



Technik und Tipps

Ein Beitrag von Michael Bentrup (www.monk-audio.de)

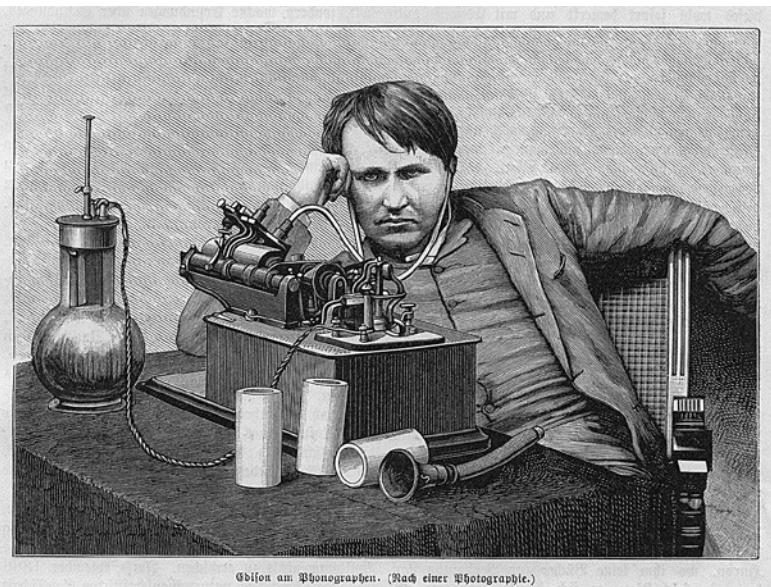
Aus der Rille kommt die Kraft

Oder: Was alles so in der Rille einer Schallplatte enthalten ist, wie es hineinkommt und wie alles begann

Eigentlich ist doch alles ganz einfach: Sie legen eine Schallplatte auf den Plattenteller, schalten den Motor ein und setzen den Tonarm auf. Dann hetzen Sie zu Ihrem Lieblingssessel und schaffen es gerade noch, beim Klang des ersten Tons Ihr Weinglas zu greifen und sich in eine gemütliche Sitzposition zu kuscheln. Für gerade einmal 20 Minuten...

Warum ist das aber alles so einfach? Das Auflegen der Schallplatte auf den Plattenteller wird ungemein durch das serienmäßig vorhandene Loch im Zentrum der Platte vereinfacht, gar erst ermöglicht. Andererseits ist es erstaunlich, dass auch Schellackplatten von 1910 einwandfrei auf den Teller eines modernen Plattenspielers passen. Und eine der Drehzahlen von $16 \frac{2}{3}$, $33 \frac{1}{3}$, 45 oder 78 Umdrehungen pro Minute passt auf wundersame Weise immer. Auf jeder Seite einer Schallplatte ist nur eine Rille, egal aus welchem Material und aus welchem Jahr die Platte ist. Die ideale Voraussetzung für das Tonabnehmersystem, an dem eine Nadel die mechanischen Auslenkungen der Rille in elektrische Impulse verwandelt und so zu Gehör bringt. Ganz einfach also...

Wie alles begann



Edison am Phonographen. (Nach einer Photographie.)

Das von Edison entwickelte Verfahren zur Schallspeicherung war einfach und wirkungsvoll. Am Ende eines Schalltrichters, wo die gebündelten Schallwellen eine ausreichend hohe Energie erreichten, wurde eine Membran in Schwingungen versetzt. Eine an der Membran angebrachte Nadel ritzte eine Rille in eine kontinuierlich vorbei geführte Wachswalze, welche umso tiefer war, je höher die Schallenergie auftraf. Alles funktionierte rein mechanisch. 1877 eine absolute Sensation.

Es zeigte sich schnell, dass die auf den Wachswalzen verwendete «Tiefenschrift» für die Herstellung von doppelseitigen Schallplatten nicht zu gebrauchen war. Emil Berliner hatte die Idee und konnte 1887 einen Apparat vorstellen, der die Schallwellen als «Seitenschrift» in eine flache, sich drehende Matrize ritzte. Ein wohlbekanntes und heute noch gebräuchliches Verfahren.



