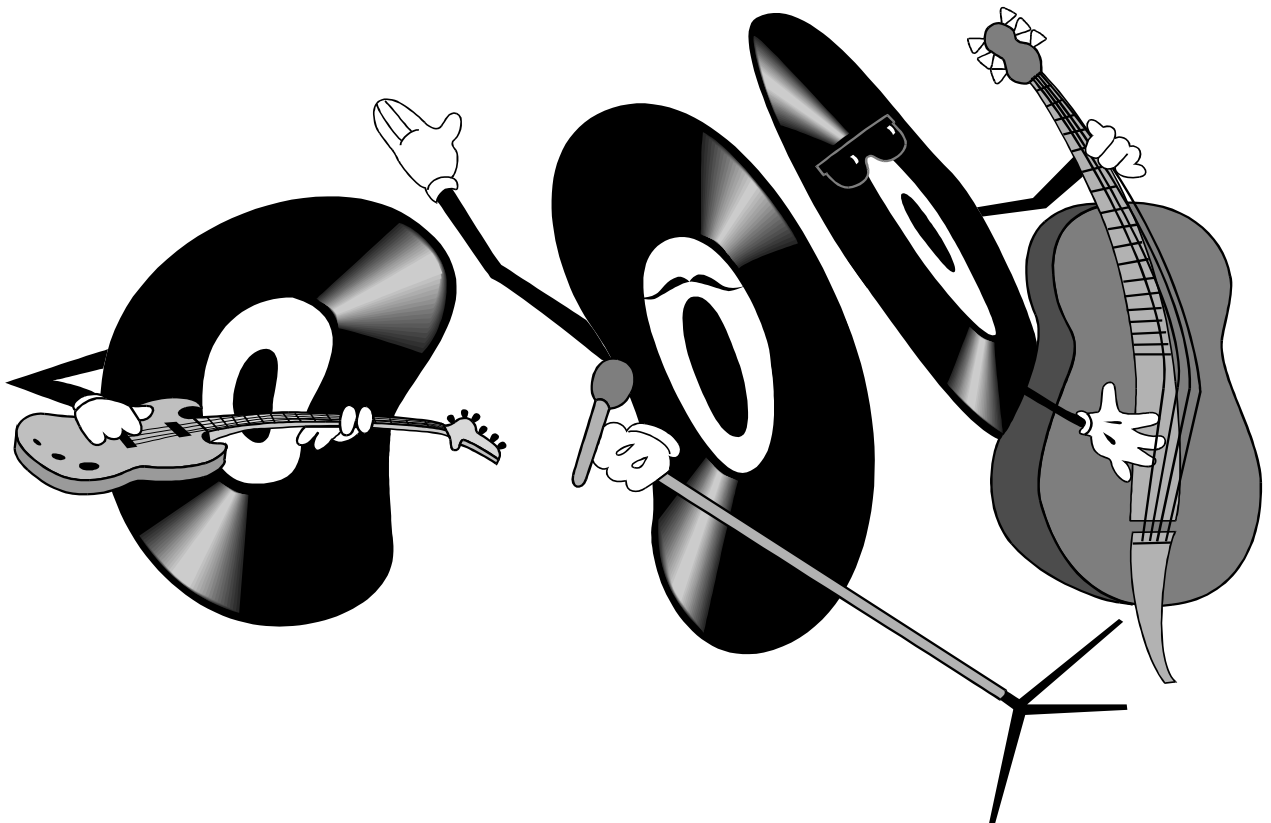


# *Tonstudio Service*



## Tonstudioservice mit dem NTI A2

**NTI's Audio Test und Service Systeme A1 und A2 konnten sich in den letzten Jahren einen vorderen Platz in Service-Werkstätten und Meßlabors erobern. Ein nicht unerheblicher Anwenderkreis sind Rundfunkanstalten und Tonstudios, beziehungsweise sie betreuende Techniker. Was man mit dem A2 im Studio so alles anstellen kann, zeigt der folgende praxisnahe Bericht aus der Sicht eines Anwenders.**

Für interessierte Leser, denen die Bezeichnung A2 noch nichts sagen sollte, zuerst eine kurze Übersicht der zur Verfügung stehenden Meßarten:

- Level: Pegelmessung in Volt oder dBu/dBV/dBm
- Level Relativ: wie Level, durch 'Set Ref' wird der aktuelle Wert zu 0 dB
- THD+N: Klirrfaktor in Prozent oder dB
- IMD: Intermodulationsverzerrungen nach allen Normen
- W&F: Gleichlaufschwankungen nach NAB und IEC
- Noise: Wie Level, aber mit Quasi-Peak Gleichrichtung und Bewertung
- Noise Relativ: wie Noise, durch 'Set Ref' wird der aktuelle Wert zu 0 dB
- Crosstalk: Übersprechen mit selektivem Bandpass
- Level Selektiv: wie Level, aber mitlaufender Bandpass
- Phase: Phasenmessung bis  $\pm 180^\circ$
- Frequenz: 2-kanal simultan in allen Modi (10 Hz bis 200 kHz)

Dazu kommt die Möglichkeit, außer W&F alle Messungen als Sweep über die Frequenz, Amplitude als auch die Zeit auszuführen. Bei W&F ist dagegen nur ein Sweep über die Zeit möglich (und sinnvoll). Die am häufigsten benötigten Funktionen sind per Tastendruck direkt aktivierbar, weitere stehen durch einen Doppelklick in Menüs bereit. Die Bedienungsfreundlichkeit, leichte Handhabung und hervorragende Meßgenauigkeit wurde bereits in mehreren Tests einschlägiger Magazine gelobt, und soll hier nicht weiter erörtert werden.

Viele der hier vorgestellten Tips und Verfahrensweisen gelten für mehrere Sparten gleichzeitig, wurden aber nicht mehrmals erläutert. Es empfiehlt sich daher auch ein Blick in andere Kapitel.

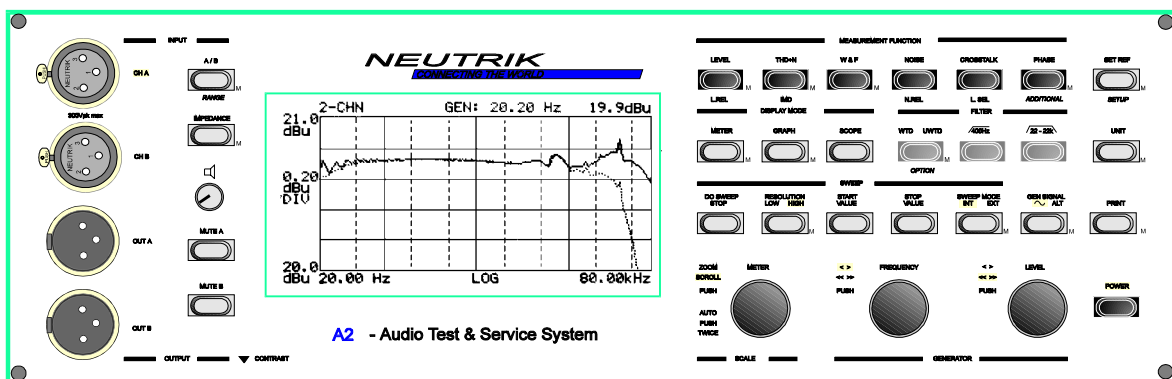


Bild 1 Frontansicht A2

## Mischpulte

Am interessantesten ist an Mischpulten sicher eine Messung des Grundrauschens und der Arbeitsweise der Klangregelung. Der Begriff Rauschabstand sagt leider noch nichts über die verwendete Meßmethode aus. Tatsache ist, daß viele ältere Meßverfahren (Fremd- und Geräuschspannungsabstand, A-Bewertung) an Bedeutung verloren haben. Auch die 'Noise' Messung (Quasi-Peak) des A2 wird von der Industrie nicht immer genutzt. So veröffentlichen nur wenige Hersteller Werte in dBq, und oftmals sind diese einfach nur 6 dB höher als in der Funktion Level (RMS). Die zur Zeit am meisten verbreitete Angabe ist RMS mit Audio-Bandpass, wie sie der LEVEL Modus ergibt. Bewertungsfilter erweisen sich in der Praxis trotzdem als unverzichtbar, da sie die Meßmethode während der Entwicklung oder bei auftretenden Fehlern sinnvoll spezialisieren können.

