

Alte Tonträger und ihre Fehlerquellen

Historische Aufnahmen sind, wie alle antiken Kunstwerke, generell durch verschiedene Fehlersignale verschmutzt. Hier ein paar Beispiele: hohes Grundrauschen infolge der damaligen mangelhaften Aufnahmetechnik, rauschähnliche Signale als Folge einer mechanischen Abtastung und Knackser sowie Dropouts (kurze Aussetzer) als Folge fehlerhafter Magnetband- bzw. Tonbandgeräte oder Kopiereffekte auf Magnetbändern als Folge physikalischer Effekte über lange Lagerzeiten. Hinzu kommt aus heutiger Sicht ein mangelhafter Frequenzgang oder Brummen wegen technischer Unzulänglichkeiten.

Aber auch die Alterung von Tonträgern oder ihre unachtsame Behandlung, gleich ob aus Fahrlässigkeit, Unkenntnis oder im Laufe kriegerischer Auseinandersetzungen, haben die Audioqualität der Tonträger beeinträchtigt. Insofern wurde schon frühzeitig die Aufgabe erkannt, historische Aufnahmen vor der Neuauflage von technischen Fehlern so weit wie möglich zu befreien. Das hängt sicher auch damit zusammen, dass man seit längerem über die Bewahrung von Kulturgütern nachdenkt, auch weil man sich inzwischen über den Verlust von Informationen mehr Gedanken machen muss. Darauf wurde ja schon hingewiesen. Leider wurde dabei manchmal auch der Fehler gemacht, nach der Restaurierung die Originale zu vernichten, denn mit den heutigen Restaurierungstechniken könnten die Originale sehr viel besser restauriert werden.



Bild 8. Walkman, für Jahrzehnte ein Standard im Rundfunkbereich, die NAGRA.

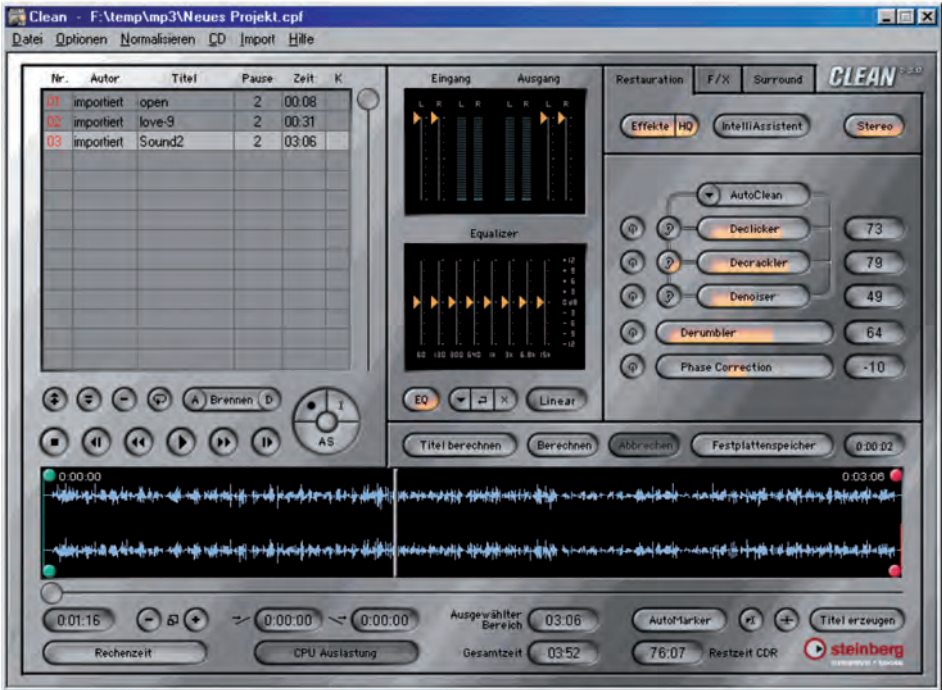


Bild 9. Es war einmal, CLEAN wird nicht mehr angeboten: Einfach zu bedienen, braucht aber viel Rechenleistung wenn alle Waschgänge in einem Rutsch durchgeführt werden sollen.