Moderne Elektronenröhre

Elektronenröhren veränderten ab etwa 1924 das bisherige, rein mechanische Schneiden von Schallplatten. Die «elektrische Aufnahme» machte den Aufnahmetrichter obsolet. Bis dahin wurden Aufnahmen akustisch-mechanisch direkt in die Matrize geschnitten – mechanische Direktschnitte, eine uralte Technik also. Nach und nach wurden die Fähigkeiten der Elektronenröhren erkannt und eingesetzt. Und erst dadurch war die Entwicklung leistungsfähiger Mikrofone möglich. Das erste brauchbare Mikrofon war das «Reisz-Mikrofon». Auch bekannt unter dem Namen «Kohle-Querstrom-Mikrofon». Wem das immer noch nichts sagt, sei an die alten Telefonkapseln erinnert, die bei Bewegung ein raschelndes Geräusch erzeugten. Verwendet wurde Kohlegriess, das in ein Gehäuse eingefüllt und mit leitenden Verbindungen versehen wurde. Diese Konstruktion bildete einen elektrischen Widerstand, welcher sich beim Einfall von Schallwellen änderte. Die Widerstandsänderung wurde in eine Spannungsverstärkung umgewandelt und verstärkt.



Reisz-Mikrofon

Elektrische Schneidemaschinen mit elektrisch angetriebenen Schneidesticheln ergaben zusammen mit verbesserten Materialien endlich auch einen deutlich hörbaren Qualitätssprung. Der Frequenzbereich, der auf Schellackplatten selten über 5 Kilohertz (kHz) reicht, wurde kontinuierlich bis etwa 10 kHz erweitert. Das hört sich nicht bedeutsam an. In diesem Frequenzbereich sind jedoch die meisten Obertöne enthalten. Die leichte Unterscheidung von Stimmen und Instrumenten wird dadurch erst möglich.

Bis dato, wir befinden uns in den 30er-Jahren des vorigen Jahrhunderts, machte man sich noch keine Gedanken über Verrundungsradien, Rumpeln und Rauschen. Warum auch? Man verwendete nur die «Normalrille». In der Verstärkertechnik war bei 10 kHz Schluss. Und unter 100 Hz ging auch nicht viel. Bei Lautsprechern war es ähnlich. Positiv daran war, dass Rumpeln praktisch nicht hörbar war und Rauschen recht wirksam unterdrückt wurde.

Revolutionäre Entwicklungen setzen ein

Doch das änderte sich schlagartig mit der Vorstellung der Neumann Mikrofonkapsel CM3. Seit 1928 auf dem Markt, brachte diese Kapsel zusammen mit dem Verstärkerblock CMV3 (später dann mit in der Kombination CM5 Kapsel und CMV3 von Telefunken vertrieben und als «Neumann-Flasche» bekannt) endlich den Durchbruch: ein linearer Frequenzbereich von unter 40 Hz bis weit über 15 kHz und extrem geringes Rauschen. Waren es bislang noch die Kohlemikrofone, welche die Qualität einer

Schallplattenaufnahme limitierten, hatte man mit dem CM3 endlich die Voraussetzung für rauschfreie Aufnahmen.

Immer neue, bessere Elektronenröhren kamen auf den Markt. Es gab neue Lautsprecher mit stärkeren Magneten. Anfang 1940 war man soweit, dass ein Frequenzbereich von unter 80 Hz bis über 12 kHz beherrscht wurde. Die nutzbare Dynamik auf den Schallplatten konnte auf über 35 Dezibel (dB) vergrößert werden. Damals sehr respektable Werte.

Auch im Krieg ging die Entwicklung weiter. Fliegerangriffe und die üblichen, in solchen Situationen auftretenden Probleme hinderten einige Techniker bei der Reichs Rundfunkgesellschaft in Berlin nicht daran, mit dem inzwischen zur Serienreife herangereiften und tagtäglich im Einsatz befindlichen Magnetophon Versuche zu unternehmen, die abermals eine Revolution in der Aufzeichnungstechnik auslösten: stereophone Aufnahmen auf Magnetophonband. Seit 1943 wurden in Berlin stereophone Aufnahmen auf Magnetband hergestellt. Wenngleich das Tonbandgerät stereophon arbeiten konnte, blieb die Schallplatte noch für mehr als 10 Jahre einkanalig. Man bedenke die Situation: die Technik der Seitenschrift war weit über 50 Jahre etabliert und es gab Millionen Abspielgeräte auf der Welt. Und nun gab es ein neues Verfahren, das zwar eine überaus beeindruckende und annähernd natürliche Wiedergabe ermöglichte, aber mit den existierenden Geräten überhaupt nicht zusammen passte.