Während die Konstruktion eines rauscharmen Einzelkanals seit längerem keinem Hersteller mehr Probleme bereitet, scheiden sich auf dem Bus und der Summe Spreu von Weizen. Das A2 kann im Modus LEVEL bis herunter zu -118 dBu messen, ein Wert, den komplexe Elektronik praktisch nie erreicht. Zusammen mit dem üblichen Headroom von +21 dBu müßte die zu untersuchende Schaltung einen Dynamikbereich von 139 dB aufweisen, um das A2 in die Schranken zu weisen.

Das A2 bietet wie erwähnt alle Methoden zur Rauschmessung, Herstellerangaben lassen sich also leicht überprüfen. Interessanter ist es sicher, praxisrelevante Werte zu ermitteln, beispielsweise mit allen Fadern auf 0 dB, den Gain-Potis auf typischen Stellungen, oder der Bandmaschine mit einem leeren Band, aber allen Kanälen geöffnet. Die typischen Werte eines Pultes sollten notiert werden, um später Vergleichsmessungen durchführen zu können.

Ein Mischpult 'klingt' so wie die Klangregelung arbeitet. Das A2 kann dank der Speichermöglichkeit mehrerer Kurven und der problemlosen Anpassung an zu untersuchende Bereiche jeden erdenklichen Equalizer perfekt dokumentieren. Konstant-Q, Variabel-Q, Constant Range, Kuhschwanzcharakteristik oder Mischformen, Trittschallfilter und so weiter - nichts ist unmöglich. Lediglich externe graphische EQs verlangen wegen der hohen Kurvenanzahl den Einsatz der Software AS03 (**Bild 2** und **Bild 3**).

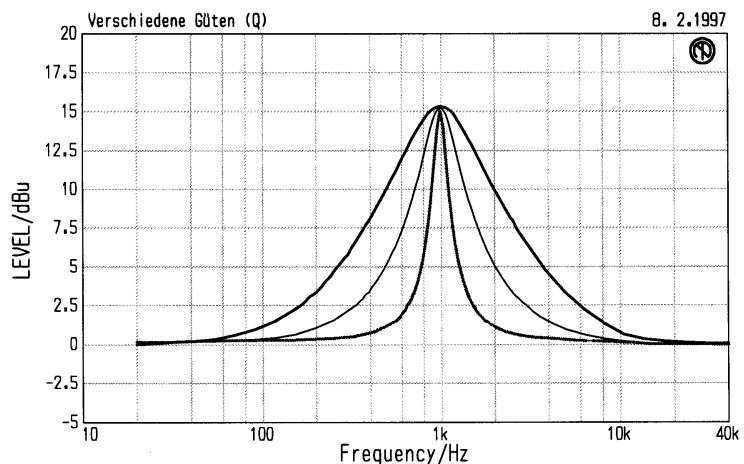


Bild 2 Parametrischer Equalizer mit variabler Güte

Natürlich läßt sich auch der Frequenzgang 'über alles' messen, sei es im Mikrofon-, dem Line- oder dem Tapeeingang. Ebenso die Ausgänge: Master, Monitor, zur Bandmaschine und den Effekten. Liegt hier kein Defekt vor, sind die Frequenzgänge meist linealglatt, und reichen von wenigen Hz bis über 30 kHz.

Der Komplettcheck eines Mischpultes ist sehr zeitaufwendig. Es empfiehlt sich daher, je nach Sachlage die Prüfung zu vereinfachen. So wäre ein Ausfall der Klangregelung sicher dem Toningenieur aufgefallen. Man sollte also eher nach subtilen Fehlern suchen, die bei üblicher Mehrspurarbeit nicht auf Anhieb auffallen. Die Meßfunktion THD+N des A2 vollbringt hier wahre Wunder, schlägt sie doch mehrere Fliegen mit einer Klappe.

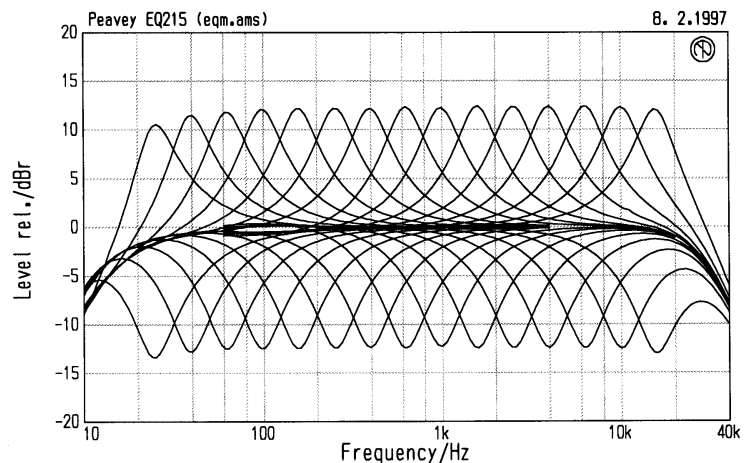


Bild 3 Graphischer Equalizer mit 15 Bändern

Um mit möglichst wenig Aufwand eine möglichst umfassende Prüfung durchzuführen, hat sich in der Praxis die folgende Methode bewährt, die dank der THD+N Messung mit Monitorlautsprecher mehrere Prüfungen gleichzeitig durchführt:

- Alle Potis auf Mittelstellung, die Klangregelung *nicht* deaktiviert, Fader geschlossen, nur die Masterfader stehen auf 0 dB.
- Das A2 liefert nun einen 1 kHz Sinus in den Mikrofon- beziehungsweise Lineeingang. Der Pegel ist so einzustellen, daß das Pult circa 10 dB unter der Klippgrenze bleibt.

Geprüft wird also der gesamte Signalweg eines Kanals inklusive der Summe. Üblicherweise liegt der jetzt meßbare Klirrfaktor bei unter 0.02 %. Der absolute Wert kann variieren, sollte aber auf allen Kanälen identisch sein. Das A2 zeigt neben dem Klirrfaktor auch den Pegel in der untersten Displayzeile, es ist also gleichzeitig eine Kontrolle des Gain möglich, der bei gleicher (Gain-) Potistellung der einzelnen Kanäle nur wenig unterschiedlich sein sollte.

Der Monitorlautsprecher des Meßgerätes gibt bei THD+N nun nicht den eingespeisten 1 kHz Sinus wieder, sondern alles außer diesem, nämlich das vom Notchfilter um den Sinus befreite Restsignal. Damit erhält man eine weitere Analysefunktion. Gleichmäßiges Rauschen indiziert eine korrekte Signalverarbeitung. Bei den geringsten Fehlern, die ihre Ursachen in nur leicht defekten Bauteilen oder schlechten Kontakten von Schaltern und Potis haben können, ertönen Nebengeräusche wie auffälliges Rauschen, Krachen und Brutzeln aus dem Lautsprecher. Diese Fehler sind oft im Normalbetrieb gar nicht hörbar, sondern kündigen nur einen baldigen Ausfall an. Oder sie treten nur während eines Signales auf, ein beliebiger Fehler, der mit dem A2 endlich seinen Schrecken verliert. Solche 'Geräusche' finden erfahrungsgemäß im gemessenen Wert lediglich geringe oder sogar keine Entsprechung, blieben ohne den Lautsprecher oft unbemerkt.

Diese umfassenden Analysemöglichkeiten stecken also bereits allein in einer Meßfunktion, ein hervorragender Beweis für die Praxisnähe des Gerätes. Der Check des Pultes gestaltet sich entsprechend komfortabel: Das Generator-Kabel wird nacheinander in alle Kanäle gesteckt, nur jeweils der aktuelle Fader hochgezogen. Ausreißer fallen sofort auf. Der Fehler läßt sich dann leicht einkreisen, indem man das Signal vor dem Summenbus über PFL und Insert abgreift.

