge mechanische Abstimmung haben alle eine negative Phasenverschiebung. Das entspricht der Natur, die Obertöne folgen verspätet dem Grundton.

6.5 Die Oberwellen bei der LP-Abtastung haben eine Phasenverschiebung von ca. -90°.

Es wurde gezeigt, dass die Auswirkung der wichtigsten Oberwelle k_3 aus der Tonbandwiedergabe ihr Maximum bei 10kHz hatte und damit ihr Einfluss auf die Brillanzkontur gering war, obwohl ihre Phasenverschiebung bei 90° lag. Tonband und Platte bildeten vom Amplitudenverhalten der Oberwellen her in der Summe ein harmonisch abfallendes Spektrum. Sobald die Verzerrungen des Tonbandes unter ein bestimmtes Level kamen, wurde die Anhörung angenehm.

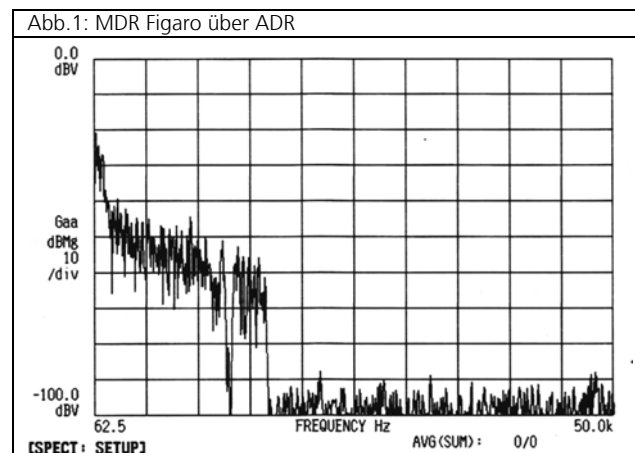
Die DVD-Audio enttäuschte praktisch in allen Punkten. Die SACD mit klassischer Musik erreichte trotz Vorteile gegenüber der CD nicht die Natürlichkeit der LP, worauf die Verkaufszahlen der LP danach wieder anstiegen.

6. Das globale Verkaufsverhalten der alten und neuen Medien ist nun erklärbar. Doch die LP-Wiedergabe hat neben des schlechten Übersprechens ihre typischen Störsignale und die Qualität der Pressungen wird nicht besser (wegen alter nicht reproduzierter Hardware und langsam verloren gehendes Know How), so werden eben mehr Konzerte besucht. Letzteres wird teilweise auch dadurch bedingt, dass das Angebot an Klassik in CD und SACD in den Läden zurückgegangen ist, vielleicht auch aus Platzgründen für andere Medien. Als Alternative bleibt dann nur der Internethandel.

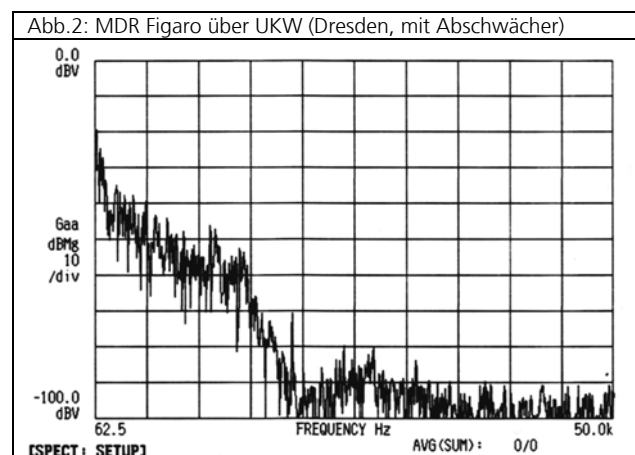
So ergibt sich die Schlussfolgerung:

7. Wenn zum Original zugehörige Oberwellen weit über 16kHz hinausreichen, führt das zu einem angenehmeren und ermüdungsfreieren Klang.

Aber wie ist das mit dem Rundfunk? Der UKW reicht nur bis 15kHz und wird dann ausgeblendet, damit bei 19kHz der Pilotton dedektiert werden kann. Der ADR hingegen hat eine Samplingfrequenz von 48kHz und könnte durchaus bis 24kHz übertragen. Mittels MDR Figaro konnten die beiden Prinzipien verglichen werden.