Bevor allerdings die verschmutzten Tonkonserven elektronisch „gewaschen“ werden können, müssen sie mithilfe eines Abspielgeräts digitalisiert und auf die Festplatte des PCs überspielt werden. Das setzt in den meisten Fällen die Kenntnis antiker Techniken voraus. Nicht nur, dass man die unterschiedlichen Formate bei alten Schellackplatten kennen muss, hier gibt es zahlreiche Varianten zum immer wieder genannten Kennwert 78 U/min, sondern auch bei den noch nicht so alten Vinylplatten muss man die Unterschiede zwischen den verschiedenen Abtastsystemen moderner Schallplattenspieler kennen, damit nicht schon bei der Aufnahme der Frequenzgang des Musikstücks verbogen wird.

Sind die Tonkonserven erst einmal unter Beachtung aller Notwendigkeiten digitalisiert, beginnt die Hauptarbeit. Ebenso wie man ein verschmutztes Wäschestück behandelt, versucht man die verschmutzten Aufnahmen möglichst in einem Vollwaschgang zu reinigen, wenn möglich – um im Bild zu bleiben – eine ganze Waschtrommel auf einmal, beispielsweise alle Titel einer Plattenseite. Das setzt natürlich voraus, dass zuvor der Grad der Verschmutzung richtig eingeschätzt wird. Ebenso sollte man wissen, welche Behandlung und welches Waschmittel das Wäschestück verträgt. Nicht jedes Wäschestück darf man kochen, um noch



den letzten Schmutz zu entfernen. Das gilt auch für verschmutztes Audio. Hier muss durch Hören versucht werden, den Grad der Verschmutzung festzustellen, um danach das richtige Waschmittel zu wählen und das optimale Waschprogramm einzustellen. Deshalb blieb es in der Vergangenheit oft nicht aus, dass besonders hartnäckige Flecken von Hand entfernt werden mussten. 2008 ist man da besser dran. Es gibt inzwischen auch elektronische Fleckenentferner, dazu hier nur das Stichwort Spectral Cleaning. Hinzu kommt oft eine Nachbesserung des Klanges der gereinigten Aufnahme entsprechend dem Nachfärben eines durch heftiges Waschen zu sehr ausgebleichten Wäschestücks.

Lange Zeit war die Restaurierung historischen Audiomaterials mit so hohen Kosten verbunden, dass diese Arbeiten nur bei künstlerisch und kulturhistorisch wertvollen Aufnahmen durchgeführt wurden, weil dann die Audio-CD auch entsprechend teuer verkauft werden konnte. Inzwischen ist das Angebot an Waschprogrammen für den PC so groß und vielfältig geworden, dass man leicht den Überblick verlieren kann. Nicht nur bringen einige professionelle Wave-Editoren Funktionen zum Ausbessern akustischer Fehlstellen gleich mit oder können mit entsprechenden Plug-ins zur Lösung dieser Aufgabe nachgerüstet werden, auch Brennprogramme für Audio-CDs wurden inzwischen mit Optionen zur Fehlerbereinigung ausgestattet.

Für gehobene Ansprüche werden einige ausgesprochene Spezialprogramme für den PC angeboten, denn es ist nicht zu erwarten, dass die Waschoptionen von Brennprogrammen die gleiche Leistungsfähigkeit wie die Spezialisten haben, obwohl die Algorithmen oft aus der gleichen Software-Schmiede stammen. Andererseits werden viele Anwender den vollen Leistungsumfang gar nicht benötigen, zumal manche Reinigungsspezialisten dem Anwender auch einiges an musikalischen und physikalischen Vorkenntnissen und Einarbeitungszeit abfordern. Eine Erfahrung aber gleich vorneweg: Wer sich nicht allzu sehr in Spezialfunktionen vertiefen will und dessen Aufgaben nicht allzu anspruchsvoll sind, sollte sich für ein Programm entscheiden, das für alle Einstellungen eine Vorschau in Echtzeit anbietet. Das kann viel Zeit und Arbeit sparen. Allerdings muss auf jeden Fall ein PC mit angepasster Rechenleistung zur Verfügung stehen, denn Waschprogramme, die in einem Durchgang reinigen, brauchen viel Rechenleistung.

