



# Ultralinear- Vorverstärker Funk LAP-2.V3

---

*Das Original hören...*

## Grundsätzliches

Gegenstand dieser Betrachtung ist das Einstiegsprodukt der Firma Funk Tonstudioteknik, der Funk **LAP-2.V3**. Dieser reiht sich als preisgünstigstes Mitglied in einer aus drei Abhörcontrollern bestehenden Controllerfamilie ein. An der Spitze steht der große Abhörcontroller **AMS-2**, der ausschließlich mit symmetrischen Ein- und Ausgängen ausgestattet ist. Als Vermittler zwischen der symmetrischen und asymmetrischen Anschlusswelt steht der sehr bekannte **MTX-Monitor**. An dritter Stelle erscheint der rein mit asymmetrischen Ein- und Ausgängen ausgestattete **LAP-2.V3**, um den es in dieser Betrachtung gehen soll. Die Firma Funk Tonstudioteknik besitzt unter den Kennern der Materie einen international hervorragenden Ruf im Bereich der analogen Audiotechnik. Primär werden die Geräte für den professionellen Einsatz im Broadcast- und Studiobereich produziert. In den letzten Jahren stiegen die Absatzzahlen durch erhöhte Nachfrage seitens anspruchsvoller Kunden aus dem privat orientierten High End Sektor an. Aufgrund des qualitativen Ausnahmefaktors, den die Abhörcontroller der **Firma Funk Tonstudioteknik** darstellen, stellen diese unter Kennern bereits eine Art Industriestandard dar. Der Markt bietet heute mehr denn je eine ganze Reihe an hochwertigen Abhörcontrollern, aber selten Produkte, die qualitativ ganz ohne jegliche Fragezeichen daherkommen. So ist die Referenzliste der anspruchsvollen professionellen Kundschaft lang und umfasst zahlreiche öffentlich rechtliche Rundfunkgesellschaften. Deren technisch besonders strengen Anforderungen an das verwendete Equipment wird im Pflichtenheft 3/5 des IRT (Institut für Rundfunktechnik) definiert. Diese über Jahrzehnte gepflegte und immer wieder dem jeweiligen technischen Stand angepasste Norm definiert u. a. auch die elektrotechnischen Parameter der Eingangs- und Ausgangsschnittstellen. Diese rangiert in den technischen Anforderungen weit jenseits dem ein oder anderen älteren Leser vielleicht noch allgemein bekannten DIN 45500 Hi-Fi Norm. Damit audiotechnische Gerätschaften ohne diffuse und vielfältig negative Nebenwirkungen optimal zusammenarbeiten, ist es zwingend erforderlich, Eingangs- und Ausgangsparameter in Form elektrotechnischer Höchstgrenzwerte fest zu definieren. An dieser Stelle wären Herstellereigenheiten oder Individualität alles andere als produktiv und zweckdienlich, um nicht zu sagen nicht erwünscht. In früheren Zeiten mussten Hersteller, die für den deutschen Rundfunk zulieferten, Prototypenbaumuster an das Institut für

Rundfunktechnik versenden. Akribisch wurde dort auf Normkonformität geprüft. Messwerte außerhalb der Norm führten zu einem Mängelbericht, die dann vor der erneuten Vorführung vom jeweiligen Hersteller beseitigt werden mussten. Nichts ist beständiger als der Wandel und so müssen Zulieferer heute nur eine Konformitätserklärung abgeben. Besagtes Pflichtenheft und deren Inhalt ist selbst in der heutigen vermeintlich aufgeklärten Welt in Teilen der Pro-Welt als auch im Bereich der hochpreisigen Consumer-High End Hersteller weitgehend unbekannt. So finden sich auch im Internet Tausende von Beiträgen, die sich mit dem Phänomen des sogenannten „Kabelklanges“ oder wesentlich treffender benannt, als technische Diskrepanz zwischen den Audioschnittstellen beschäftigen. Dieses schließt mittlerweile nicht nur den Consumerbereich, sondern zunehmend auch den professionellen Bereich mit ein. Die heute vermeintlich gut informierte und aufgeklärte Welt führt darin immer wieder aufs neue verwundert emotional engagierte Diskussionen über klangliche „Phänomene“, die in Kreisen technisch versierter Audio-/Nachrichtentechniker bereits vor dem Zeitpunkt der Mondlandung im Sommer des Jahres 1969 hinreichend bekannt waren... 😊. Getreu dem Motto: „Nach der Diskussion ist vor der Diskussion und so wird die Welt vermeintlich jeden Tag wieder neu erfunden“. Aus diesem Grund- und Sinnzusammenhang prüft der Autor dieser Zeilen stets Qualität und Tauglichkeit von Audioequipment an normgerechter Verkabelung in Industriestandardqualität. Des Weiteren soll mit der hohen Ausführlichkeit und nicht zuletzt des Aufwandes, mit der dieser Bericht erstellt wurde, inklusive einer Vielzahl der für den neutralen Klang relevanter Messwertdarstellungen, sich ein weitgehend vollständiges Bild über die Leistungsfähigkeit des LAP-2.V3 für den Leser ergeben. In einem kleinen technischen Anhang des Artikels beleuchtet der Autor des Weiteren die elektrotechnischen Interaktionsmöglichkeiten, die zwischen Audiogeräten in einer Signalkette stattfinden können.

## Das Gerät

Der LAP-2.V3 ist ein Ultralinear-Vorverstärker für das kleine Tonstudio sowie High-End-Anwender mit hohem Anspruch auf Klangneutralität. Das Gerät ist der Nachfolger des erfolgreichen LAP-2 mit neuer Eingangs-Matrix, weiter optimiertem Signalweg sowie einem 2. Ausgang z. B. für den Anschluss eines Subwoofer. Sechs asymmetrische Stereoeingänge stehen zum Anschluss von Quellengeräten zur Verfügung. Alle Eingänge sind mit vergoldeten Cinchbuchsen ausgeführt. Unabhängig von der Auswahl eines Abhörsignals kann eine der 6 Signalquellen als Überspielsignal ausgewählt werden (Aufnahmerouter) und