Der ADR schien auf den ersten Eindruck hin präziser zu spielen, der UKW diffuser. Nach dem Lautstellen kam der ADR harsch und war über längere Zeit laut nicht zu ertragen. Der UKW war laut scheinbar etwas konturierter erreichte aber nicht die gewünschte Hochtonausflösung, auch nicht über den Equalizer, war aber immer noch für längere Zeit noch ermüdungsfrei. 24kHz gegen 15kHz, war etwas falsch an der Hypothese? Der FFT-Analyser sollte Klarheit bringen. In den Abbildungen 1 und 2 werden die Unterschiede nach Umstecken des Cinch/BNC-Adapters offensichtlich. Der ADR geht zwar nicht bis 24kHz, sondern nur bis ca. 17kHz, was der Datenreduktion auf vielleicht 192kb/s geschuldet ist, wird aber oben hart gefiltert. Der UKW wird ab 15kHz weicher ausgeblendet, um für den Pilotton Platz zu lassen, aber oberhalb von 20kHz wurden ein Oberwellenspektrum sichtbar, das mit der Musik moduliert wurde. Damit kann die These weiter bestehen bleiben.



Dieses Phänomen bestärkt nochmals, dass eben die Signalamplituden jenseits der 20kHz enorm wichtig sind für eine natürlichere Wiedergabe. Aber warum wirken auch die besten SACD's, die bis 45kHz reichen, immer noch unangenehmer als LP? In der Digitaltechnik gibt es keine Phasenverschiebungen. Warum also? Im Datenblatt des Mikrofons Brüel&Kjaer 4134 wird z.B. angegeben, dass bei Membranresonanz eine Phasenverschiebung von 90° auftritt. In Magazinen und Zeitschriften für Studioelektronik wurden manchmal Phasengänge von Mikrofonen mit dargestellt. Dort

wurden auch positive Phasenabweichungen mit wachsender Frequenz dargestellt. Informationen dazu, die in Kap. 2.3.1 und 2.3.2 aus einer mündlichen Quelle von einem älteren Akustiker stammten, waren also so nicht ganz korrekt. Je nach mechanischer Abstimmung der Mikrofonmembran von dynamischen oder Kondensator-Druckempfängern oder Druckgradientenempfängern können Resonanzen am unteren, am oberen und auch in der Mitte des Übertragungsbereiches vorkommen [2]. Kondensator-Druckmikrofone haben ihre Resonanzen am oberen Ende. Die meisten Mikrofone gehen am oberen Ende des Übertragungsbereichs in Interferenzempfänger über [3]. In [4] wird eine Phasenableitung vorgenommen, wenn einer Mikrofonmembran mit ihrer Aufhängung als Aufnahmewandler Schwingungen auferzwingen werden. Aufgetragen wurde dort der Phasenwinkel in Abhängigkeit vom Verhältnis der einwirkenden Schwingfrequenz zur Resonanzfrequenz. Danach wächst der Phasenwinkel mit der Frequenz an und erreicht in der Resonanzfrequenz $\pi/2$, also 90° . Darüberhinaus wächst der Winkel jedoch noch weiter an, bleibt aber unter 180° . Die Steilheit, mit der der Phasenwinkel anwächst, und die maximale Winkelabweichung hängt von der Dämpfung des Systems ab. In [8] wurden Phasengänge für Druckkondensator-Mikrofone verschiedener Diaphragmengröße am oberen Frequenzende bis zu -180° ausgewiesen. Zuvor wurde auf 2-14 notiert, dass die Phasenantwort vom Mikrofontyp abhängt, vorpolarisierte Mikrofone unterscheiden sich von elektrisch von außen vorgespannten um 180° . In 3-7 wird ausgesagt, dass die Phasen auf 0° bei niedrigen Frequenzen normalisiert wurden. Für extern polarisierte Mikrofone ist die Phasendifferenz zwischen Spannung und Druck bei niedrigen Frequenzen -180° . Die Phasenverzögerung bei der Resonanzfrequenz bezogen auf die der niedrigen Frequenzen ist bei 90° . Damit widerspricht die Aussage der von [4]. In [9] werden Messkurven Beispiele von omni-direktionalen Mikrofonen auf Achse und unter 90° Einfallswinkel. Im allgemeinen sinkt die Phase negativ ab bis oberhalb des Amplitudenmaximums ab, danach steigt sie wieder an. Es ergibt sich folgender prinzipieller Verlauf mit ansteigender Frequenz: $0^\circ \dots -90^\circ \dots +90^\circ$ Bei Einfallswinkel 90° steigt die Phase manchmal sogar sprunghaft sehr viel größer an. Bei DPA werden aktuelle Phasengänge von Mikrofonen im Internet dargestellt. Auch ihre Funktionen zeigen negative Verläufe.