Während sich bei neueren Mischpulten die Lage bezüglich der Referenzpegel deutlich gebessert hat (exakte Definition +4 dBu oder -10 dBV für eine Aussteuerungsanzeige von 0 dB), existieren immer noch viele Geräte, deren Anzeigen dem bekannten Begriff 'Schätzzeisen' voll entsprechen. Solcherlei verliert zumindest teilweise seinen Schrecken, denn Pegel jeder Art lassen sich mit dem A2 nicht nur generieren, sondern auch genauestens messen. Die Justage von Aussteuerungsanzeigen und Peakmetern wird zum Kinderspiel. Einzige Einschränkung: Alte mechanische VU-Meter mit dem berüchtigten 6 dB-Vorlauf zeigen auch nach einer Justage weiter wenig nützliche Werte an.

Interessant erscheint in diesem Zusammenhang ein Check der Overload (LED) Anzeigen. Im Normalfall sollten diese mindestens 3 dB vor der tatsächlichen Clipping-Grenze aufleuchten, da Musikmaterial kurze Spitzen enthält. Wichtig: Arbeitet die Anzeige unabhängig vom EQ, nur vor, nur hinter, oder - idealerweise - vor *und* hinter dem EQ? Nur dann arbeitet sie wirklich zuverlässig.

Bei älteren Mischpulten ist oft statt einer Umschaltung eine Justage des Tape Send/Return Pegels per Trimpoti möglich. Diese Einstellung muß im allgemeinen nur ein Mal erfolgen, dabei sollten die Meter der Subgruppen und des Master Out gleich mit geprüft werden. Kritisch ist auch der Pegel an der Send/Return Buchse des Channel Inserts. Dieser läßt sich leider meist nicht justieren, es ist aber auf jeden Fall wichtig zu wissen, welcher Pegel dort bei korrekter Aussteuerung des Kanals ansteht, um die Effektperipherie korrekt angepaßt zu betreiben. Was natürlich noch mehr für die mit Aux beziehungsweise Pre/Post bezeichneten Ausgänge zutrifft.

## Fehlersuche

Das Einkreisen von Fehlern wird mit dem A2 zum Kinderspiel. Wie mit einem (nur sehr vielseitigeren) Signalverfolger läßt sich die genaue Ursache der Störung komfortabel lokalisieren.

Ein Beispiel: Ein einfaches 12-Kanal Pult mit 3-Band Klangregelung zerrt auf zwei Kanälen. Der Fehler ist bekannt, die antiparallelen Schutzdioden (1N4148) vor dem Eingangs-OV sind durchgeschlagen. Dieser Effekt führt leider nicht immer zum sofortigen Totalausfall, oft weisen die Dioden laut Multimeter weiterhin ihre normale Sperrspannung auf. Das A2 kann hier sehr viel praxisnäher testen. Zuerst sind alle Potis und die Masterfader auf Mittelstellung zu bringen. Nun mißt man THD+N im ersten Kanal, stellt den Ausgangspegel des Generators 10 dB unter die Clipping-Grenze des Pultes. Der Klirrfaktor liegt bei circa 0.02 %. Ein Kanal mit nur leicht beschädigten Schutzdioden dagegen liegt nicht unter 0.5%! Zusätzlich kann der Monitorlautsprecher wichtige Informationen über Brutzel- und Knackgeräusche geben, die von beschädigten OV's mit erhöhtem Offset oder den Dioden herrühren, und sich im gemessenen Wert wenig bis gar nicht bemerkbar machen.

## Endstufen

Bei Endstufen denkt man sicher zuerst an hitzebeständige Lastwiderstände und einen Abgleich des Ruhestromes mit einem Digitalvoltmeter. Doch bei näherer Betrachtung zeigt sich, daß das A2 auch hier hervorragend einzusetzen ist. Um den Lastwiderstand kommt man natürlich nicht herum, und auch das Voltmeter ist für Gleichspannungsmessungen unverzichtbar. Darüber hinaus kann das A2 aber die vorhandenen Analysemöglichkeiten geradezu potenzieren.

Der einfachste Anwendungsfall ist natürlich eine Messung des Frequenzganges. Endstufen sollten idealerweise einen identischen Frequenzgang im Leerlauf und mit Belastung (Lautsprecher, hier Lastwiderstand) aufweisen. Es lohnt sich also, den Sweep auch belastet und nahe an der Asteuerungsgrenze zu fahren. Schwächen im Netzteil sind bei modernen Geräten jedoch kaum auszumachen, sollten also nicht nachweisbar sein.

Klirrfaktormessungen über die Amplitude waren bei Poweramps schon immer ein Eldorado für interessante Ergebnisse. Übliche Konzepte im Class A/B Betrieb zeichnen sich durch einen wannenförmigen Verlauf des Klirrfaktors aus, welcher beim Erreichen der Clipping-Grenze sprunghaft ansteigt. Besonders interessant: Der Klirrfaktor über die Frequenz belastet und unbelastet. Hier läßt sich die Qualität des Netzteils sehr viel besser detektieren als im Pegelsweep (**Bild 4**).

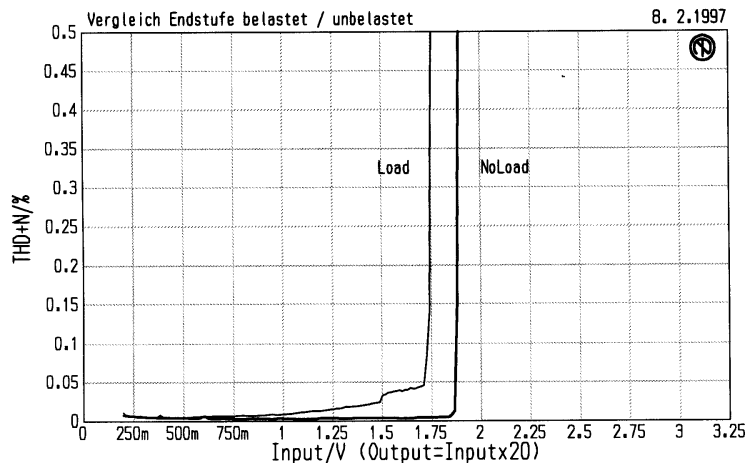


Bild 4 Klirrverhalten einer Endstufe

Interessant ist im Zusammenhang mit der Einstellung des Ruhestromes, daß dieser bei vielen Geräten per Klirrfaktormessung besser abzugleichen ist als mit einem Voltmeter. Das hat mehrere Gründe, hauptsächlich wohl eine Toleranz der Bauteile (beispielsweise die Stromverstärkung der Treiber und Endtransistoren), welche den festen Wert des Herstellers in Frage stellen. Der Test ist einfach: Man messe den Klirrfaktor bei 100 Hz und geringem Ausgangspegel (circa 1 V). Verstellt man nun den Ruhestrom zu geringeren Werten, steigt der Klirrfaktor, bei höheren Werten nimmt er ab.

Würde diese Einstellung streng linear verlaufen, müßte man den Ruhestrom auf den höchsten Wert justieren. Dem ist jedoch nicht so. Im unteren Bereich steigt der Klirrfaktor tatsächlich, im höheren erreicht man jedoch einen Punkt, ab dem sich keine signifikante Verbesserung mehr ergibt. Genau dort ist der Ruhestrom für größtmögliche Fidelity und geringste Erwärmung festzulegen. Tatsächlich wird ein Check mit dem Voltmeter einen Wert in der Nähe der Hersteller-schriften ergeben.

Das Thema Rauschabstand ist bei Endstufenherstellern nicht sonderlich beliebt. Getrennte Netzteile, starke Magnetfelder und 'günstiges' Schaltungsdesign stehen Meßergebnissen wie denen von üblichem Studioequipment im Wege. Und doch: Wenn es wirklich hörbar rauscht und brummt, liegt es eigentlich nie an der Endstufe, sondern der Elektronik davor.