liegt damit an 4 Cinchbuchsenpaaren gleichzeitig an. Jeder Eingang ist auf jeden Ausgang schaltbar. Eine weitere Version **LAP-2.V3j** ist mit einer Abgleichöffnung auf der Oberseite des Gerätes ausgestattet. Diese ermöglicht den schnellen Zugang zu einer kanalgetrennten Anpassung der Eingangsspegel jedes einzelnen Eingangs an verschieden „laute“ Geräteausgänge. Da jeder Eingang unkompliziert direkt anwählbar ist, können unterschiedliche Signalquellen blitzschnell miteinander verglichen werden. Die Eingangsumschaltung im LAP-2.V3 erfolgt elektronisch (kontaktlos) und bei unmodulierten Signalquellen knackfrei. Diese Technik ist sehr langlebig und zuverlässig, sodass auf Lebenszeit mit keinen Kontaktproblemen oder Verschlechterung der Audioqualität, wie bei herkömmlichen Konzepten mit mechanischen Kontakten gerechnet werden muss. Eine Fernbedienmöglichkeit des LAP-2.V3 wie über Kabelfernbedienung vom Funk MTX-Monitor bekannt ist Zurzeit nicht möglich. Allerdings könnten typische Consumer IR-Fernbedienungen mit ihrer „Gedächtnissekunde/Schaltlatenz“ auch niemanden der durch Kabelfernbedienung oder Direktbedienung verwöhnten Profis wirklich mehr überzeugen. Die erzielten Umschaltgeschwindigkeiten mittels Direktbedienung oder Kabelfernbedienung sind im Prinzip ebenso schnell, als wenn eine Glühlampe mittels klassischen Kippschalters geschaltet wird. So passiert es dem Autor dieser Zeilen dass bei gelegentlicher Verwendung einer IR-Fernbedienung, die Tasten eher „unbewusst“ aufgrund der Schaltrögheit dieses Konzeptes „krampfhaft“ fest und mehrfach betätigt werden. Ein Schalten über eine IR-Fernbedienung fühlt sich halt immer ein wenig nach Motorrad auf kurviger Landstraße mit einem Lenker und Fuhrasten aus Vollgummi an ... Das sehr kompakte Abmaß des LAP-2.V3 fällt mit 210mm x 172mm x 42mm sehr kompakt aus. Das Gewicht beträgt leichte 1,5 kg und mit Front in Gold oder Chrom 1,65 kg. Somit ergibt sich in der Praxis eine Vielzahl an Einbaumöglichkeiten. Im Versand sicher verpackt „botenschonend“ in Formatgröße einer Fachbüchersendung kommt dieser nach erfolgter Bestellung beim Kunden an. Das versierte Auge erkennt alleine schon an der Qualität und durchdachten Gestaltung der Verpackung, das es sich beim Inhalt nicht um ein Einwegprodukt handelt. Die langlebige technische Auslegung des Produktes, das geringe Versandgewicht sowie eine durchschnittliche Stromaufnahme von 4,5 Watt in Summe betrachtet, verleiht dem LAP-2.V3 eine absolut tadellose Umweltbilanz. Selbst ein 24/7/365 Dauerbetrieb würde einen jährlichen Stromverbrauch von gerade einmal 40kWh verursachen. Das wären je nach Stromanbieter aktuell ca. 11 Euro im Jahr. Bekanntlich ist die Qualität des Netzteils nicht unerheblich für die Signalqualität des Audiogerätes verantwortlich. Aus

diesem Grund wurde ein qualitativ erheblicher Aufwand bei der Stromversorgung des LAP-2.V3 betrieben. Es sollten dabei auch noch so geringe Störungen nicht in die Audiomasse gelangen. Das integrierte Netzteil erzeugt eine sehr stabile und reine Versorgungsspannung. Das Brummen und Rauschen der Versorgungsspannungen bei Volllast liegt unterhalb 50  $\mu$ V! Die digitalen Steuerungen haben eine eigene Stromversorgung sowie weitgehend eine eigene Masse. Sogenannte „Ultra-Low-Drop“-Schaltungen (Ultra-Low-Drop = extrem geringe Spannungs- und Leistungsverluste zwischen Eingang und Ausgang einer Spannungsstabilisierungsschaltung) für alle Versorgungsspannungen erzeugen eine geringe Abwärme. Elektrotechnisch planlos überdimensionierte, aber dabei edel aussehende Supercaps, die mehr einem Autor oder Kunden scheinbare Qualität oder Hochwertigkeit suggerieren sollen, wird man so auch in den Geräten der Firma Funk Tonstudioteknik nicht finden.

## Der Testaufbau

Um nennenswerte schnittstellenverursachte Probleme möglichst weitgehend im Test auszuschließen, wurde ein Testaufbau bestehend aus [IRT 3/5 Pflichtenheft](#) konformer Gerätehardware ausgewählt. Der Autor dieser Zeilen erachtet den Aufwand beim Test derart technisch hoch optimierter Elektronik für notwendig. Eine nennenswert negative Beeinflussung des Testgerätes durch ungünstige äußere Faktoren muss mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden können. Die analogen Signale wurden von einem BFE DA-Wandlersystem von AES/EBU symmetrisch auf asymmetrisch adaptiert dem LAP-2.V3 zugeführt. Von den Monitorausgängen des LAP-2.V3 wurde das Audiosignal asymmetrisch auf AES/EBU symmetrisch adaptiert den Studiomonitoren Klein und Hummel O 410 zugeleitet. Für die Kabelstrecke zu den Aktivlautsprechern wurden jeweils 5 Meter und 7 Meter Markencinchkabel (jeweils 20 Euro) verwendet. Ein weiterer Testaufbau wurde unter Einbeziehung der extrem hochwertigen Funk Tonstudioteknik Symmetrierer-/Desymmetrierermodule ([SSIM-04Mb](#) und [SSOM-04Mb.V2](#)) durchgeführt. Dieser Aufbau reduzierte die Länge der asymmetrischen Cinchverbindungen auf ein völlig unbedenkliches Minimum von wenigen Zentimetern. In einem vollständig mit symmetrischer Verbindungsart aufgebauten Geräteumfeld kann selbst unter Verwendung des an sich unsymmetrisch aufgebauten LAP-2.V3 auf diese Weise ein sehr hohes Maß an Stör- und EMV-Festigkeit der Toninstallation erreicht werden. Letzterer Weg mithilfe hochwertiger Symmetrierer-/Desymmetrierermodule zu verwirklichen stellt natürlich die konsequenteste Art dar, den an sich