Eine Anfrage an [10] bezüglich des Widerspruchs Theorie und Praxis blieb bisher unbeantwortet.

In [11] wurde ein Prozessor zur Korrektur der Amplituden, Phasen und Gruppenlaufzeiten getestet. Nach vollständiger Korrektur baute sich die Klangabbildung vor den Lautsprechern auf, was der bisher gehörten Erfahrung an Lautsprechersystem widersprach. - Aber es widersprach auch der eigenen Logik. Die Mikrofone sollten doch die Abbildung tiefenversetzt „fotografieren“ und so an die Lautsprecher weiterreichen zur Reproduktion und Projektion. Irgendetwas ist hier nicht stimmig. Erfolgt sofort die Digitalisierung nach dem Mikrofon, werden auch seine Phasenverschiebungen mit konserviert und wiedergegeben.

Woran liegt hier die Fehlprojektion? Die Mikrofone sollten negative Phasengänge haben und stimmen dann mit der LP-Wiedergabe teilweise überein, die Abbildung jedoch tut das überhaupt nicht. Oder stimmt die Theorie doch und die Normierung der Mikrofonphasen ist unglücklich gewählt, bzw. funktioniert der Hörsinn bzw. Psychoakustik anders? Erinnert sei daran, dass die Verpolung des Hochtöners ebenfalls dazu führte, dass die Abbildung vor die Lautsprecher gestellt wurde, als der primäre Zugimpuls das Hirn erregte und falsch schaltete. Wenn die Theorie richtig ist und der Amplitudengang der Mikrofone auf linear korrigiert wird, z.B. durch Equalizer o.ä.:

8. Die Abtastung der LP erzeugt Oberwellen mit -90° und kompensiert auch so zumindest teilweise die mikrofontypischen Fehlwinkel, und sie klingt deshalb natürlicher als die SACD. Dieser Umstand würde eine Phasenentzerrung der Mikrofone erfordern. Mit dem Stand der Digitaltechnik könnte dies zu bewerkstelligen sein. Die lange gesuchte natürliche Hochtönerauflösung hängt also nicht unbedingt von der Hochtönermembran ab (s. Kap.11.6 Diamantmembran), sondern wird bereits vorher determiniert.

So kann auch K2HD nur die halbe Wahrheit sein, denn nicht nur aus eigenen Erfahrungen resultierte die Erkenntnis, dass z.B. auch 40kHz Sinussignale hörbar sind, wenn auch die Tonhöhendifferenzierung da oben nicht mehr richtig funktioniert.

Immer wieder mal getestet wurden nicht nur junge Musiker auf den Stand ihrer Hörsinns, wobei herauskam dass auch der Autor (53)

durchaus noch über 20kHz hören konnte. Die beste und damit sehr gute Hörbarkeit wurde erreicht, wenn die Personen ausgeruht und entspannt waren. Aber die Art und Weise, wie diese Ultraschallsignale eingreifen, wird vielleicht die Ortung unbewusst mit beeinflusst werden. Durch Blindvergleiche wurde z.B. in einer Entfernung von 10..12m hörbar, wenn im Konzert ein Arm in einer Entfernung zu einer Querflöte von 1...2m diese zur Hälfte verdeckte.