In den letzten Kriegsjahren begann Eduard Rhein mit der Entwicklung des «Füllschriftverfahrens». Dieses Verfahren arbeitet mit einer dynamischen Rillensteigung. Bis dahin war die Steigung der Rille gleich und richtete sich nach den lautesten Stellen. In den leiseren Passagen, d.h. wo der Schneidstichel nur geringe Auslenkungen machte, wurde viel Platz verschenkt. Durch das «Füllschriftverfahren» wurde die Steigung der Rille den Lautstärken angepasst. Eine hohe Lautstärke erhöhte die Steigung, eine geringe Lautstärke verringerte sie. Die Spielzeit einer Seite konnte damit bis auf 25 Minuten vergrößert werden. Interessanterweise wurde das Verfahren, zwei unterschiedliche Signale in einer Rille zu vereinigen, bereits 1931 durch Alan Dower Blumlein entwickelt. Jedoch erst 1956 griff man auf diese Technik zurück. Die «Flankenschrift» schneidet in jede Rillenflanke die Information eines Kanals. Das ist eine um 45° gedrehte Kombination aus Seitenschrift und Tiefschrift. Aus der Anordnung der Schneidrichtung ergibt sich beim Schnitt eines Mono-Signals eine echte Seitenschrift und damit die geforderte Abwärtskompatibilität zu bestehenden monauralen Abspielgeräten. Jetzt konnten endlich Stereoaufnahmen veröffentlicht werden.

Die Sache mit der Rille ist so einfach nicht...

Das wurde aber erst in Verbindung mit dem nur wenige Jahre vorher vorgestellten Material «Vynylite» und der Einführung einer «Schmalrille» («Microgroove») mit optimiertem Rillenquerschnitt und angepassten Abtastnadeln möglich. Während die Normalrille noch eine Rillenbreite von 80 bis 150 µm hat, war die Breite einer Schmalrille nur etwa 60 µm. Beim Übergang zur Stereotechnik wurde die Rillenbreite nochmals verringert.

... und die der Entzerrung erst recht nicht!

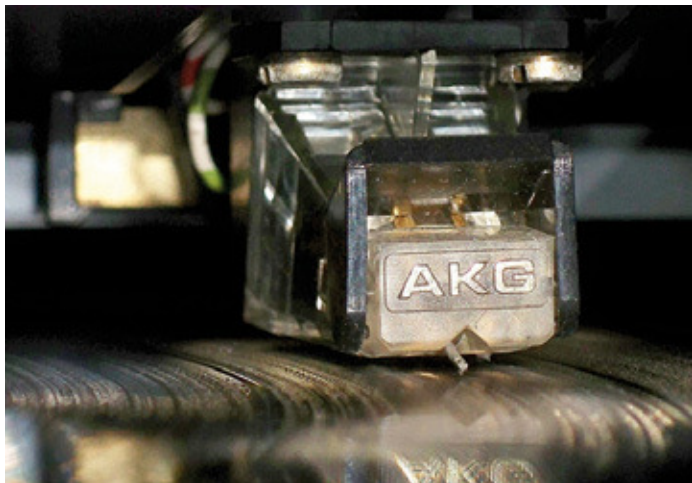
Ähnliche Probleme bereitet die Bestimmung, welche Entzerrungskurve für die authentische Wiedergabe benötigt wird. Ein wichtiger Hinweis vorweg: das Nachstehende betrifft Mono- wie Stereo-Schallplatten gleichermaßen. Mono-Schallplatten sind bis weit in die RIAA-Ära geschnitten worden. Gleichermassen sind Stereo-Schallplatten auch vor der Einführung der RIAA-Entzerrungskurve hergestellt worden. Wenn man dann noch bedenkt, dass die RIAA-Entzerrungskurve zwar 1956 zum Standard erklärt wurde, viele Schallplattenfirmen aber noch bis nach 1960 Schallplatten abweichend von der Norm schnitten, ist die Verwirrung komplett.