unsymmetrisch aufgebauten LAP-2.V3 in ein ansonsten symmetrisches Geräteumfeld sauber und praktisch ohne jegliche Qualitätsabstriche zu integrieren. **Im anspruchsvollen Broadcastbereich wäre für ein Minimum an zu erwartender Störanfälligkeit übrigens nur dieser Weg zulässig!** Als Strom zuführende Netzleiste fungierte eine Standard-Baumarktnetzleiste (12 Euro) mit festen Kontaktierungseigenschaften der Netzstecker. Beim Test wurde zusätzlich mehrfach der Netzstecker des fest an den LAP-2.V3 installierten Netzkabels in seiner Position gedreht. Spätestens an dieser Stelle der Beschreibung könnte es nun so manch einem High Ender aus dem Studio- oder Heimbereich ein wenig „grauen“. Diese Sorge wird sich aber dennoch später als völlig unbegründet herausstellen. Probleme können allerdings grundsätzlich bei „zwangssymmetrierten“ Ausgängen, die man durch einfache Adaptierung mittels Adapterkabel von XLR auf Cinch verbindet, auftreten! Bei zwangssymmetrierten Ausgängen wird nur die Phase des nicht invertierenden Ausgangs über einen Inverter geführt. Wenn dabei, wie bei Ausgangstransformatoren möglich, der negative Anschluss nach Masse geführt wird, fließt in diesem Zweig ein nicht unerheblicher Kurzschlussstrom, und belastet nicht nur den Ausgang, sondern verschlechtert auch durch rechteckförmige Kurzschlussströme die Masse auf der Leitung. Darüber hinaus fehlen 6 dB Pegel und typ. 3 dB Dynamik. Würde man daraufhin den negativen Pin abklemmen, wäre zwar der Kurzschlussstrom beseitigt, aber es gäbe ebenfalls einen Verlust von 6 dB im Pegel und bis zu 3 dB an Dynamik. In manchen Fällen sind auch die Verzerrungen etwas höher als bei symmetrischer Abnahme. Der Autor weist an dieser Stelle nochmals gesondert auf diesen Vorgang hin, da auch vielen professionellen Entwicklern dieser Zusammenhang nicht vollständig klar zu sein scheint. So sind heute mitunter zwangssymmetrierte Ausgänge, entgegen allgemeiner Vermutung, auch bei klangvollen Markenprodukten zu finden! In diesem Fall sei der Anschluss über einen Symmetrierer empfohlen aber dazu später mehr.

## Theorie

In der analogen Audio- und Tontechnik wird heute ausschließlich die [Spannungsanpassung](#) verwendet. Durch einen möglichst niederohmigen Ausgang und möglichst hochohmigen Eingang soll dafür gesorgt werden, dass ein Spannungssignal im Pegel unverändert von der Quelle an den Verbraucher weitergegeben wird. Die [Spannungsanpassung](#)  $R_l > R_i$  (engl. impedance bridging) bietet bei einem großen zu übertragenden Frequenzbereich, wechselnden Lasten sowie unterschiedlichen Leitungslängen und der

üblichen Parallelschaltung von mehreren Geräten einen Vorteil. In der Tonstudioteknik wird heute generell mit Überanpassung gearbeitet. In der Elektrotechnik wird insgesamt zwischen drei Arten von Lasten unterschieden, die bei elektrotechnisch suboptimaler Gestaltung der Ausgangsstufen auch akustisch in Erscheinung treten können:

**1) ohmsche Last** -> Strom in Phase zur Spannung; ohmscher Widerstand, z. B. Heizspirale oder Glühlampe (genähert, wenn man deren Nichtlinearität mal außer Acht lässt)

**2) induktive Last** -> Strom nacheilend zur Spannung; Spule, z. B. Elektromotor, Trafo, Leuchtstofflampe mit gewickeltem Vorschaltgerät (hat aber in der Realität auch ohmsche Anteile)

**3) kapazitive Last** -> Strom voreilend zur Spannung; Kondensator, z. B. Schaltnetzteil oder Leuchtstofflampe mit kapazitivem Vorschaltgerät bzw. Serienkompensation (hat aber in der Realität auch ohmsche Anteile)

Für die Ausgänge der Audio-Quellengeräte sind die auftretenden induktiven und insbesondere kapazitiven Lasten durch Kabelstrecken und der folgenden Eingangsstufe von großer Bedeutung! Die Datenparameter für die jeweiligen Kabel sind vielfach den entsprechenden Herstellerdatenblättern zu entnehmen und werden für die Kapazität häufig in pF/Meter ([Picofarad](#)/pro Meter Kabellänge) angegeben. Es ist aber nicht auszuschließen, dass diese Parameter nicht immer exakt mit der Realität übereinstimmen. Die Gesamtkapazität der Verbindung ergibt sich folglich als Summe aus der Kabelstrecke, der Kapazität der Steckverbinder (3-10 pF) und der Kapazität der Eingangsstufe des Folgegerätes. Besonders Letztere sollte dabei bewusst ins aktive Visier der Betrachtung genommen werden. Sie wird oft vergessen, weil viele Hersteller kaum oder keine Angaben zu deren Größen machen! Sehr gute Eingangsstufen erreichen dort Werte im kleinen zweistelligen Picofaradbereich. Eingangskapazitäten im Bereich von 1000 Picofarad sprich 1 Nanofarad wurden aber auch schon gesichtet! Von relativer Häufigkeit sind allerdings Werte zwischen 80 und 470pF anzutreffen. Hohe Eingangskapazitäten haben ihre Ursache in ungünstiger Auslegung der Eingangsverstärker, zu langer Signalwege innerhalb der Geräte und/oder Routing über zum Teil mehrere Relais. Letzteres betont der Autor an dieser Stelle nochmals gesondert. Bereits eine hohe Eingangskapazität von 470 Picofarad entspräche einer Kabelstrecke von ca. 12 Meter Funk BS-II oder ca. 3-8 Meter vieler anderer typisch verwendeter Kabel! Dabei gilt: Umso höher die kapazitiven Lasten die eine Ausgangsstufe managen muss, umso solider muss deren technische Auslegung sein. Wird eine Ausgangsstufe