Im Kapitel 2 wurde an Beispielen ausgeführt, dass die Erkennbarkeit von Phasendifferenzen in den alten Untersuchungen immer dann besser war, je einfacher die Signalgebung war: Unter Kopfhörern eher als aus der Lautsprecher-Zimmer Anordnung; bei Einzelimpulsen besser als bei Musik.

9 Befreit man diese Lautsprecher-Zimmer Kette von dem größten Teil ihrer Störungen, die sowohl den Impulsablauf verfälschen als auch die Klangfarbe, wird die Wiedergabe sogar besser als von Kopfhörern und die Erfassung von Phasendifferenzen erleichtert.

Die Erfahrung bei den Arbeiten ist die, dass bei alleiniger Wirkung von Audio ohne Video sehr wohl Phasenunterschiede erkennbar sind, wenn als Vergleich die Naturerfahrung genutzt wird. Die Akustik ist die evolutionäre „Sehhilfe“ in der nächtlichen Finsternis.

Je weniger gesehen wird, bzw. je geringer die Unterschiede in den Vollbildern ist, desto mehr Details werden akustisch wahrgenommen. Der Haas-Effekt berücksichtigte in der ersten Wellenfront 40ms (s. Kap.2), was auch eine 1/25stel Sekunde darstellt und damit 25 Scans in der Sekunde entspricht. Die Taktzeit des visuellen Sinnes hingegen erfordert ebenfalls 24 Vollbilder für eine ungestörte Filmwiedergabe.

10. Die allgemeine Taktfrequenz im Gehirn, einschließlich der akustischen Wahrnehmung ist wahrscheinlich 1/24s.

Die Scan-Frequenz ist nicht starr sondern unterliegt besonderer Ereignisse in der Umwelt, wodurch die Sinne „getriggert“ werden, so wie der Biorhythmus durch Tag/Nacht rekaliert wird.

So lässt sich vielleicht auch die Hörbarkeit des tiefsten Tones erklären. Mit einer Halbwelle von 16 bis 18Hz kann das Gehör nicht unterscheiden ob ein mechanischer Impuls vorliegt oder ein Ton. Wird die Halbwelle verlängert und die Folgehalbwelle kann von einem ausreichend langen und definiert gekrümmten Wellenabschnitt durch die Erfahrung extrapoliert werden, dann kann der tiefstmögliche Ton erhört werden.

Für eine Pseudo-3D-Sicht an guten Monitoren genügt eine Brille, wo rechts ein Graufilter wirkt. Damit erhalten bewegte Teile auf einem relativ stehenden Hintergrund eine 3-Dimensionalität. Von einem privatem Fernsehsender wurden unlängst normalfarbige 3D-Filme über normales Fernsehen gezeigt. Als Dekodierhilfe reichte eine Brille, wo vor dem rechten Auge eine Graufilterfolie angebracht war. Das linke Auge hat sowieso die zeitliche Priorität bei Sehnesungsverarbeitung und diese Priorität wird nun mit einer farblosen und einseitig angegrauten Folie nochmals bestärkt. Der Graufilter bewirkt im rechten Auge eine zusätzliche Verzögerung, weil erst „Licht nachgesammelt“ wird. Diese Verzögerung wurde bei der 3-D-Kodierung genutzt und zwei den Augen zugehörige Bilder gesendet, erst für das linke und dann eben für das rechte, getriggert hat sich der Sinn selbst.

Die Ursache der Täuschung ist die größere Trägheit der Rezeptoren bei weniger Licht. Dadurch sieht das abgedunkelte Auge die aktuelle Position zeitlich etwas später, so dass vermeintlich eine räumliche Verschiebung nicht korrespondierender Objekte (Disparation) entsteht. Diese Disparation täuscht den räumlichen Eindruck vor.

Bei den „echten“ 3-D-Fernsehen, wo Polarisationsbrillen oder Shutterbrillen auf der IFA genutzt wurden, kam ein merkwürdiger Effekt zutage. War der Bildschirm klein, traten nur Silhouetten tiefengestaffelter Körper auf, die selbst jeweils flach wirkten. Je größer die Bildschirme waren, desto mehr erhielten diese Körper eine 3-D-plastische Ausformung. Gibt es für diese Phänomene für analoges für den Hörsinn?