Der Rauschabstand wird zur Schönung der Meßwerte fast immer als Dynamik, bezogen auf die maximale Ausgangsspannung (respektive Leistung) angegeben. Dank LEVEL RELATIV sind solche Angaben mit dem A2 leicht nachzuvollziehen. Man fahre die Endstufe bei 1 kHz mit Lastwiderstand nahe an die Clipping-Grenze, drücke SETREF und MUTE, schon ist der entsprechende Wert im Display abzulesen.

Als nützlich erweisen sich hier wieder der Audio Bandpass (sollte eingeschaltet sein), und der 400 Hz Hochpass. Liegen auf dem Ausgangssignal der nicht angesteuerten Endstufe Brummannteile, führt das Zuschalten des Hochpass zu deutlich besseren Werten. Auch der Monitorlautsprecher hilft, das Grundgeräusch qualitativ zu beurteilen. Übliche Werte für Endstufen um die 100 Watt liegen bei 100 bis 110 dB.

Endstufen werden heute fast ausschließlich im 'closed loop' Design konstruiert, mit einer Rückkopplungsschleife vom Ausgang zum ersten Differenzverstärker. Insofern ist ein Einsatz des A2 als Signalverfolger (mit Oszilloskoptastkopf) sinnlos, denn wenn es wegen eines Defektes zerrt, zerrt es überall. Immerhin lassen sich im Netzteil die Brummspannungen auf den Versorgungsspannungen messen. Defekte Elkos, die gerade unter Last bei höheren Leistungen für ein unsymmetrisches Clipping der Endstufe sorgen, können so schneller und präziser identifiziert werden als mit einem Oszilloskop. Dieser Tip gilt im übrigen generell: Alle Versorgungsspannungen lassen sich mit Tastkopf und der Funktion LEVEL hervorragend untersuchen. So dokumentiert man problemlos unterschiedliche Störabstände an unterschiedlichen Stellen des Platinendesigns, oder die durchweg schlechtere Stabilisierung von negativen Spannungsreglern (-65 dBu) gegenüber positiven (-80 dBu).

## Peripherie

Ein Studio besteht hauptsächlich aus drei Dingen: Mischpult, Bandmaschine und einem Rack voller Effektgeräte. Diese sind meist nicht von einem Hersteller, sondern bunt zusammengewürfelt. Damit ergibt sich oft die Notwendigkeit, Aussteuerungsgrenzen, Rauschabstände und maximale Eingangspegel zu ermitteln und zu dokumentieren. Denn auch im Tonstudio gilt: Nur wenn der Toningenieur weiß was er tut, ist das Ergebnis berechenbar und nachvollziehbar.

Um auf alle Geräte schnellen (Meß-) Zugriff zu haben, empfiehlt sich die Anfertigung zweier Adapterkabel, von XLR auf TT (Tiny Telephone). Damit kann man alle an die Patchbay angeschlossenen Geräte erreichen, ohne sich hinter das Rack und durch die Verkabelung kämpfen zu müssen. Natürlich ergibt sich so auch eine Prüfung der Wege von und zur Patchbay. Falls es dabei zu Brummproblemen kommt, hilft ein Entfernen der Masseverbindung im XLR-Stecker des Adapterkables im Generatorweg, also des Ausgangs des A2.

Die vielfältigen Analysemöglichkeiten des A2 sind im Tonstudio auch in anderer Hinsicht nützlich: Um die eigentliche Wirkungsweise diverser Effektgeräte (Exciter, EQ, Compressor etc.) besser verstehen und qualitativ einschätzen zu können. So weiß jeder Toningenieur vom unterschiedlichen Klang verschiedener Compressoren zu berichten. Wenn etwas 'klingt', läßt sich das jedoch auch meßtechnisch erfassen.

**Bild 5** zeigt Amplitudensweeps an verschiedenen Compressoren. Deutlich zu sehen ist der unterschiedliche Übergangsbereich. Der klassische Compressor weist einen exakten Thresholdpunkt auf (hier -40 dBu), ab dem eine Pegelreduzierung mit dem jeweils eingestellten Ratio eintritt. In der Abbildung wurde ein Ratio von 4:1 gewählt, eine Erhöhung des Eingangssignals um 4 dB bewirkt demzufolge eine Erhöhung am Compressorausgang um 1 dB. Skaliert man X- und Y-Achse gleich (beispielsweise 5 dB/Div), kann man den Ratio direkt am Verhältnis der Teilungen X/Y ablesen. Außerdem läßt sich so auch die Skalierung von Threshold und Ratio auf der Frontplatte des DUT überprüfen.

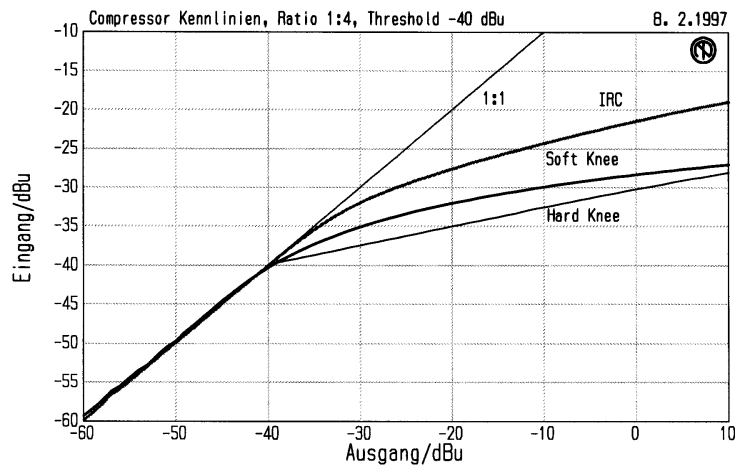


Bild 5 Ratiomessung an Compressor

Die Abbildung zeigt auch deutlich, warum verschiedene Compressoren unterschiedlich klingen: Die Kennlinien verlaufen im Thresholdpunkt exakt (Hardknee), weich (Softknee) oder sehr weich (Super Softknee, IRC u. ä.). Interessant ist in diesem Zusammenhang, wie die Hersteller bei solch weichen bis superweichen Übergängen den exakten Thresholdpunkt definieren, wie er dem Anwender ja auf der Frontplatte präsentiert wird. Genauso beim Ratio: Im hörtechnisch interessanten Bereich (10 bis 20 dB Gain Reduction) durchläuft das Ratio alle Zustände von 1:1 bis 4:1, eine exakte Definition ist also unmöglich. Ein anderer Grund für unterschiedlichen Klang ist das Zeitverhalten für Attack- und Release, welches jedoch nur mit einem zusätzlichen digitalen Speicheroszilloskop erfasst werden kann.

## Harddisc-Recording

Der Markt befindet sich bezüglich A/D- und D/A-Wandlern in ständiger Bewegung. Aus 16 Bit sind inzwischen selbst im unteren Preisbereich 20 Bit geworden, und 24 Bit Codecs stehen kurz vor einer Einführung in den Massenmarkt. Mit dem A2 lassen sich auch ohne Digitaloption A010 qualitative Aussagen über die verwendeten Wandler treffen. Messungen an DAT, Effektprozessoren und modernen Harddisc-Recordingssystemen zeigen zur Zeit, daß die größten Abstriche noch bei der A/D-Wandlung zu machen sind. Was man dort zu sehen (messen) bekommt, grenzt manchmal gar ans Abenteuerliche. **Bild 6** zeigt, wie unterschiedlich Frequenzgänge hierbei aussehen können.