mit einer für sie zu großen kapazitiven Last belastet, so kommt es zunächst zu einem Frequenzgangabfall im Hochtonbereich und damit einhergehender Phasendrehung. Bei weiterer Belastung kommt es eventuell zum „Schwingen“ der Ausgangsstufe. So gibt es am Markt einige Audiogeräte, die auf kapazitive Belastungen in der Größenordnung von 22nF (22000 pF) mit deutlichen Pegelabfällen im Hochtonbereich bereits hörbar reagieren. Schwingneigungen von analogen Ausgangsstufen sind häufiger bei sehr niederohmigen Ausgängen (0,1 ... 5 Ohm) ohne entsprechende Stromlieferfähigkeit der Schaltung zu beobachten. So ist eine rein niederohmige Impedanzangabe bei Ausgangsstufen (z. B. < 1 Ohm) längst kein Qualitätsgarant dafür, dass ein Gerät auch tatsächlich mehr als beispielsweise 1 mA liefern kann. Umgekehrt gibt es Ausgänge, mit 10 Ω Ausgangswiderstand, die 300 mA liefern können. Die Stromlieferfähigkeit einer Ausgangsstufe spielt insbesondere bei der Übertragung von hohen Frequenzen über lange Kabelwege eine entscheidendere Rolle. Allerdings entspricht der Pegel im Bereich 10 kHz und höher bei üblichem Musikmaterial nur einem Bruchteil den bei 500 /1000 Hz auftretenden Pegeln. Wir erinnern uns, dass die größten Pegel im Grundtonbereich der Musikinstrumente und der menschlichen Stimme auftreten und im Hochtonbereich „nur“ noch vielfache deren Oberwellen vorhanden sind. Die Oberwellen fallen zudem typ. zu höheren Harmonischen hin ab. Der Autor weißt noch einmal besonders auf diesen Zusammenhang hin, da es in der Praxis oft zu irrtümlichen Annahmen und Rückschlüssen dabei kommt. Halten wir zusammenfassend fest, dass sehr gute Audiohardware möglichst Kapazitätswerte im niedrigen zweistelligen Picofaradbereich, einen möglichst hohen Widerstand bei den Eingängen und einen niedrigen Ausgangswiderstand bei ausreichender Stromlieferfähigkeit aufweisen sollten. Der Funk LAP-2.V3 besitzt dazu einen „rekordverdächtigen“ Eingangswiderstand von 2 Megaohm (markttyp. sind 5..200 kΩ) und eine Eingangskapazität von 15 pF. Ausgangsseitig an den Monitor- und Record-Ausgängen beträgt der Innenwiderstand der Ausgänge über den gesamten Audiofrequenzgang betrachtet 62 Ω (markttyp. sind 10..3000 Ω). Weitere theoretische Betrachtungen zu der Thematik sind am Ende dieses Artikels zu finden.

## Klang

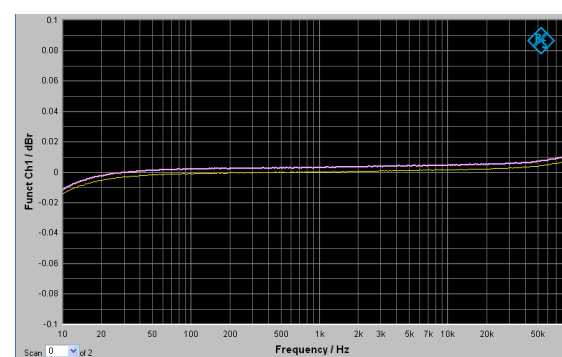
Der Funk LAP-2.V3 zeigte sich gegenüber vieler dem Autor bekannter, und keines Falles dabei als schlecht beleumundeten Abhörcontrollern/VV, mit einem entscheidenden Quäntchen mehr an Durchhörbarkeit. Ohne Mühe waren geringste Unterschiede an zugefügter Signaländerung hörbar. Sehr beeindruckend fiel nicht zuletzt die extrem saubere Wiedergabe des Bassbereiches auf, der, so manch einen anderen Abhörcontroller, den man zuvor noch als sauber und transparent einschätzte, nochmals einen draufsetzte. Der LAP-2.V3 reproduzierte über die vorzüglichen Klein und Hummel O 410 abgehört, etwas mehr Druck, wirkte dabei merkbar klarer und konturierter als bekannte Konkurrenzprodukte. Die räumliche Breiten- und Tiefenstaffelung kann man nur noch als exzellent bezeichnen. Das Auflösungsvermögen im gesamten Audiofrequenzbereich ist darüber hinaus über jeden Zweifel erhaben. Grob- und feindynamische Klangdetails arbeitet der Verstärker mehr als souverän heraus. Das Klangbild, das der LAP-2.V3 transportiert erwies sich als völlig frei von irgendwelchen „Signalbeschönigungen“ oder Färbungen. Alle Messwerte liegen auf einem sehr hohen - um nicht zu sagen „Outstanding“- Niveau und stellen vielfach die technische Messgrenze bester Audioanalyzer dar. Gehörpsychologisch relevanter Klirr ist längst nicht mehr zu erkennen. Kurz gesagt: Der Vorverstärker eignet sich damit keinesfalls für Setups, wo in irgendeiner Art und Weise akustische Kompensationseffekte gefragt sind, denn er macht definitiv keinen Eigenklang. Sollte nun beim Austausch des Abhörcontrollers durch einen LAP-2.V3 sich das Klangbild des Gesamt-Setups klanglich zuungunsten verändern, so wäre das ein sehr sicherer Fingerzeig, dass in der bestehenden Toninstallation noch weiteres suboptimales Equipment/Einstellungen und/oder raumakustische Probleme vorhanden sind! Das Klangbild des LAP-2.V3 wirkte in bereits erwähnter Toninstallation zu keinem Zeitpunkt stressig oder nervig, vorausgesetzt das Programmmaterial war es auch nicht. Selbstredend ist der Abhörverstärker schonungslos gegenüber klanglichen Ungereimtheiten und deckt Fehler im Mix oder Mastering unbestechlich auf. Nach einfachem A/B Vergleich mit einem Funk MTX Monitor, entschloss sich der Autor als Härtetest, dem Begriff „Draht mit Verstärkung“ nochmal besonders auf den Zahn zu fühlen. Dazu wurde für einige Tage der LAP-2.V3 an die Monitorausgänge eines Funk MTX-Monitor angeschlossen. Es wurden Musiktitel aus einer vorher definierten Playliste bestehend aus Klassik, Jazz, Rock und Techno gehört. Tage später wurde dabei der LAP-2.V3 wieder aus dem Signalweg entfernt und der ebenfalls hervorragende MTX-Monitor verrichtete

wieder alleine seinen Dienst. Klangliche Unterschiede waren auch im Langzeitvergleichstest zwischen den beiden Konfigurationen nicht auszumachen. Mit Bravour erfüllte das Gerät alle Anforderungen des Autors an einen neutralen Abhörcontroller.