Um einen größeren „Bildschirm“ im Audiobereich zu erhalten, muss näher an die Boxen gerückt werden als bereits praktiziert. Formal optimal ist ja das gleichseitige Hördreieck. Nach entsprechender Korrektur des Hochtönerfrequenzganges wegen der geringeren Nähe ist tatsächlich eine deutlich gesteigerte räumliche Verteilung in die tiefer erkennbar. Nun aber müssten noch, wie bereits woanders angewendet, die Frontlautsprecher mit 2 darüberstehenden kleineren Lautsprechern sowie 2 Rücklautsprechern ergänzt werden, damit die 3-D-fähige Fläche maximiert werden kann, wobei die Zimmergeometrie erhalten bleiben sollte. Diese Erscheinung wird in

der Akustik anders benannt: Das Gehör empfängt mehr Direktschall als reflektierten, der die Ortung etwas mehr irritiert. Die optimale Entfernung wäre dann nicht wie bisher grob 2/3 sondern nur 1/3 der Raumlänge. Nun leider lässt sich dies noch nicht dauerhaft etablieren.

Selbst zum heutigen Stand der Elektrotechnik ist man immer noch nicht in der Lage, aus welchen Gründen auch immer, den vollen Sinnesbereich anzusprechen. So wie im Videobereich, wo nur der halbe Farbraum und ein Teil des Kontrastdynamik erfasst wird, so wird im Audiobereich auch nur ein Teil des Frequenz- und Spitzenpegeldynamik erfasst und wiedergegeben werden. Es gibt zwar bei letzterem ausreichende mechanische Systeme, aber die Elektronik ist z.Z. nur prinzipiell dazu fähig.

Eine passive Frequenzweiche 4.Ordnung ist im Aufwand sehr hoch, vor allem in den Anforderungen an verlustärmsten Bauelementen. In professionellen Aktivmonitoren wird sie ebenfalls ohne Unkenrufe einfach genutzt. Die Impulsantwort unterscheidet sich zu den herkömmlichen Systemen nicht.

10. Die Weiche vierter Ordnung nebst den zugehörigen Entzerrgliedern erlaubt sowohl eine Frequenzgangbegradigung als auch eine elektrische Phasenüberdeckung (360° in Phase).

Es wurde an Standard-Chassis nachgewiesen, dass diese Weichenordnung optimal bezüglich der Natürlichkeit ist.

Der analog nutzbare Signaldynamikbereich ist nicht sehr hoch, wenn dem sensiblen Gehör Recht getan werden soll. So gibt es viele Details, die kurz unterhalb dem Promillebereich (z.B. <1mV auf 1,000V) Störungen im Amplituden- und Zeitablauf hinzufügen.

11. Es muss jedes Bauteil in den analogen Signalketten, vor dem Speichern auf Disks und nach dem Abrufen von den Disks auf ideales Verhalten hin geprüft werden.

Kaum ein Bauelement ist ideal. Aber die Summe aller Minimierungen von Störgrößen schafft wieder einen deutlichen zusätzlichen Störabstand, der klarere und natürlichere Klangabbildungen und -bewegungen wiedergibt und in das „Zu Hause“ integriert.

Besondere Eigenschaften haben A/D und D/A-Wandlungsprozesse. Die letztere ist heute noch mit einem mechanischen System der Auslese von einer Speicherdisk behaftet. Mit der hohen Geschwindigkeit, wie der Abtastlaser und sein Fokus über die Bitspur trotz der Zentriertoleranz und der geringen Abmaße der ursprünglich lithografisch erzeugten Strukturen geführt werden muss, benötigt das System unregelmäßig hohe elektrische Ströme, die das gesamte Netzteil und damit auch die Energiebereitstellung für die D/A-Wandlung beeinflussen. Davon abgesehen gibt es noch die Beeinflussung über elektromagnetische Wechselfelder, die induktiv zwischen die Komponenten eingreifen.