Tonträger für historische Musikaufnahmen sind hauptsächlich Wachswalzen, Wachs-, Schellack- und Vinylplatten sowie Magnetdraht, Magnetband (Tonband und Kassette) und Lichttonfilm. (Inzwischen muss man zwar auch schon CDs restaurieren, das ist aber kein Thema in Bezug auf die Restaurierung sondern betrifft das Thema Datenrettung.) Auch wenn die Tonträger nicht beschädigt sind, entspricht die Signalqualität historischer Tonträger nicht mehr den heutigen, von der digitalen Audiotechnik verwöhnten Vorstellungen. Andererseits hat der historische Klang inzwischen durchaus seine eigene Ästhetik, die es zu berücksichtigen gilt. Bei der Aufarbeitung historischer Aufnahmen muss man daher zwei Produktionsschritte unterscheiden: Restaurierung und Remastering.

- Mit der Restaurierung sollen historischer Aufnahmen so weit wie möglich von den verschiedenen Störsignalen befreit werden. Man versucht also, eine Aufnahme in den akustischen Zustand zu transformieren, den sie am Tage der Herstellung hatte. Entsprechend der

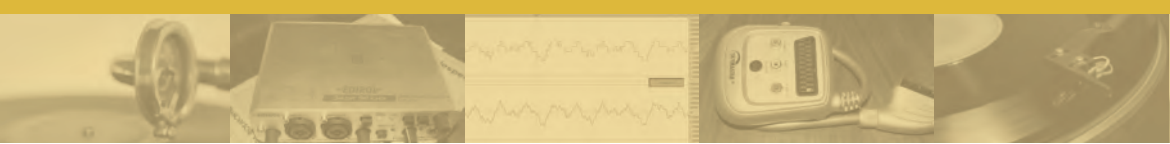


Aufnahmetechnik: Aussteuerung und Signalaufbereitung

Welche speziellen Anforderungen die Aufnahme von Schallplatten oder Magnetbändern an die analogen Geräte stellt, wurde unter der entsprechenden Überschrift bereits beschrieben. Damit sollten dem Leser die Gegebenheiten und Notwendigkeiten außerhalb des PCs hinreichend bekannt sein. In diesem Kapitel stehen deshalb im folgenden die Themen im Vordergrund, die die Musikaufnahme, sie ist ja im PC-Tonstudio gleichzusetzen mit der Digitalisierung, auf der Seite des PCs erfordert. Dazu gehört zunächst das Thema Aufnahme, denn irgendwie müssen ja die Audiosignale von den alten Tonträgern auf die Festplatte gelangen. Unabdingbar sind dazu die Analog-Digital-Wandler (AD-Wandler), die ein integraler Bestandteil von Wave- und Soundkarten sind.

Als Soundkarten werden solche PC-Erweiterungskarten bezeichnet, die neben den analogen und digitalen Schnittstellen auch über ein Klangerzeugungsmodul verfügen, also eigene Klänge erzeugen können. Dabei ist es egal, mit welcher Technik der Synthesizer arbeitet, und ob die Karte mit zusätzlichen DSP-Funktionen zur Klangbeeinflussung ausgestattet ist. Als Wave-Karten werden solche Erweiterungskarten bezeichnet, die im eigentlichen nur die analogen und digitalen Schnittstellen haben und oft durch zusätzliche DSP-Funktionen so leistungsfähig sind, dass mit ihnen eine mehrkanalige Audioverarbeitung möglich ist. Wer also mit seinem PC keine Musik erzeugen will, benötigt nur eine Wave-Karte. Trotz dieses feinen Unterschieds wird im Weiteren der Begriff Soundkarte benutzt.