## Messwerte

Zusätzlich zu den auf der [Herstellerseite bereits ermittelten Messwerten](#), hat der Autor dieser Zeilen weitere Messungen zur technischen Gesamteinschätzung des Testgerätes in Auftrag gegeben. Diese sollen helfen, Aufschluss über das Verhalten der Geräteschnittstellen unter verschiedenen Betriebsbedingungen zu geben.

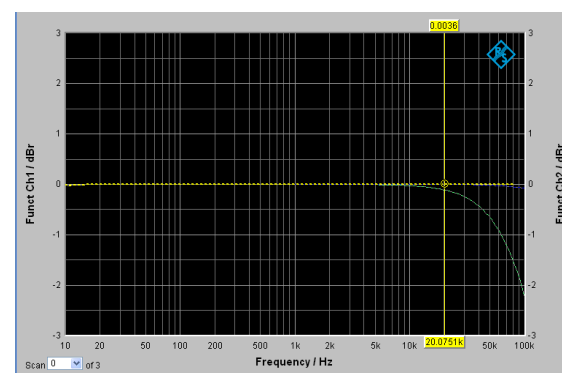
Abbildung 1



LAP-2.V3 Frequenzgang bei +6 dBu Pegel  
Innenwiderstand der Signalquelle Ri: 5 Ω/600 Ω.  
5 Ω Sendeimpedanz (rosa)/600 Ω Sendeimpedanz (gelb). Achtung, Skala +/- 0,1 dB!!

Auf dem Frequenzgangschrieb ist keine Frequenzgangveränderung bei 600 Ω im Gegensatz zu 5 Ω Sendeimpedanz zu erkennen. Schon ein Meter gutes Kabel würde dagegen einen deutlichen Pegelabfall bei hohen Frequenzen zeigen. Dieses unterstreicht die extrem geringe Eingangskapazität des LAP-2.V3 von ca. 15 pF. Durch den sehr hohen Eingangswiderstand des Gerätes ändert sich der Pegel bei 600 Ω Sendeimpedanz nicht einmal 1/100stel dB!!

Abbildung 2

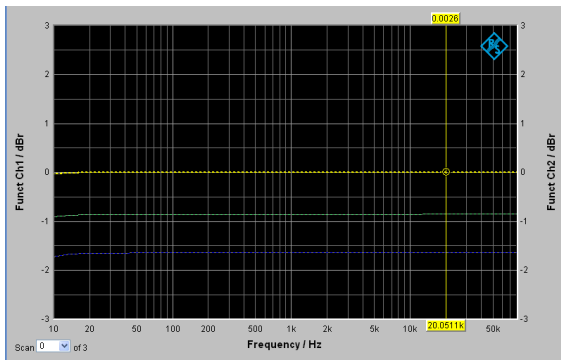


LAP-2.V3 Monitor +6 dBu Pegel über Frequenz bei  
1. Leerlauf (100kΩ) 2. 4,7nF Last 3. 22nF Last

1. Ausgangspegel bei Leerlauf (gelb)
2. Ausgangspegel bei zusätzlich 4,7 nF Last (blau)
3. Ausgangspegel bei zusätzlich 22 nF Last (grün)

Auf dem Diagramm beeindruckend erkennbar wie wenig dem LAP-2.V3 die starke kapazitive Last ausmacht. Bei 20 kHz und 22 nF Last sind es gerade einmal nicht mehr hörbare 0,11 dB!

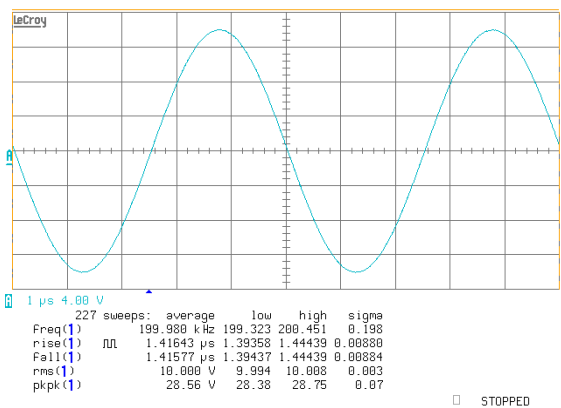
Abbildung 3



LAP-2.V3 Monitor +6 dBu Pegel über Frequenz bei Lasten von 1. 100kΩ (gelb) 2. 600 Ω (grün) 3. 300 Ω (blau)

Den Innenwiderstand über Frequenz kann man anhand der Frequenzschiebe bei 300/600 Ω ablesen. Absolut konstant über die Frequenz: 62 Ω. Ansonsten wäre der Spannungsabfall über die Frequenz jeweils unterschiedlich. Der Frequenzgang ist im gesamten Frequenzbereich konstant.

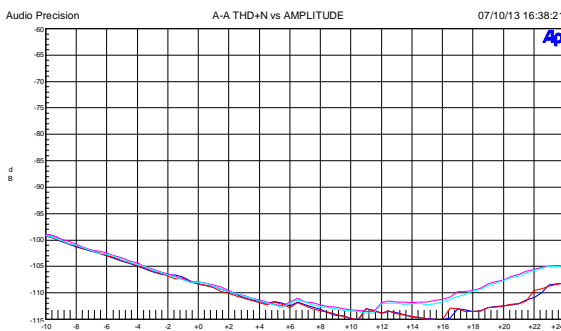
Abbildung 4



Die Sinuskurve ist mit dem Stanford Ultra-Low-Distortion-Generator erzeugt und zeigt ein Ausgangssignal von 200 kHz bei ca. +22 dBu (10V eff.) am Monitorout des LAP-2.V3. Die große Bandbreite und Verzerrungsarmut der Schaltung selbst bei hohen Pegeln ist beeindruckend.