Um das aber noch einigermaßen übersichtlich zu halten, klammern wir die Entzerrungskurven für Schellackplatten aus. Schätzungen gehen von mehr als 400 verschiedenen «Normen» für Schellackplatten aus. Viele unterscheiden sich nur marginal, im direkten Hörvergleich nur mit geschultem Gehör nachweisbar. Einige Unterschiede sind jedoch deutlich hörbar. Ähnlich verhält es sich bei Vinyl-Schallplatten, egal ob mono oder stereo.

Die Notwendigkeit einer aufnahmeseitigen Vorverzerrung wurde schon 30 Jahre vorher (wir befinden uns gedanklich im Jahre 1957) erkannt. Das Datum kommt nicht von ungefähr und fällt ziemlich genau mit der Einführung von Elektronenröhren zusammen. Der Gebrauch von elektrischen Abtastern, Verstärkern und Lautsprechern anstelle der gewohnten Grammophone erweiterte den übertragbaren Frequenzbereich nach oben. Das gute alte Trichtergrammophon gab Frequenzen über 5 kHz überhaupt nicht wieder. Die «modernen» Apparaturen waren sehr wohl dazu in der Lage. Folgerichtig erhöhte man den Pegel bei höheren Frequenzen bei der Aufnahme und senkte ihn bei der Wiedergabe entsprechend ab. Diesen Luxus konnte man durch die Elektronenröhre recht einfach verwirklichen.

Kontinuierlich mit der Erhöhung der Aufnahme-/Wiedergabequalität veränderten sich die «Verzerrungskurven». Erst auf der Wiedergabeseite sprechen wir von «Entzerrungskurven». Die fortschreitende Technik erlaubte nun die sukzessive Absenkung des Pegels bei den tiefen Frequenzen (einhergehend mit Rumpelarmut der Plattenspieler) und die Anhebung bei den hohen Frequenzen (durch weiterentwickelte Schaltungstechnik und Schneideapparaturen). Wie bei der Kennzeichnung der Schmalrille hatte hier jede Schallplattenfirma ihre eigenen Vorstellungen und Ideen. Hier lässt sich aber auch der Einfluss des Marktes ablesen. Es war bereits bekannt, wie sich durch Pegeländerung spezifischer Frequenzbereiche der Höreindruck beeinflussen lässt. Eine Anhebung der tiefen Frequenzen bringt mehr Volumen, mittlere Frequenzen beeinflussen die Präsenz, hohe Frequenzen die Transparenz.

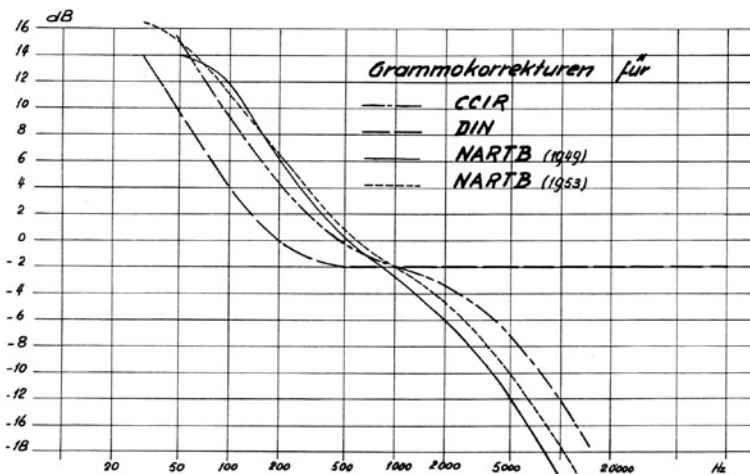
Gegenüber der Konkurrenz verstärkte man die hohen und schwächte die tiefen Frequenzen um einige wenige Dezibel gegenüber der «Norm» ab und erhielt damit bei einer gegebenen, wohlgerneht aber noch nicht standardisierten, Entzerrungskurve eine voluminösere und transparentere Wiedergabe. Eine auch heute noch sehr gern eingesetzte, audiophile Methode... Leicht einzusehen, dass hier irgendwann einmal die Reissleine gezogen



Moderne Stereo-Schallplatte

Einhergehend damit musste auch der Verrundungsradius der Nadel angepasst werden. Die Normalrille benötigt Werte um 65 μm , die Schmalrille 25 μm und die Mikrorille Werte um 17 μm (der Einfachheit bezogen auf einen sphärischen Nadelschliff). Es ist klar, dass bei einer zu kleinen Verrundung die Nadelspitze nicht mehr nur auf den Rillenflanken aufliegt, sondern am Rillengrund. Die Nadel kann nicht mehr exakt geführt werden und torkelt unkontrolliert hin und her. Im anderen Fall liegt eine zu grosse Nadelspitze nur an den oberen Ecken der Rillenflanken auf und kann so ebenfalls nicht exakt geführt werden. Die Gefahr, dass die Nadel aus der Rille springt, nimmt zu. Nur mit einer passenden Nadelverrundung ergeben sich durch die exakte Führung in der Rille die geringsten Verzerrungen und Nebengeräusche (Rillenrauschen).