Grundsätzlich kann eine Überspielung der analogen Signale auf die Festplatte die Signalqualität nicht verbessern. Bei der Digitalisierung werden eher noch Fehler hinzugefügt. Insofern geht die Qualität der Wave-Karte in die Qualität der Restaurierung ein. Fehler, die bei der AD-Umsetzung gemacht werden, können zwar unter Umständen, aber dann nur mit einem hohen Zeitaufwand korrigiert werden. Zu den Notwendigkeiten der Vermeidung von Aufnahme Fehlern gehört z. B. die korrekte Aussteuerung, denn alle Fehler, die hierbei gemacht werden, können so gut wie gar nicht mehr korrigiert werden. Werden die Aufnahmen zu hoch ausgesteuert, kommt es zum gefürchteten Clipping. Nicht allein, dass alle Signalinformation, die über der Aussteuerungsgrenze liegen, verloren gehen, das Clipping erzeugt auch sehr große Verzerrungen, die anders zu bewerten sind als die Verzerrungen bei einer analogen Übersteuerung. Glücklicherweise wird von manchen Programmen eine Funktion zur Clip-Korrektur angeboten. In der Regel können sie aber nur geringe, also im Bereich von Millisekunden liegende Übersteuerungsspitzen kompensieren. Den Informationsverlust, den eine längere Übersteuerung zur Folge hat, können auch sie nicht wieder aufholen. Wird das Signal unterausgesteuert, so reduziert sich nicht nur automatisch der Dynamikbereich, sondern im sogenannten Footroom lauern auch Fehlerquellen, die für den typischen digitalen Klang verantwortlich sind.



4.1 Vorverstärker, Soundkarte und Line-Verbindung

Vom Dynamikumfang reichen für Restaurierungsaufgaben in der Regel die üblichen 16 Bit von Soundkarten-AD-Wandlern aus, denn die Schallplatte hat eine Dynamik in der Größenordnung von 50 dB, Kassettenrecorder erreichen ohne spezielle Rauschunterdrückung etwa 60 dB. Noch etwas mehr an den Signal-Rauschabstand der Digitalisierung fordern HiFi-Kassettenrecorder mit Rauschunterdrückung und HiFi-Tonbandgeräte. Da kann es dann schon etwas enger werden. Wie eng zeigt das unter 4.2.3 abgebildete Aussteuerungsdiagramm (Bild 104). Besser sind da schon die Soundkarten mit 18-Bit-AD-Wandlern, zumal solche hochwertigen Soundkarten auch andere wichtige Qualitätsparameter wie geradlinigen Frequenzgang oder minimale Verzerrungen garantieren. Wenn es um Audioqualität geht, sollten Billigsoundkarten nicht verwendet werden, zumal 2008 genügend preisgünstige Audiokarten angeboten werden, die sogar mit AD-Wandlern mit 24 Bit Auflösung ausgestattet sind. Für den technisch weniger Begabten stehen inzwischen viele externe Soundkarten bereit, die über die USB- oder in manchen Fällen über die Firewire-Schnittstelle angeschlossen werden. Einen Schraubenzieher braucht man dann für die Installation der Soundkarte nicht mehr. Insofern soll hier auf die Soundkarte an sich nicht näher eingegangen werden. Allerdings sollte man bei diesen Soundkarten ein Rückgaberecht vereinbaren, denn nicht immer gelingt die Installation oder es treten in manchen Konfigurationen Betriebsfehler auf, weil die Treiber nicht für alle Eventualitäten gerüstet sind. Hier hat man wohl die gleiche Situation wie bei den frühen Generationen der Einbau-Soundkarten. Gleiches kennt man auch von den einige Zeit lang angebotenen PCMCIA-Soundkarten, bei denen die Treiber manchmal nur einen bestimmten Chipsatz unterstützten. Zudem bekommt man beim neuen Windows Vista Probleme mit älterer Hardware, denn nicht jeder Hersteller wird die Prozedur der nun geforderten Treiber-Zertifizierung auf sich nehmen wollen, damit sie in das rigorose Kopierschutzsystem passt.