Die folgenden Diagramme 5-10 zeigen THD+N Messungen bei verschiedenen kapazitiven und ohmschen Lasten am Monitorausgang. Der Recordweg ist vergleichbar und daher nicht immer gesondert aufgezeichnet, es sei denn, es ist unter dem Diagramm vermerkt. Selbst eine Last von 47 nF(!!!) stellen kein nennenswertes Problem für die Ausgänge dar. Das entspricht ca. 500 m gutem Audiokabel bzw. 1000 m des extremen kapazitätsarmen Funk BS-2!!!

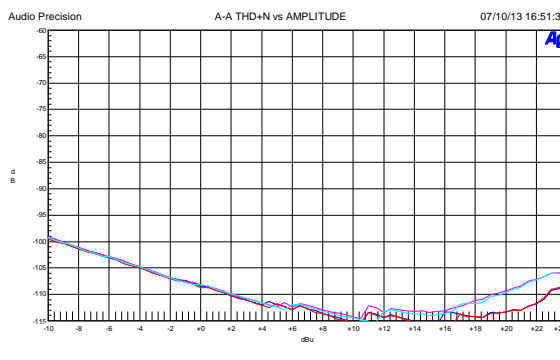
Abbildung 5



LAP-2.V3 Monitor THD+N über Pegel bei 1 kHz Volumen max. 100kΩ/600 Ω Last (BW20..20kHz)

- 1) rot: linker Kanal an 100 kΩ
- 2) dunkelblau: rechter Kanal an 100 kΩ
- 3) rosa: linker Kanal an 600 Ω
- 4) hellblau: rechter Kanal an 600 Ω

Abbildung 6



LAP-2.V3 Record Out THD+N über Pegel bei 1 kHz und 100k/600 Ω Last (BW 20..20kHz)

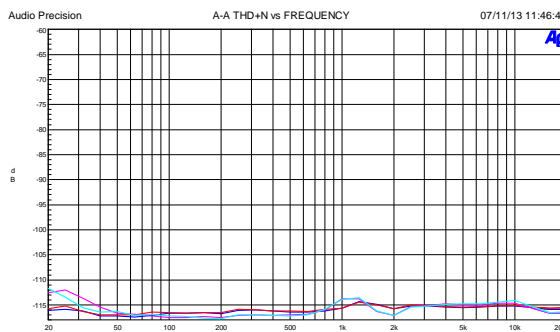
- rot: linker Kanal an 100 kΩ
- dunkelblau: rechter Kanal an 100 kΩ
- rosa: linker Kanal an 600 Ω
- hellblau: rechter Kanal an 600 Ω

Für folgende Messdiagramme gilt:

- rot: linker Kanal niedrigerer Pegel
- dunkelblau: rechter Kanal niedrigerer Pegel
- rosa: linker Kanal höherer Pegel
- hellblau: rechter Kanal höherer Pegel

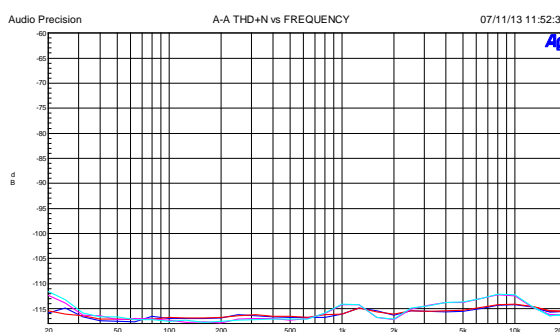
Alle THD+N Messschriebe mit Messbandbreite: 20 Hz..20 kHz, wenn nicht anders angegeben.

Abbildung 7



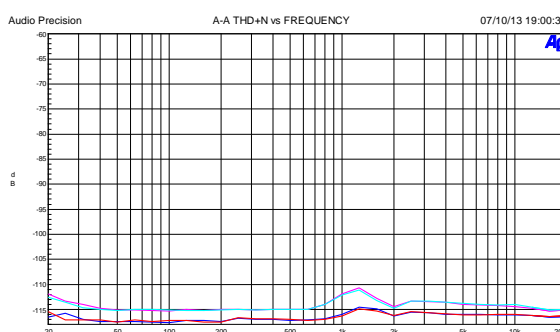
LAP-2.V3 Monitor Out THD+N über Frequenz +12..+18 dBu an 22nF

Abbildung 8



LAP-2.V3 Monitor Out THD+N über Frequenz +12..+18 dBu an 47nF

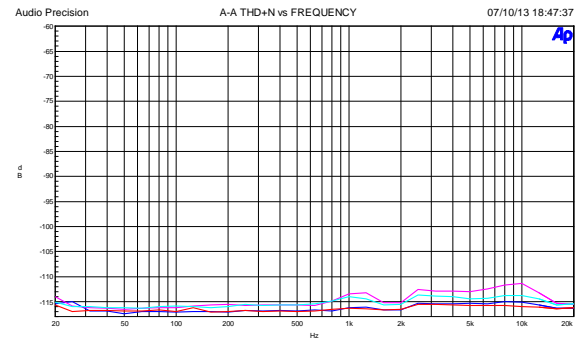
Abbildung 9



LAP-2.V3 Monitor Out THD+N über die Frequenz +12 dBu 20Hz-20kHz, RL 600 Ω-100 kΩ

- rot: linker Kanal an 100 kΩ
- dunkelblau: rechter Kanal an 100 kΩ
- rosa: linker Kanal an 600 Ω
- hellblau: rechter Kanal an 600 Ω

Abbildung 10



Record Out THD+N über Frequenz, Pegel +12 dBu 20Hz-20kHz, RL 600 Ω-100 kΩ

- rot: linker Kanal an 100 kΩ
- dunkelblau: rechter Kanal an 100 kΩ
- rosa: linker Kanal an 600 Ω
- hellblau: rechter Kanal an 600 Ω