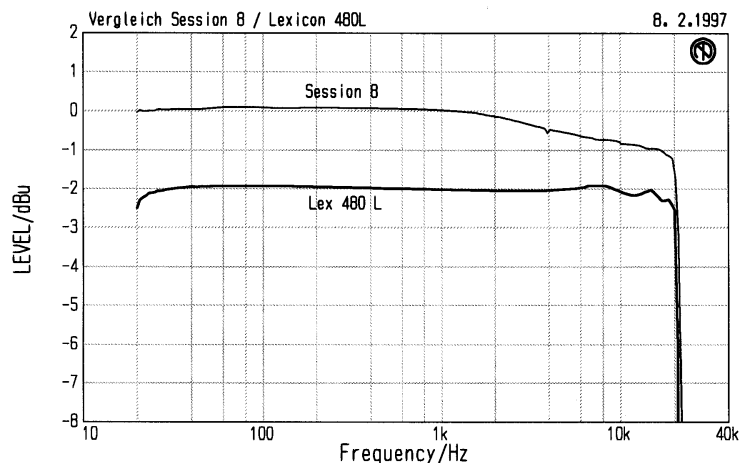


Bild 6 Frequenzgang A/D Wandler

In Punkto Klirrfaktor erreicht man bei hochpegeligen Messungen problemlos 0,005 % oder weniger. Diese Werte gelten aber nur für Vollpegel (0 dBFS). Ein Signal 50 db unter dem maximalen Pegel erzeugt bereits Abtastfehler, welche Klirr und Rauschen stark in die Höhe treiben. Es hat sich daher eingebürgert, THD+N eher bei -50 bis -60 dB zu messen als bei Vollpegel, auch wenn man dann (der Monitorlautsprecher verrät es) eigentlich nur Noise mißt. Trotzdem ergeben sich je nach Wandler enorme Unterschiede (0,7 bis 2,5 %).

Während frühe A/D-Konzepte mit echten 16 Bit Wandlern und teuren sowie aufwendigen Aliasingfiltern daherkamen (**Bild 7**), ist die Industrie aus Preisgründen geschlossen zum Oversampling mit einem oder mehreren Bit gewechselt. Vorteil: Das Aliasingfilter besteht nur noch aus einfachen Tiefpässen mit Operationsverstärker. Für beide Fälle gilt: Das Aliasingfilter läßt sich am besten mit mitlaufendem Bandpass ausmessen, um breitbandiges, die exakte Sperrkurve verdeckendes Rauschen zu entfernen.

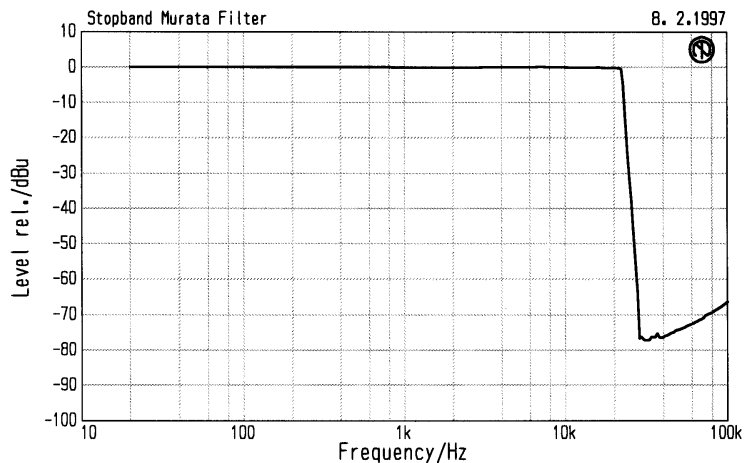


Bild 7 Frequenzgang Aliasing-Filter

Außerdem kann ein Sweep bis 100 kHz mit Vollpegel (ohne Bandpass) aufzeigen, wie gut das Aliasingfilter tatsächlich arbeitet. Spiegelungen der Eingangsfrequenz machen sich als stark ansteigender Pegel im Sweep bemerkbar, wobei nicht die tatsächlich gemessene (oder entstandene) Frequenz im Diagramm als Pegelanstieg erscheint, sondern nur die eine Spiegelung auslösende Generatorfrequenz indiziert wird.

Ein weiterer Aspekt, der die Erfassung sauberer Meßwerte manchmal unmöglich macht, stellt hochfrequentes Störgeräusch dar. Neben der ungenügend gefilterten Abtastfrequenz kann es sich auch um andere 'Digitalgeräusche' handeln. Das Problem: Der Audio Bandpass des A2 kann solche Signale nur ungenügend unterdrücken, da sie zu nah an der oberen Eckfrequenz liegen.

Dazu ein Beispiel: Bei einem 16 Bit A/D-D/A Wandler ohne Eingangssignal ist ein Rauschpegel von -60 dBu zu messen. Mit Audio Bandpass ergeben sich jedoch -75 dBu, ein deutliches Zeichen für einen ungenügenden Tiefpass am Ausgang des DUT. Dieses Ergebnis stellt nun aber immer noch keinen relevanten Wert dar, da das Ohr ja nur bis 16 kHz hört, und zwei Wandler im Vergleich anders beurteilen würde als es die Meßwerte behaupten. Dazu müßte man den Meßbereich steilflankig bei 20 kHz abschneiden, es ergäben sich dann vielleicht -85 dBu. Mit Hilfe eines LEVEL SELEKTIV Sweeps findet sich oft die Störquelle. Ein deutlicher Peak bei 44 kHz verrät den Störenfried schnell.

## Störgeräusche, Signalverfolger

Neben den eingangs aufgelisteten Meßfunktionen ergeben sich weitere Praxisanwendungen, die auf den ersten Blick nicht erkennbar sind. Zum Beispiel erhält man mittels XLR/BNC Adapter und einem üblichen Oszilloskop-Tastkopf einen selbstjustierenden Signalverfolger, der das Signal nicht nur in höchster Genauigkeit mißt (Pegel und Frequenz), sondern auch in relativ konstanter Lautstärke (wegen der automatischen Bereichsumschaltung) über den eingebauten Lautsprecher ausgibt. Über ihn hört man im THD+N Modus das von der Grundwelle gefilterte Restsignal. Dadurch ergeben sich fantastische Analyse-möglichkeiten: Offsetrauschen, krachende Potis und in Signalen versteckte Störgeräusche sind nur einige davon.

Ähnlich das integrierte Oszilloskop, welches über eine automatische Bereichswahl (X/Y) verfügt. Es zeigt im THD+N Modus sowohl die Grundwelle als auch die gefilterte Restwelle. Verzerungsursachen lassen sich dadurch leichter zu identifizieren, gleichzeitig kann man eine Aussage über die entstehenden Harmonischen treffen. Das DSO kann ein herkömmliches Oszilloskop natürlich nicht ersetzen, allein schon wegen der fehlenden DC-Kopplung. Aber das soll es auch gar nicht. Das A2 ist ein portables Meßinstrument. Wer im mobilen Einsatz die Möglichkeit besitzt, das gemessene Signal auch einmal anzuschauen - einfach um Fehlmessungen zu vermeiden - weiß diese vollautomatische Funktion schnell zu schätzen. Dazu kommt obige THD+N Anwendung, welche sich natürlich auch per Ausdruck über die PRINT Taste dokumentieren läßt.

## Überwachung

Das A2 als Wachdienst: Eine ernstzunehmende Anwendung. Immer wieder gibt es Geräte, welche zeitweise ausfallen. Dabei ist es nicht immer leicht zu klären, ob diese Ausfälle am mitverwendeten Equipment (von der Steckdose bis zum Audiokabel) liegen, oder tatsächlich im Gerät passieren. Der Timesweep des A2 arbeitet hier als Spürhund. Man mißt statisch einen Pegel einer Frequenz, und erhält dadurch im Display eine Gerade. Bei Ausfällen ist die Gerade natürlich unterbrochen.

Einen Haken hat das Ganze allerdings. Das A2 unterstützt nur Sweeps mit maximal 200 Meßwerten. Soll das Gerät also eine Stunde lang überwachen, wird nur alle 18 Sekunden der Pegel (und damit auf einen Ausfall) kontrolliert. Echte Langzeit Tests erfordern daher die PC-Software AS03, welche - wie das Beispiel in **Bild 8** zeigt - auch 30 Minuten lang alle 0,5 s mißt.