Die Identifikation, welche Rille denn nun eingeritzt wurde, ist nur teilweise eindeutig. Schallplatten mit Normalrillen tragen in der Regel die Kennzeichnung «N 78» – Normalrille, 78 Umdrehungen. Mikrorillen enthalten ein «M 33» – Mikrorille, 33 1/3 Umdrehungen – in einem auf der Spitze stehenden Dreieck. Schmalrillen besitzen dagegen keine eigene Kennzeichnung. Nur bei Decca kann man davon ausgehen, dass mit «Medium-Play» gekennzeichnete Schmalrillen-Schallplatten sind. Das Vorgenannte betrifft Mono-Schallplatten, da die Mikrorille üblicherweise nur bei Stereo-Schallplatten verwendet wurde. Es lässt sich jedoch nicht ausschliessen, dass auch Stereo-Schallplatten mit Schmalrillen geschnitten wurden. Die Übergänge sind fließend. Belastbare Dokumentationen sind nicht mehr verfügbar.



Entzerrungskurven um 1952
(Quelle: Revox Bedienungsanleitung für A59 Vorverstärker)

werden musste. Schon im eigenen Interesse der Schallplattenfirmen. Die Folge war eine Einigung, die als «RIAA-Entzerrung» bis heute Verwendung findet. Amerikanische Firmen nutzten vor der «RIAA-Entzerrung» eine «CCIR-» oder «NAB-Entzerrung». Diese kam der RIAA sehr nahe, unterschied sich nur um ca. 2 dB.

Diese eigentlich nur geringfügigen Unterschiede sind ohne einen Hinweis beim Anhören nicht wahrnehmbar. Die allseits so beliebt propagierten Fähigkeiten des menschlichen Gehörs, Unterschiede von wenigen Zehntel Dezibel wahrzunehmen, setzen einen direkten Vergleich und ein geschultes Gehör voraus. Die zwischen den Entzerrungen wahrnehmbaren Differenzen machen sich nicht als detailliert hörbare Unterschiede bei einzelnen Instrumenten oder Stimmen bemerkbar. Erwarten Sie also kein Aha-Erlebnis oder den Fall von tonnenschweren Vorhängen. Was Sie hören werden, ist eine authentische Wiedergabe. Denn die Frequenzbereiche, die wir heute beherrschen, lagen damals ausserhalb jeder technischen Möglichkeit. Wir können heute mit unseren modernen Lautsprechern mehr hören, als damals möglich war.

Auf einen Punkt möchte ich aber deutlich hinweisen: Viele, möglicherweise sogar die überwiegende Anzahl der Angaben zu Entzerrungskurven, die sich im Internet finden, sind nicht belegt und ohne Quellenangabe, teilweise sogar mit abenteuerlichen Bezeichnungen. Nur die zeitgenössische Literatur ist einigermaßen genau und belegbar. Es handelt sich schliesslich um Firmeninterna, die nicht so ohne weiteres nach aussen gegeben wurden. Authentische Messplatten sind sehr selten und dann meistens in erbärmlichen Zustand. Eine Messung der Kurven und eine anschliessende Rückrechnung sind daher nur eingeschränkt möglich. Sodann bedeutet z.B. der Aufdruck «RCA» nicht automatisch, dass alle Platten des Labels mit der gleichen Kennlinie geschnitten wurden. Denn:

Das Ganze ist ein kleines Abenteuer ...