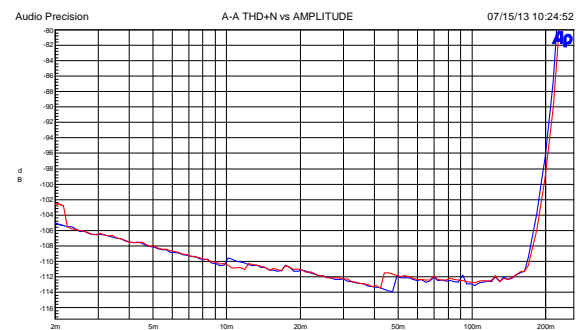
Die Diagramme 11-14 zeigen das Verzerrungsverhalten des Kopfhörerausgangs an verschiedenen marktgängigen Kopfhörerimpedanzen. Die sichtbaren Stufen in Diagrammen 12 und 13 resultieren vom Audioanalyzer, der durch das automatische Inputranging immer weiter die Empfindlichkeit während der Messungen absenkt und dadurch hauptsächlich durch das höhere Rauschen der unempfindlicheren Messverstärkerstufen sich in einem Sprung auf einen schlechteren THD+N-Wert äußert.

Abbildung 11



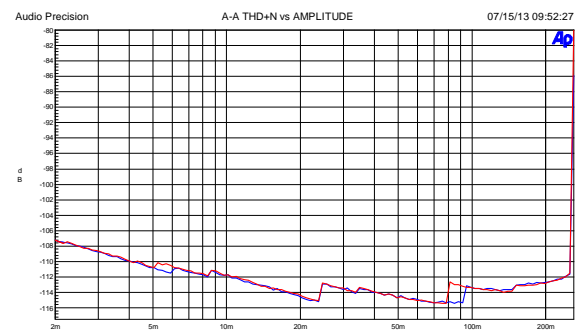
LAP-2.V3 Phones Out THD+N bei 1 kHz über die Ausgangsleistung, 2..100 mW an 2x 70 Ω

Abbildung 12



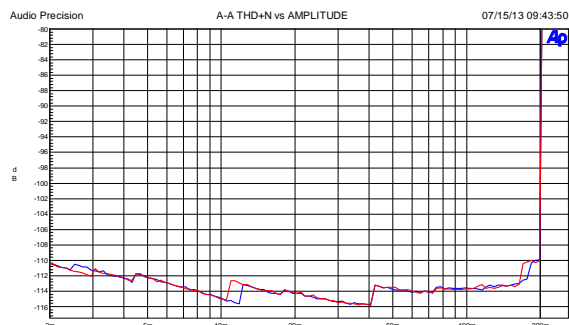
LAP-2.V3 Phones Out THD+N bei 1 kHz über die Ausgangsleistung, 2..220 mW an 2x 150 Ω

Abbildung 13



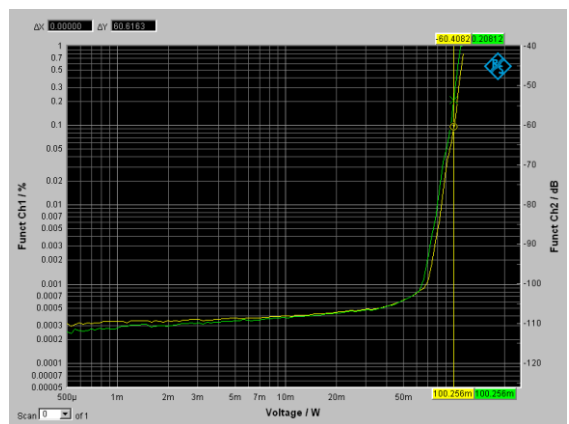
LAP-2.V3 Phones Out THD+N bei 1 kHz über die Ausgangsleistung, 2..260 mW an 2x 300 Ω

Abbildung 14



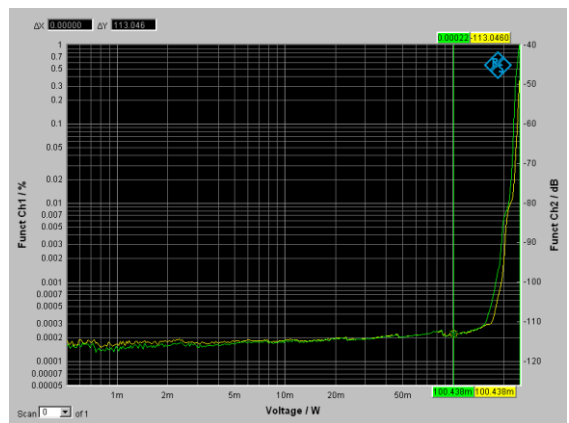
LAP-2.V3 Phones Out THD+N bei 1 kHz über die Ausgangsleistung, 2..200 mW an 2x 600 Ω

Abbildung 15



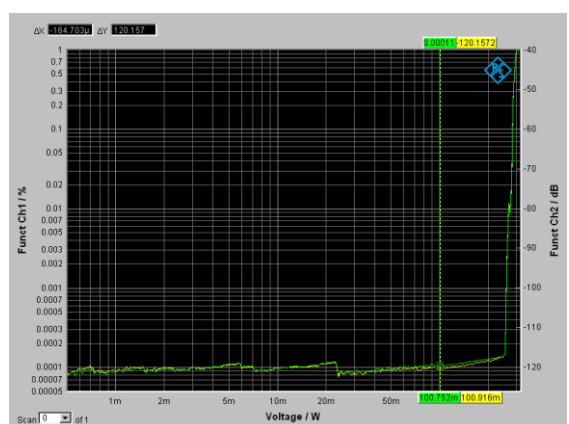
LAP-2.V3 Phones Out THD (ohne Rauschen) bei 1 kHz über Leistung von 0.5..120 mW an 2x 70 Ω Last

Abbildung 16



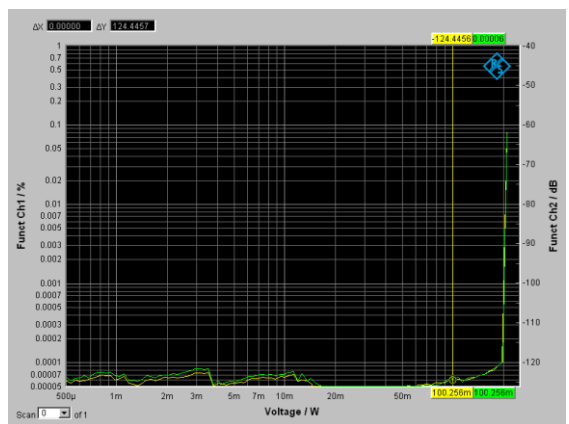
LAP-2.V3 Phones Out THD bei 1kHz über Leistung von 0.5..250 mW an 2x 150 Ω Last