Externe Soundkarten haben zudem einen unbestrittenen Vorteil. Weil bei ihnen alle analogen Schaltungsteile außerhalb des PCs liegen, werden sie auch sehr viel weniger durch die vielen Frequenzen innerhalb des PCs gestört. Bild 79 zeigt die Störeinstrahlung einer guten internen Soundkarte. Auch wenn die maximale Störspannungsspitze hier unter 100 dB liegt, so muss man wissen, dass schon ein 18-Bit-AD-Wandler einen theoretischen Signal-Rauschabstand von 106 dB hat. So ist es nur konsequent, wenn es neben den bereits genannten USB-Soundkarten auch solche gibt, die aus zwei Teilen bestehen: einer internen PC-Erweiterungskarte und einer externen Breakout-Box. In dieser Box sind dann alle auf Störungen empfindlich reagierenden analogen Schaltungen einschließlich der AD- und DA-Wandler untergebracht.

Für den Musikfreund, der bisher nur mit der Audiowelt außerhalb des PCs zu tun hatte, wird es überraschend und sogar ärgerlich sein, dass sich die Soundkarten-Hersteller über die Audioqualität ihrer Produkte im Wesentlichen ausschweigen. Selten findet man die komplette Angabe aller für Audio relevanten Parameter. Glücklicherweise gibt es ein kostenloses Pro-

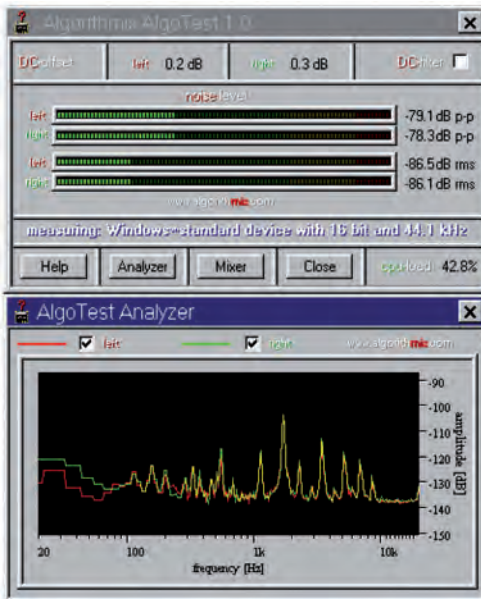


Bild 79. Fehlersignale mit tonalem Charakter durch Einstreuerungen bei einem offenen Kanal der Soundkarte.

gramm, mit dem die Soundkarte getestet werden kann. Dieser Test erfolgt rein intern. Der RightMark Audio Analyzer ist ein Open-Source-Programm von einem unabhängigen Entwicklerteam (<http://audio.rightmark.org>) zum Testen der Soundkarten-Qualität. Das Programm untersucht im Einzelnen die folgenden Kennwerte der installierten Soundkarte: Frequenzgang, Rauschpegel, Dynamikbereich, Klirrfaktor plus Rauschen, Intermodulationsverzerrungen und Stereo-Übersprechen (Bild 80). Als Testsignal für den Frequenzgang wird ein fest programmiertes Digitalsignal eingesetzt, das in etwa die spektrale Verteilung eines komplexen Musiksignals aufweist. Für die Messung des Rauschpegels wird ein Signal mit Digital Ruhe verwendet. Das Programm ermittelt damit die Werte für die effektive Rauschleistung (auch gewichtet in dBa) über den Spitzenpegel und den Gleichspannungs-Offset. Der Dynamikbereich wird mithilfe eines Sinussignals gemessen, ebenso der Klirrfaktor. Für die Messung von Intermodulationsverzerrungen wird ein aus zwei Frequenzen zusammengesetztes Signal verwendet, deren Frequenzen sich vorgeben lassen. Wichtig ist, dass vor allen Messungen die optimalen Pegel durch einen Abgleich ermittelt werden (adjust). Nach dem Programmstart kann man, angelehnt an die Körperschallpeilung bei U-Booten, einen Ping auslösen, der die Bereitschaft der Soundkarte zur Messung bestätigt. Danach werden die gewünschten Optionen eingestellt, beispielsweise ob in den Akustik-Messmodus mit seinem erweiterten Frequenzbereich umgeschaltet werden soll, in dem allerdings nur der Frequenzgang gemessen werden kann.