Ich möchte Ihnen an zwei Beispielen verdeutlichen, was Sie erwartet: Das erste Beispiel ist die Pastorale von Beethoven; Bruno Walter dirigierte das Columbia Symphony Orchestra. Erschienen auf Columbia MS-6012 (six eye). Das ist das berühmte Cover mit dem Pferdefuhrwerk. Diese Platte klingt mit einer normgerechten RIAA-Entzerrung sehr voluminös aber irgendwie auch etwas verhangen. Das liegt mitnichten an der Aufnahme. Schaltet man auf eine spezielle Columbia-Entzerrung um, erstrahlt die Aufnahme in nie gehörtem Glanz! Gegenüber der RIAA-Kurve war Columbia im Bass (@ 63 Hz) mit über 5 dB weniger vorverzerrt. In den Höhen (@ 15 kHz) waren es 4 dB. Das ist bereits deutlich hörbar.



Decca LXT 2851

Das zweite Beispiel ist Beethovens Fünfte, gespielt vom Concertgebouw Orchester Amsterdam unter Erich Kleiber, auf Decca LXT-2851. Hier lässt sich tendenziell Gleiches feststellen wie bei der Einspielung der Pastorale. Die Decca Entzerrung weicht nur in den tiefen Frequenzen deutlich von der RIAA-Kurve ab. Trotzdem ist beim Umschalten eine deutliche Änderung in der gesamten Klangfarbe wahrnehmbar. Ebenso wie bei Bruno Walter verliert die Aufnahme mit der korrekten Entzerrung einiges von ihrer – vordergründigen – Aussergewöhnlichkeit. Der Gewinn an Authentizität macht dies aber mehr als wett. Eine korrekte Entzerrung darf nicht als manuelle oder willkürliche Klangfarbenbeeinflussung betrachtet werden. Es ist eine Hilfe auf dem Weg, die alten Aufnahmen so wiederzugeben, wie sie aufgenommen wurden.

Die Beispiele zeigen auch, dass unterschiedliche Entzerrungen nicht auf Mono-Aufnahmen beschränkt waren. Vielmehr wurde bis weit in die 60er-Jahre noch munter nach allen möglichen Kennlinien geschnitten. Hier traten jetzt die Weiterentwicklung der Elektronik und die Verwendung des Tonbandgeräts als Zwischenspeicher hinzu. In aller Ruhe konnte die Aufnahme an Mischpulten nachbearbeitet werden. Natürlich wurde auch der Frequenzgang manipuliert. Die normgerechte Schneidkennlinie tritt im Laufe der Zeit immer weiter in den Hintergrund, da Klangfarben am Mischpult erzeugt wurden. Lediglich zur Einhaltung mechanischer Grenzwerte für die Abtastfähigkeit oder die Rillensteigung war die Vorverzerrung wichtig.

Weiterentwicklungen bei Plattenmaterial und Nadel-schliff...

Der Trend ist eindeutig. Mechanisch war die Entwicklung der Schallplattenrinne Ende der 50er-Jahre am Ende. Die Weiterentwicklungen beschränken sich überwiegend auf den Bereich des

Plattenmaterials und der Nadelschliffe sowie der Abtastsysteme. Grundsätzlich ist man um 1960 jedoch schon in der Lage Schallplatten herzustellen, die allerhöchsten Ansprüchen genügen. Man denke an Wiederveröffentlichungen der heutigen Zeit, die von den alten Masterbändern geschnitten wurden. Das war damals schon in der Rille enthalten, vielen aber nicht zugänglich.

In der Folge wird die Technik verfeinert, neue Materialien kommen zum Einsatz, die Abspielgeräte werden erheblich verbessert. Aber das Prinzip ändert sich nicht. Auch die aufkommende «DMM»- (Direct Metal Mastering-) Technik von Telefunken wendet das alte Prinzip an, aber mit anderen Materialien. Anstatt in eine Wachsmatrize schneidet man mit DMM direkt in eine Kupferplatte und spart sich damit den ersten, empfindlichen Prozess bei der Galvanisierung. Man erreichte eine nochmals erhöhte Dynamik und eine verbesserte Wiedergabe der hohen Frequenzen.

Auf der elektronischen Seite gibt es dagegen bedeutensame Fortschritte.

Der Transistor hält Einzug, später kommen integrierte Schaltungen hinzu. Die Möglichkeiten explodieren förmlich, als die ersten digitalen Schaltkreise entwickelt werden. Rauschen ist zwar grundsätzlich immer noch ein Problem, aber jetzt wird der begrenzte Dynamikumfang einer Schallplatte zum Engpass. Dieser betrug immerhin um die 50 dB. Was für das heimische Wohnzimmer schon an der Grenze zum latenten Nachbarschaftsstreit war.