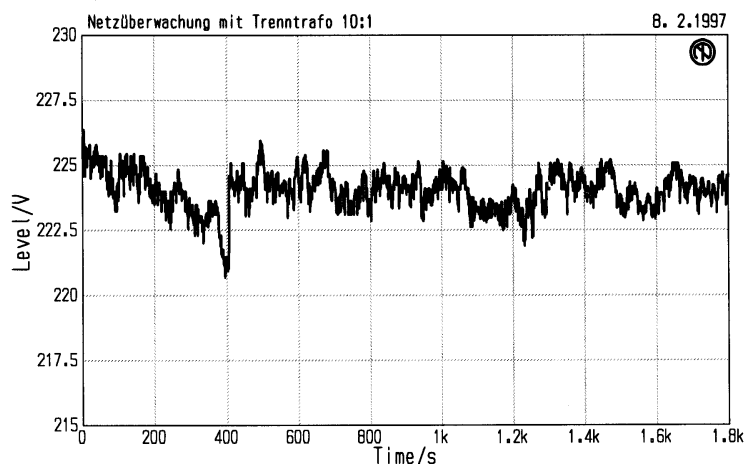


Bild 8 Langzeitüberwachung

## Lautsprecher

Eines muß man sich klar vor Augen führen: Das A2 ist nicht zur Messung von Lautsprecherparametern oder der Raumakustik entwickelt worden. Dafür gibt es hochspezialisierte und leistungsstarke Geräte, welche in neuester MLS (Maximum Length Sequence) Technologie Impulsantworten in den Zeitbereich transformieren, und so kumulative Zerfallsspektren, eine Bestimmung der Thiele-Small Parameter und vor allem quasi raumunabhängige Messungen ermöglichen. Das A2 beherrscht dagegen alle klassischen Varianten der jahrzehntlang zum Boxendesign verwendeten Methoden, welche für wirklich zuverlässige Ergebnisse einen schalltoten Raum voraussetzen. Insofern ist hier ein Anwender gefordert, der sich über die Fehlerquellen beim Einsatz des A2 im Klaren ist. Und doch: So mancher Boxendesigner wäre vor einigen Jahren froh gewesen, hätte er ein A2 zur Verfügung gehabt.

Die Einsatzmöglichkeiten beginnen mit eher profanem. Auf dem Markt existiert eine stattliche Anzahl CDs mit Testsignalen für die Lautsprecherkontrolle. Diese lassen sich natürlich mit dem A2 auch ohne CD-Player erzeugen. Der nächste Schritt ist die Anschaffung eines linearen Meßmikrofons, welches im Handel schon für circa 200 DM erhältlich ist. Ein solches arbeitet meist mit einer Batterie, so daß eine Phantomspeisung nicht benötigt wird. Zwar gibt es auch sehr hochwertige, kalibrierte Meßmikrofone zu entsprechenden Preisen. Die Unterschiede zwischen solchen Meßmikrofonen und einfachen Elektretmikros sind jedoch sehr gering, wogegen sich die eingangs erwähnten Einschränkungen von akustischen Messungen im Verhältnis sehr viel stärker bemerkbar machen.

Frequenzgangmessungen mit Mikrofon beziehen grundsätzlich die Raumakustik mit ein. Wegen stehender Wellen und sonstiger Reflexionen sowie Hall und Echo verbieten sich Messungen in kleinen, ungedämpften Räumen kategorisch. Soweit die Theorie. Wenn das Studio nun aber aus einem sehr kleinen Raum besteht, macht es eigentlich mehr Sinn, die Lautsprecher in der entsprechenden Akustik zu erfassen, so wie es beim Einmessen mit Terzband Equalizern ja auch geschieht. **Bild 9** zeigt einen Sinussweep einer 3-Wege Box in einer Raumecke. Typisch sind die starken Pegelschwankungen im Bassbereich durch stehende Wellen. Die gesamte Grafik ist schwer zu lesen und sollte einer Mittelung unterzogen werden. Eine solche Funktion ergibt sich bei einem LEVEL SELEKTIV Sweep mit Rosa Rauschen. Der mitlaufende Bandpass (Q=5) erfaßt während des Sweeps mehr als nur eine Frequenz. Das Ergebnis ist eine die Klangtendenz deutlich aufzeigende, quasi gemittelte Kurve des Sinussweeps.

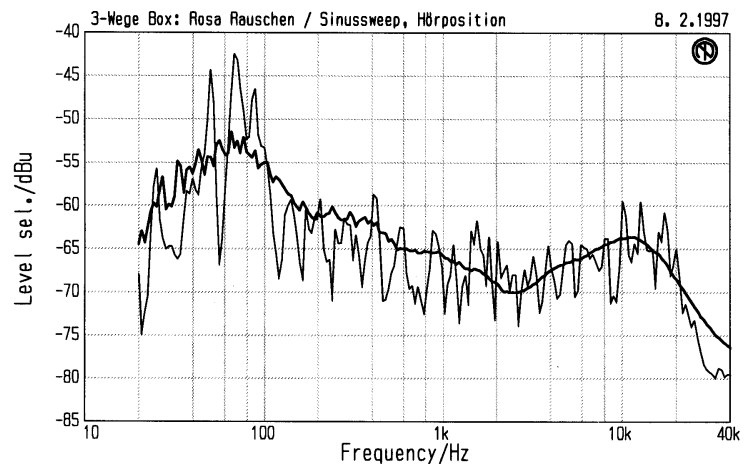


Bild 9 Frequenzgang Monitorbox

Rosa Rauschen führt theoretisch zwar nicht zu stehenden Wellen, ist aber als Schallereignis ganz normal den herrschenden akustischen Bedingungen unterworfen. Stellt man eine Rosa Rauschen abstrahlende Box von der Raummitte in eine Raumecke, klingt es - wie bei Musik - deutlich bassiger. So erklärt sich auch die im Diagramm zu sehende Bassanhebung (Raumecke) und Höhenanhebung (Reflexion an der Wand), die dem tatsächlichen Höreindruck entsprechen. Eine derartige Messung ermöglicht so gesehen zwar nicht die Konstruktion einer streng linearen Lautsprecherbox, bietet dem Studiotechniker jedoch genau das, was er ständig braucht:

- Überprüfung des Klangverhaltens von Monitoren in der jeweiligen Studioumgebung
- Meßhilfe zur Lautsprecherpositionierung
- Messung von Klangabweichungen Links/Rechts
- Überprüfung der Linearität nach Einstellung eines Terzband Equalizers

Bei der Messung von Lautsprechern ist jedoch Vorsicht geboten. Einerseits soll der Einfluß von Nebengeräuschen möglichst gering sein, andererseits sollte der Mikrofonpegel möglichst hoch liegen, damit das A2 nicht im untersten Range-Bereich arbeitet. Die damit zwangsläufig einhergehende hohe akustische Lautstärke verursacht schnell einen Ausfall der Lautsprecher. Rosa Rauschen addiert sich wegen der vielen enthaltenen Frequenzen zu einem circa 20 dB höheren Spitzenpegel, und genau das ist es, was die oder der Lautsprecher ertragen muß. Also lieber etwas leiser messen, und vor allem sofort nach erfolgter Messung den Generator wieder abschalten! Auch bei einem Sinus- oder Wobbelsinussweep ist eine Überlastung schnell möglich, da Hochtöner bekanntlich nur wenige Watt an Sinus-Dauerleistung ertragen, und genau einer solchen Belastung sind sie bei einem Sinussweep ausgesetzt.

Nahfeldmessungen, also mit dem Mikrofon direkt vor dem Lautsprecher, sind von der Raumakustik weniger beeinflusst, und ermöglichen eine Kontrolle der einzelnen Chassis und/oder der Bassreflexöffnung. Hier kann man insbesondere leicht überprüfen, ob die Frequenzweiche dank richtiger Wahl der Trennfrequenz die Eigenresonanzen von Mittel- und Hochtöner unterdrückt, und in welchem Bereich die Bassreflexöffnung zum Fundament beiträgt (**Bild 10**).