12. Die räumliche und elektrische Trennung von mechanischer Auslesung zur D/A-Umsetzung führt zu Erhöhung dieser D/A-Wandlungsgenauigkeit und damit zu einer natürlicheren akustischen Abbildung.

Der Einfluss der Netzteile und Netzteilzuführungen samt der Betriebsspannungselkos und Sicherungen ist bekannt (Erinnerung: Simba-Chip). So führte auch die Trennung der D/A-Umsetzung vom Player zum DAT auf eine Verbesserung. Der Unterschied zwischen geschwärzter CD (Kante + Mittelring) und ungeschwärzter ist über DAT viel weniger zu hören als vom Player direkt, es werden dann nur einige Schärpen gemildert.

Die DAT-Mechanik der Auslese arbeitet prinzipbedingt gleichmäßig. Dazu kommt höhere Fehlersicherheit (double reed salomon). Vor allem ersteres führt dazu, dass das Klangergebnis sich lange nicht so stark unterscheidet, wie die reine D/A-Umsetzung vom Externgerät.

Die Erhöhung des Frequenzbereiches vor allem jenseits der 20kHz führt (soweit sie dedektiert werden kann) eher zu einer natürlichen Wiedergabe als die Erweiterung der Sample-Genauigkeit mit rechnerischen 24bit/192kHz.

13. Aber noch von größerem Einfluss auf die Sinne scheint dann noch der allgemeine Phasengang zu den hohen Frequenzen zu sein. Kondensatoren mit hoher Dielektrischer Absorption werden manchmal als besonders angenehm empfunden. Werden hohe Frequenzen zu früh wiedergegeben, dann werden sie wahrscheinlich in der ersten Impulsflanke mit dem Grundton stärker absorbiert, die Mitten werden mehr hervorgehoben, „was bleibt ist nur Musik“. Die Dielektrische Absorption konnte laut Literatur (s. Kap.2) mit parallel geschalteten RC-Gliedern modelliert werden. RC-Glieder werden auch als Zeitglieder genutzt.

Die Verwendung solcher hohen Dielektrischen Absorption führt zu einem unlösbaren Widerspruch zwischen der Hochtonauflösung und der „Hochtonschärfe“. Man meint durch eine Hochtonanhebung die Hochtonauflösung zu verbessern, aber ab einem bestimmten Pegel schlägt es nur in einem zu spitzen Klang um.

Ungeklärt ist noch das Verhalten paramagnetischer Materialien wie Al, die einem starken Magnetfeld ausgesetzt waren und einen zeitlich begrenzten Einfluss auf die Wiedergabe hatten. Bei ferromagnetischen Materialien ist bekannt, dass sehr kleine Felder nur eine geringe Zahl Weiß'scher Bezirke einheitlich orientieren, die durch die normale Raumtemperatur aber wieder mit der Zeit desorientiert wurden.

12.4. Der Hörplatz (s. auch Kap.4)

Das Strahlerverhalten des Lautsprechers wird natürlich durch seine Umgebung mitbestimmt. Auch das Empfangsverhalten des Gehörs ist nicht nur von der Kopfgestaltung abhängig. In der Praxis sitzt der Mensch beim Musikgenießen nicht auf einem Hocker oder Stuhl, obwohl das zur Praxis der Händlerdemonstration gehört. Er braucht schon eine gewisse Lehne, um längere Zeit als ein paar Minuten nicht nur auszuhalten sondern zu genießen und zu entspannen. Hörtests dauern in der Regel nur kurze Perioden von maximal einigen Minuten, etwas mehr übersteigt die Konzentrationsfähigkeit und Gedächtnisleistung. Tests erfolgen in angespannter Haltung und das äußert sich in einer anderen Sitzhaltung. In möglichst kurzer Zeit sollen Differenzierungen erkannt werden. Beim entspannten Musikhören entscheidet mehr die Emotion und nicht der analytische Verstand, wobei es etwas länger dauert, bis sich die Erkenntnis bildet. Die Haltung entspannt sich. Beide Sitzhaltungen unterscheiden sich bereits auf ein und demselben Hörplatz. Was macht den Unterschied aus?