Aber das digitale Zeitalter hatte begonnen. Seit den späten 70ern wurden nahezu alle Aufnahmen mit digitaler Technik durchgeführt. Es gab mehrere konkurrierende Systeme mit unterschiedlichen Parametern. Viele Referenzaufnahmen aus der Zeit wurden mit dem legendären Sony PCM-F1 System durchgeführt. Die Audio Daten wurden mit einer Breite von 12 oder 14 Bit digitalisiert und auf Betamax Kassetten gespeichert. Gross und schwer, aber mobil. Soundstream arbeitete mit einer Samplingfrequenz von 50.000 Hz und 16 Bit. Das wollte man natürlich auch auf eine Schallplatte schneiden, stellte aber schnell fest, dass der Dynamikumfang überhaupt nicht ausreichte.



Sony's PCM-F1 System

Die CD war gerade im Markt eingeführt, da kam CBS mit dem sog. «CX-Discomputer» auf den Markt. Beim CX-Verfahren wird die Dynamik der Aufnahme beim Schneidvorgang komprimiert und bei der Wiedergabe durch einen speziellen Verstärker wieder hergestellt. Das Verfahren arbeitet ähnlich wie die Dolby Prozessoren. Abweichend davon arbeitet CX jedoch über den gesamten Frequenzbereich, Dolby dagegen nur auf Frequenzen oberhalb ca. 7 kHz. CX brachte über 70 dB Dynamik auf die Platte. Ein Wert, den nur hochwertige Tonbandgeräte schafften. Und der es theoretisch ermöglichte, ein komplettes Symphonieorchester vom leisesten Pianissimo bis zum stärksten Fortissimo in die Rille zu ritzen. Sie können sich leicht vorstellen, welche Anforderungen an die Verstärkerleistung und an Ihre Lautsprecher gestellt werden, um das originalgetreu zu reproduzieren. Und vergessen Sie nicht Ihre Nachbarschaft...

CX blieb, ähnlich wie Quadro, eine Randerscheinung. Bei CX vermässelten die Lizenzpolitik und eine eingeschränkte Verfügbarkeit von Titeln den Durchbruch, bei Quadro standen die Vielfältigkeit der Systeme und der zusätzliche erhebliche Mehraufwand bei den Geräten der Verbreitung entgegen. Zudem war eine Ablösung in Form der CD angekündigt. Aber das ist ein anderes Thema...

Ich hätte diesen Artikel auch etwas kürzer und konzentrierter schreiben können:

Haben Sie nur Schallplatten zu Hause, die nach 1960 gepresst wurden, können Sie mit einer (sphärischen) Nadelverrundung von ca. 17 µm und einer RIAA-Entzerrung ganz wunderbar Musik hören.

Haben Sie auch Vinyl-Schallplatten zu Hause, die vor 1960 erschienen sind, kommen Sie für ein authentisches Hören um die Anschaffung eines umschaltbaren Vorverstärkers und einer zusätzlichen Abtastnadel mit ca. 25 µm Verrundungsradius (sphärisch) nicht herum.

Finden sich noch Schellackplatten in Ihren Regalen, ist die Anschaffung eines weiteren, umschaltbaren und speziell für Schellackwiedergabe ausgerüsteten Vorverstärkers und eines Abtastsystems mit einer Nadelverrundung von ca. 65 µm obligatorisch.

Allerdings hätte dann das Lesen nicht so viel Spass gemacht. Ausserdem denke ich, dass das Wissen um die Hintergründe hilft, die Limitierungen zu erkennen und gezielt hinauszuschieben. Trotz der Ausführlichkeit mussten viele Aspekte nur gestreift oder gar weggelassen werden. Dieses Thema füllt üblicherweise ganze Bücher und ist dann immer noch nicht umfassend abgehandelt. Ich hoffe aber, ich konnte Ihnen einen Einblick in die Entwicklung der Schallplatte geben und Ihnen auch etwas Unterstützung bei der Identifizierung von Schallplatten und dem Einsatz der richtigen Geräte geben. Damit all das nicht noch umfangreicher wird, finden Sie auf der Homepage (www.aaa-switzerland.ch) in der Rubrik «Unsere Zeitschrift» eine Liste mit Literaturhinweisen.