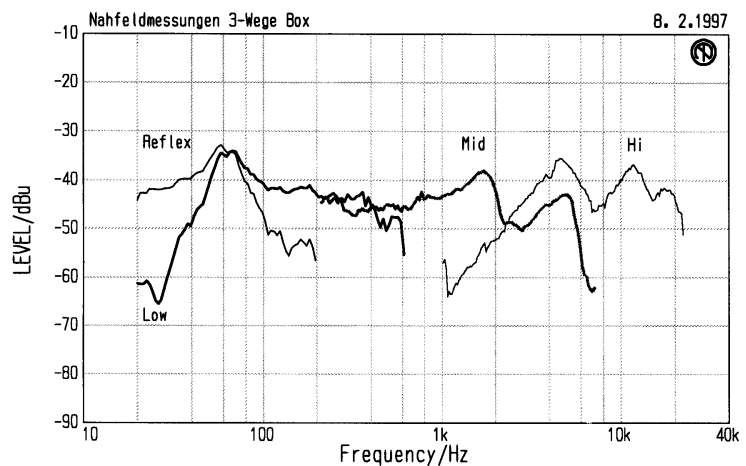


Bild 10 Nahfeldmessung

## Impedanzen

Das AS03 Handbuch enthält ein Programmier- und Hardwarebeispiel zur Impedanzmessung mit Vorwiderstand für das A1. Im Grunde identisch, nur seitens der Hardware bereits im Gerät implementiert, funktioniert es beim A2. Leider handelt es sich hier nicht um eine echte Impedanzmessung, sondern um eine frequenzabhängige Widerstandsmessung, da der Phasenwinkel keine Beachtung findet. Aus diesem Grund sind auch keine Induktivitäts- und Kapazitätsmessungen möglich.

Das Beispiel einer Impedanzmessung an einer Lautsprecherbox liefert somit ebenfalls ein nicht 100%iges Resultat. Auch wenn die Werte leicht daneben liegen, die aufgezeigte Tendenz ist jedoch richtig. Es ist daher auch möglich, den Unterschied einer Weiche mit und ohne Impedanzkorrekturglied zu dokumentieren. **Bild 11** zeigt einen per AMSL durchgeführten Sweep, bei dem die Generator-Readbacks zu einer Kurve zusammengesetzt wurden. Vergleiche mit echter Impedanzmessung zeigten Abweichungen von lediglich 1 bis 2  $\Omega$ .

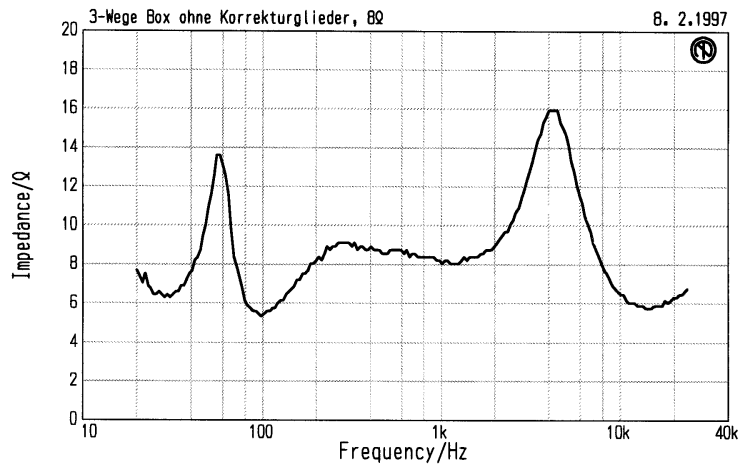


Bild 11 Berechnete Impedanzkurve mit AS03

Daneben ist es für Prüf- und Reparaturzwecke sehr nützlich, eine frequenzabhängige Widerstandsmessung zur Verfügung zu haben. Kurzgeschlossene oder taube Kondensatoren, Übertrager mit Windungsschluß oder eine Eingangsimpedanzbestimmung unbekannter Geräte: Auf diese Anwendungsfälle kommt man als A2 Besitzer sicher nicht auf Anhieb.

Zum Thema 'Akustische Messungen mit dem A2' befindet sich eine Application Note in Vorbereitung, welche Messungen des Schalldrucks (SPL) und die Verwendung kalibrierter Mikrofone (Erstellung von Tablesweeps mit Referenzabweichung per AS03) erläutert.

## DAT-Rekorder

Beim DAT-Rekorder gilt grundsätzlich alles, was auch im Abschnitt Harddiscrecording zur Sprache kommt. Darüber hinaus sind in der Praxis drei weitere interessante Punkte aufgefallen. Viele Studios verwenden nicht teure Profi-Geräte, sondern normale HiFi DATs. Und handeln sich damit, oft ohne es zu merken, ein Problem ein. HiFi-Geräte besitzen zwar einen ausreichend hohen Ausgangspegel um auch im Studiorack mithalten zu können, jedoch eine zu hohe Ausgangsimpedanz, um an niederohmigen Lineeingängen verlustfrei zu arbeiten. Übliche Standardschaltungen von Sony und Aiwa besitzen am Ausgang des letzten OV's einen Serienwiderstand von 150 Ohm und einen weiteren mit 220 Ohm (zwischen den Widerständen befinden sich Mute, Level Detection und eventuell der Abgriff für die Aussteuerungsanzeige). Mit knapp 400 Ohm Serienwiderstand wird der enthaltene Leitungstreiber NE5532 ad absurdum geführt.

Ein hoher ohmscher Ausgangswiderstand bringt in der Praxis eine ganze Reihe an unnötigen Effekten mit sich:

- Mangelnde Unterdrückung von Störeinstrahlungen in die angeschlossenen Kabel
- 'Schlechte' Kabel machen sich eher bemerkbar
- Erhöhte Empfindlichkeit gegenüber kapazitiver und ohmscher Belastung
- Verzerrungen durch nicht eingeschaltete, aber angeschlossene Geräte

Die Punkte eins bis drei bedürfen wohl keiner näheren Erläuterung, insbesondere die niederohmigen Lineeingänge im Profibereich sorgen für Pegelabfälle und erhöhte Verzerrungen.

Punkt vier ist dagegen immer noch nicht allen Technikern bekannt, und soll deshalb näher erläutert werden. Mischpulte besitzen nach der Mastersektion im allgemeinen eine passive Signalverteilung. Der Master Out geht oft gleichzeitig an einen DAT Rekorder, eine 2-Spur Senkel und ein Cassettendeck. Um die Geräte auch einzeln anfahren zu können, liegt normalerweise eine Patchbay dazwischen, die aber oft so gestaltet (oder gesteckt) ist, daß einfach alle Geräte parallel arbeiten.

Rein theoretisch ist dieser Betriebsfall nicht nur erlaubt, sondern auch logisch. Tatsächlich läßt sich bei üblichen Ein- und Ausgangsimpedanzen meßtechnisch kein Nachteil finden. *Zumindest, solange alle parallelen Geräte eingeschaltet sind!* Es gibt nämlich eine ganze Reihe von Geräten, welche im ausgeschalteten Zustand ab einem bestimmten Pegel ihre Eingangsimpedanz verringern. Dies hängt im wesentlichen von der Eingangsbeschaltung und den verwendeten OV's ab. Es entstehen dadurch Intermodulationsverzerrungen, welche sich nicht nur erst ab einem bestimmten Pegel bemerkbar machen, sondern auch nur bei bestimmtem Musikmaterial deutlich zu hören sind (besonders gut geeignet ist ein vollverzerrter, aber dennoch höhenarmer Gitarrensound. Es entstehen Knisterverzerrungen, eine Art Prasseln, welche sich deutlich vom Gitarrenklang abheben). Man glaubt es kaum: Hat man diesen Effekt erst einmal gehört, findet man ihn sogar auf manchen CDs verewigt....

Das Fatale daran ist, daß es viele Studios betrifft, es kaum jemand kennt, und es schwer zu identifizieren und zu finden ist (wenn man es noch nicht kennt). Selbst an der heimischen HiFi-Anlage kann es vorkommen, da die Tape Ausgänge (dank Dubbing oft zwei) auch nur parallel am Eingang der Vorstufe hängen!