Das sind die mittleren Entfernungen der Ohren zunächst zur Lehne des Sitzmöbels. Die Sitzmöbel selbst können sich vom Hörplatz zu Hörplatz in ihrer Reflektionscharakteristik unterscheiden, ob glattes weiches Leder oder hart gespanntes Leder, ob Mikrofaser oder normaler Stoff, ob Korbsessel mit Decke Bei der Einmessung am Hörplatz wird eine mittlere Position genutzt, denn es gibt nur eine Frequenzweiche in einem Lautsprecher. Ist die Wiedergabe auf hohem Niveau, fallen die Unterschiede bei Einnehmen der verschiedenen Haltungen früher oder später auf.

Bei dem gegenwärtigen 2-Sitzersofa mit glattem weichem Lederbezug ist die Lehne sehr hoch. Die Entscheidung zur Wahl dieser Sitzmöbel fiel aus Unerfahrenheit gemeinsam mit der Ehepartnerin. Die Höhe, stellte sich nun heraus, ist zu hoch, da sie beim Anlehnen in die Höhe der Ohren kommen. Alle Haltungen, in denen die Lehne in die Nähe der Entfernung kommt, die dem Abstand der Ohren zueinander entspricht, werden vom Gehör mit Verfärbungen und verflachter Abbildung quittiert. Es ist nun eine Frage der Entspanntheit, ob das akzeptiert wird. Aber es ist schon ein wenig lästig.

Ob die Lehne einen großen Einfluss hat, konnte einfach kontrolliert werden. Eine einmal gefaltete Strickdecke wurde über die Lehne gehangen. Und in der Tat konnte festgestellt werden, dass die behangene Lehne anders wirkt, die Flexibilität der Kopfbewegung ist dann größer, bevor eine Änderung registriert wird. Die Abbildung und Klangfarbenabstufung ist dem der Testhaltung (weiter von der Lehne mit gestreckterem Oberkörper und mit Ohren über der Lehenhöhe) schon sehr ähnlich.

Am besten wäre eine Lehne, die den geforderten Abstand zu den Ohren einhält und trotzdem den oberen Rücken stützt und weich auffängt, und die eine geringe aber ausgewogene Reflektionscharakteristik hat. Die Höhe der Lehne darf die Schulterhöhe nicht übersteigen. Damit kann der Kopf aber nicht angelehnt werden. Mit angelehntem Kopf ergibt sich sowieso ein einschlafendes oder eingeschlafenes Hören. Dann wäre die Nutzung eines Kopfhörers wieder zweckmäßiger.

Bei solchen Sitzoptimierungen kam auch die Frage des „sweet spots“ auf. Bei einem 2-Sitzersofa sollten natürlich beide Sitze gleichermaßen gut angesprochen werden. Nach den letzten Weichenmodifikationen ist der Unterschied zwischem linken und rechten Sitz nur noch gering. Der Unterschied liegt hauptsächlich in der Mittenortung, wie die Lokalisation einer Gesangsstimme. Auf dem rechten Platz bleibt die Ortung in der Mitte, selbst noch 1,4m (ca. 20°) weiter rechts. Auf dem linken Platz verschiebt sich die Ortung ab 30cm nach links azentrisch, wandert also mit. Versuche

mit Lautsprechertausch oder Umdrehen des Lautsprechers (TT über HT) brachten diesbezüglich keine Änderung. Gasthörer sitzen also rechts, günstig, weil die Bedienung links erfolgt. Dies muss der Asymmetrie des Raumes geschuldet sein. Aber wodurch genau? Links befinden sich größere absorbierende Flächen, rechts mehr reflektierende Flächen.

Aber andererseits hat die Form der jetzigen Sitzmöbel wahrscheinlich auch einen Vorteil. Die ausladende Größen bewirken partielle Reflektionen und Streuungen von längeren Wellen.