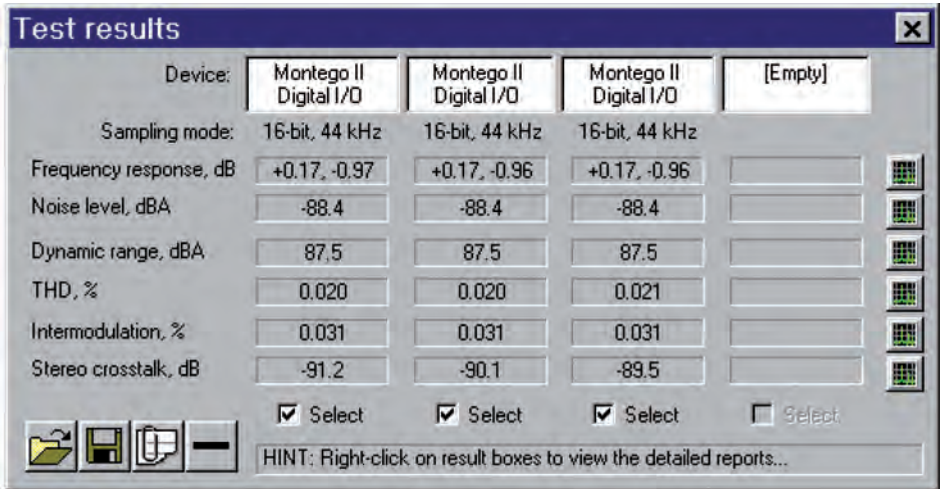


Bild 80. Durch die Speicherung von Messergebnissen kann die Langzeitstabilität der Soundkarte überwacht werden.

Nach dem Ping und noch vor der eigentlichen Messung werden mithilfe des Software-Mischpults der Soundkarte in einem zweiten Schritt die korrekten Signalpegel am Ein- und Ausgang eingestellt. Anschließend kann ein Wizard gestartet werden, der die verschiedensten Messmodi anbietet:

- Test der Soundkarte mit fester Verbindung zwischen Ein- und Ausgang,
- nur Wiedergabe, die Aufnahme übernimmt ein zweiter PC,
- nur Aufnahme, die Wiedergabe übernimmt ein zweites Gerät,
- Erzeugen eines Testsignals im Wave-Format und
- Analysieren einer Wave-Datei mithilfe eines Testsignals.

Praktisch ist, dass die Messergebnisse nicht nur gespeichert, sondern auch geladen werden können, um sie mit neuen Messergebnissen vergleichen zu können. Dafür stehen gewissermaßen vier Einschübe zur Verfügung. Auf diese Weise lässt sich die Langzeitstabilität der eingebauten Soundkarte überprüfen. Gerade weil das Programm nichts kostet und so einfach zu bedienen ist, empfiehlt es sich, solche Messungen in bestimmten Zeitabständen zu wiederholen. Nicht jeder Fehler der Soundkarte ist sofort und direkt hörbar. Noch gefährlicher sind solche Fehler, die durch Driften oder Alterung die Kennwerte der Soundkarte zunächst nur sehr geringfügig, über einem längeren Zeitraum aber massiv verschlechtern können.

4.1.1 Line-Verbindung

Alle Soundkarten verfügen über je einen analogen Line-Eingang und -Ausgang. Mechanisch ist dieser wegen des Platzmangels meist als 3,5-Millimeter-Stereo-Klinkenstecker ausgeführt.