Natürlich läßt sich ein solches Verhalten per Messung identifizieren, da der Klirrfaktor ab circa 4 dBu dramatisch und unerwartet in die Höhe schnell. Abhilfe schaffen auf Dauer nur zwei Maßnahmen:

- Serienwiderstände in den Eingängen von Geräten (welche als HF-Filter sowieso vorhanden sein sollten) ab 1 kOhm
- Niederohmige Ausgänge, welche sich von entsprechender Peripherie nicht beeindrucken lassen (< 100 Ohm)

**Bild 12** zeigt einen THD+N Amplitudensweep eines solchen Gerätes, vor der Umrüstung mit einem Serienwiderstand im Eingang. Im entsprechenden Studio wurden allerdings auch die DAT Rekorder modifiziert. Da die Ausgangswiderstände dieser Geräte wie erwähnt nicht einfach überbrückbar sind (Entkopplung zu Mute und Aussteuerungsanzeige), wurde einfach ein weiterer 5532 intern vor die Ausgangsbuchsen gesetzt. Dabei zeigte sich, daß weder Frequenzgang noch Rauschabstand noch Klirrfaktor im normalen Betrieb eine Änderung erfuhren.

Eine englische Studiozeitschrift prüft übrigens alle Geräte auch auf den Belastungsfall im ausgeschalteten Zustand, um entsprechende Ausreißer zu brandmarken. Das kann auch der A2 Besitzer jederzeit: Internen Generatorwiderstand auf 600 Ohm, Prüfling ausgeschaltet angeschlossen, das A2 Ausgangskabel auf den Eingang des A2 splitten, und einen Amplitudensweep im THD+N Modus starten (so entstand auch **Bild 12**).

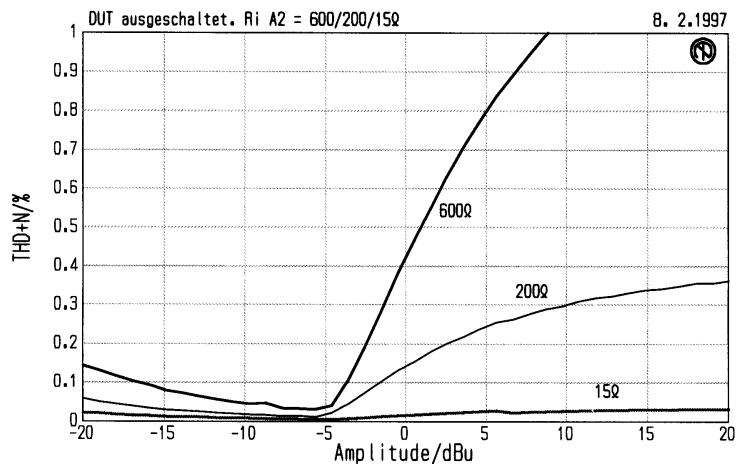


Bild 12 Ausgeschalteter Prüfling

Pegelmessungen sind in vielen Studios an DAT Rekordern ein Muß, denn statt teurer Profigeräte verwenden viele einfache Consumergeräte. Und dort fehlen meist zuverlässige oder verständliche Angaben über die Ein- und Ausgangspegel. Bei Messungen zeigt sich, daß übliche HiFi-Geräte durch die verwendeten D/A-Wandler eine Art Standard mit den CD-Playern bilden: 0 dB (Vollaussteuerung) entspricht einem Ausgangspegel von +6 dBu. Professionelle Geräte wie der Panasonic SV-3700 beziehen ihren Arbeitspegel von +4 dBu jedoch auf -15 dB Anzeige. Damit wird Mastering im Pop-Bereich zur Qual. Bekanntlich werden alle Aufnahmen ohne Reserve bis an 0 dB heran angesteuert. Entsprechend ist bei der Wiedergabe der Panasonic derart laut (+4 dBu + 15 dB = +19 dBu), daß der Tontechniker Angst um seine restliche Elektronik bekommt. Da hilft nur eine - jedoch leicht zu realisierende - Umrüstung der Verstärkungsverhältnisse in der Ausgangsstufe.

Klirrfaktormessungen am DAT sind nicht sonderlich aufregend, bieten aber eine phantastische Möglichkeit, Bandlauf und Abtastung auf Fehler zu überprüfen. Dazu nehme man einen 1 kHz Sinus nahe 0 dB auf, spiele ihn ab und messe THD+N. Bei Werten um 0.009 % ist im Monitorlautsprecher des A2 fast nichts zu hören. Und genau das ist der Punkt: Wenn Bandlauf und/oder Kopftrommel nicht korrekt arbeiten, reagiert der DAT mit minimalen Aussetzern sowie einer Interpolation der fehlenden Daten. Was normalerweise (je nach Schwere des Fehlers) so gut wie nicht zu hören ist, offenbart der Monitormodus der Klirrfaktormessung schonungslos, und ermöglicht damit eine einfache und schnelle externe Analyse, ohne das Gerät überhaupt zu öffnen.

## Bandmaschinen

Das Thema Bandmaschinen ist derart umfangreich, daß NTI eine eigene Application Note dazu herausgibt. In ihr werden Einmessen, Wartung und Dokumentation der Messungen an Mehrspurmaschinen mit A1 und A2 beschrieben. Sie ist kostenlos erhältlich.

## Fehlersuche und Reparatur

Damit sind aber noch längst nicht alle Möglichkeiten der effektiven Nutzung des A2 beschrieben. Als weiteres Beispiel sei hier auf die praxisgerechte Nutzung bei Fehlersuche und Reparatur verwiesen. Dazu verwendet man einen üblichen Oszilloskoptastkopf (1:1) und einen XLR/BNC Adapter. Schon hat sich das A2 in einen selbsteinstellenden Signalverfolger verwandelt, der dank Autoranging, schaltbarer Filter und wählbarer Einheit (Volt und dBu/dBV) alle in Werkstätten üblichen Signalverfolger weit hinter sich läßt. Dies gilt insbesondere für Klirrfaktormessungen. Defekte ICs (beliebt und schwer zu finden sind OP-Amps, die nur bei Signalanregung Störgeräusche produzieren) lassen sich dank des Monitorlautsprechers, über den nur das vom Notchfilter bearbeitete Restsignal zu hören ist, schnell lokalisieren.

## Zusammenfassung

Aus der Sicht des Anwenders bildet das A2 ein begeisterndes Meßsystem, sei es mit oder ohne PC-Interface. Mit ihm ist der komplette Studio-Service auf schnelle und komfortable Weise möglich. Dabei arbeitet der Techniker mit nur *einem* Gerät, welches alle nötigen Meßfunktionen unter einer intuitiv und einfach zu bedienenden Oberfläche vereint. Das mühselige Umstecken von Kabeln und Wechseln zwischen mehreren Geräten entfällt. Dank hoher Meßgenauigkeit bleibt an den erzielten Meßergebnissen kein Zweifel.

NTIs Audio und Testsysteme stellen für den Studio- und Rundfunkbetrieb uneingeschränkt empfehlenswerte Geräte dar, welche helfen Zeit und Kosten zu sparen. Die Auflistung der reinen Meßarten zu Beginn vermittelt wenig von den umfassenden, universellen und selbst den erfahrenen Meßtechniker immer wieder erstaunenden Möglichkeiten.

Das A2 wird inzwischen mit einer Erweiterung für die digitalen Signale nach AES-3 und IEC958 (SPDIF) angeboten. Damit sind Analysen des digitalen Datenstromes, des digitalen Audioinhaltes, aber auch Messungen in einer gemischten – analogen und digitalen – Umgebung so einfach wie das bisherige rein analoge Arbeiten mit dem A2. Die Zusatzkarte A010 wird in das Gehäuse mit eingebaut, und erlaubt als weiteren Upgrade eine FFT-Analyse in voller 18 Bit Qualität. Zum Thema Digitaloption **A010** gibt es bereits eine Application Note, in der Theorie und Format digitaler Signale ausführlich behandelt werden. Sie ist kostenlos erhältlich.