12.5. Summa-Summarum

Mit weniger Verzerrungen wird die akustische Abbildung durchhörbarer. Das Wunschabbild, ein ovales Tor zur Realität, wurde in den meisten Fällen gut erreicht. Wenn die Aufnahmekette noch in idealer Weise, wie oben diskutiert, verändert wird, besteht die Chance highest fidelity zu erreichen. Die zum Start in Kapitel 2 bekräftigte typische elektronische Wiedergabe, weil die Oberwellen bezogen zum Grundton zu früh kommen, bzw. weil der Grundton im Vergleich zur Obertongesamtenergie zu klein ist, konnte zum größten Teil entzerrt werden. Für die LP-Wiedergabe gelang es besser als für die digitalen Medien. Übrig bleibt die Phasenentzerrung der Aufnahmemikrofone und die weichausgeblendete Wiedergabe über 20kHz hinaus. Trotz der meist angewendeten dynamischen Kompression in den Tonstudios konnte durch den Einsatz verlustärmster Bauelemente (vom Stecker bis zur Spule) die Wiedergabedynamik deutlich erhöht werden, da diese im wesentlichen durch die Grundtöne geprägt wird. Der Einfluss der Widerstände als elektromagnetischer Wandler wurde überall bisher stark unterschätzt.

12.6. Grenzen des vorhandenen Wiedergabesystems

Wenn der Pegel ansteigt, zeigt der Visaton AL130 oberhalb 10W nichtlineares Verhalten (Kap.9) und die Abbildung verliert nicht nur an Tiefbass sondern die Durchhörbarkeit wird plötzlich immer schlechter. Ein Grund sind die bisher noch nicht beachteten Intermodulationsverzerrungen (s.auch Kap.2.2.3). Letzteres wird insbesondere deutlich, wenn die Zahl der Instrumente z.B. von einer Kammermusikgruppe bis zu einem großem Orchester ansteigt. Den Intermodulationsverzerrungen kann man am besten begegnen, wenn die abstrahlende Fläche vergrößert wird und wenn der Tiefbass mit dem größten Hub wirksam von der Mitteltonwiedergabeeinheit entkoppelt wird.

12.7. Konsequenzen

Das Verhalten der Leistungswiderstände gleicht prinzipiell den Leistungstransistoren, das sind auch nur gesteuerte Widerstände. Die Konsequenz wäre, dass diese auch auf keramische Kühlplatten gebondet werden müssten. Die neue AlN Keramik liefert beste Voraussetzungen dafür. Die Wärmeleitfähigkeit von Al liegt bei 200W/mK, die von AlN bei ca. 180W/mK. Dann ließen sich diese auch noch auf keramische Strangkühlkörper, versehen mit einer glatten AlN-Grundplatte, mittels temperaturbeständigen Polyimidschrauben befestigen. Ein Vorteil von AlN wäre noch, dass die thermische Ausdehnung besser an das Si des Transistors angepasst wäre. Damit könnten die restlichen Wirbelstromverzerrungen ausgemerzt werden und deutliche Verbesserungen gegenüber Röhren erreicht werden. Röhren haben solche Kühlkörper-bedingten Verzerrungen meist nicht. Solche Verzerrungen sind schwer nachzuweisen aber noch gut hörbar. Röhren haben hingegen nur ferromagnetische innere Bestandteile. Gegenwärtig werden meist ferromagnetische Schrauben in den Leistungstransistoren verwendet, manchmal sogar ferromagnetische aufgebondete Kühlkörper, gleiches gilt bei den Spannungstreiber IC's.



- [1] Stereo 11/2007
- [2] www.senpiel-audio.com
- [3] G. Bore, St. Peus, Mikrophone, Gerhard neumann Berlin 1999
- [4] Jürg Jecklin, Theorie der Tontechnik, 3.Mikrofone Vers.2003/04
- [5] P.Dodds et.al., Proceedings of the Institute of Acoustics, Vol. 28 (2006), Pt.8, 99
- [6] P. J. Duncan, P. S. Dodds, N. Williams, AES Paper 7314, 2008
- [7] ehemaliger Toningenieur von Eterna, M. Richter
- [8] Brüel&Kjaer Microphone Handbook, volume 1 theory, July 1996, 2-23
- [9] Brüel&Kjaer, application notes, "evaluation of studiomicrophones..." BO 0075 -11
- [10] Jürg Jecklin, flatsound@bluewin.ch
- [11] Stereoplay, 2011, 2, 124ff.