Abbildung 17



LAP-2.V3 Phones Out THD bei 1kHz über Leistung von 0,5..300 mW an 2x 300 Ω Last

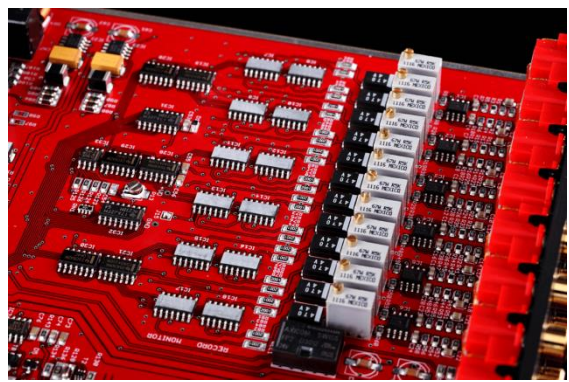
Abbildung 18



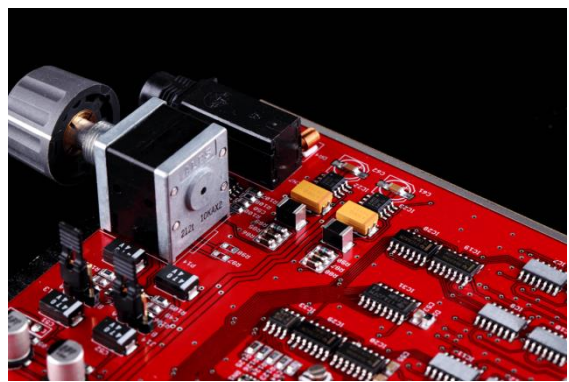
LAP-2.V3 Phones Out THD 1 kHz über Leistung von 0.5..210 mW an 2x 600 Ω Last



Kompaktes Abmaß sorgt für Flexibilität insbesondere beim Festeinbau des Gerätes.



Jeder Eingang verfügt über einen eigenen Verstärkerzug, sodass die Eingangskapazitäten durch den kurzen Signalweg bis zur jeweiligen Verstärkerstufe gering ausfallen.



Sonderspezifiziertes niederohmiges 10 KΩ ALPS-Poti. Die niederohmige Ausführung sorgt für geringstes Rauschen und minimiert Verzerrungen, die durch die Nichtlinearität der Impedanz einer folgenden Verstärkerstufe verursacht werden könnten. Mit bis zu 10 Messungen über den vollen Bereich und 4 möglichen Plätzen für Korrekturwiderstände auf der Platine, wird das Gleichlaufoptimum, welches man grundsätzlich aus Potentiometern herausholen kann, eingestellt.

Geräteansicht hinteres Anschlussfeld

**Symmetrier-/Differenz-/Verteilverstärker-System**

Universelles, professionelles 4..10-Kanal-Anpassungs- und Symmetrier/Differenz/Verteil- und Summierverstärkersystem in Modulbauweise



SAM-2B.V2 in Weiß oder Schwarz erhältlich. Individuell nach Wunsch bestückbar mit bis zu 5 Zweikanal-Symmetrier-/Desymmetriereinheiten. Durch die „19 Zoll Ohren“ lässt sich das Gerät unkompliziert auch optisch verdeckt in Möbel/Tonmöbel einbauen.



Zweikanal Modul SSOM-04Mb.V2 2-Kanal-Symmetrierverstärker aus SAM-2B.V2



Zweikanal Modul SSIM-04Mb 2-Kanal-Differenz-Verstärker (Asymmetrierverstärker) aus SAM-2B

**Fazit:**

Bereits mit dem LAP-2.V3 Abhörcontroller liefert die Firma Funk Tonstudioteknik ein Gerät mit extrem hoher Signaltreue, die dann auch vielerorts noch ihres Gleichen sucht. Technik und Qualität auf die Spitze getrieben und das zu einem fairen Preis. Mittels der hervorragenden Funk **Symmetrier/Desymmetrierer SSIM-04Mb/SSOM-04Mb Module** lässt sich der LAP-2.V3 ohne qualitative Abstriche und technisch sauber in ein ansonsten symmetrisch betriebenes Geräteumfeld integrieren. Die sehr hohen Unsymmetriedämpfungswerte (**Gleichtaktunterdrückung CMRR**) **des Desymmetriermoduls SSOM-04Mb.V2 von besser als -110 dB (33000:1)** über den gesamten Audiofrequenzbereich, überbietet auf Linepegelniveau bezogen sogar die schon besonders hochqualitativen AD-Eingänge eines Stagetec Truematch-Wandlersystem! Diese extrem hohe Symmetrie ermöglicht die nahezu vollständige Auslöschung von Störungen, welche in die Leitung induziert

werden. Auch Störungen aufgrund verschiedener Massepotentiale werden durch sehr hohe **Gleichtaktunterdrückungswerte** über den gesamten Frequenzbereich optimal unterdrückt. Die sonst grundsätzlich höhere Anfälligkeit elektronischer Symmetrierung im Vergleich zur Trafosymmetrierung -insbesondere gegenüber Impedanzunsymmetrien auf Seite des sendenden Gerätes- wird durch den besonders hohen Eingangswiderstand von 4 MΩ symmetrisch des SSIM-04Mb-Moduls auf ein unbedeutendes Minimum reduziert. Diese hohe Eingangsimpedanz sorgt auch bei unterschiedlichen Quellwiderständen der beiden Adern für eine kaum merkbare Verringerung der Symmetriewerte. Symmetrisch niederohmigere Eingänge im 10..50 kΩ-Bereich können in diesem Fall schon Probleme mit der Störsignalunterdrückung bekommen. Wer die Sonderfunktion wie Mute, Phasenumkehr, Mono und Kabelfernbedienung des Funk MTX-Monitor nicht benötigt wird mit einer Kombination aus LAP-2.V3 und genannter Symmetrier- und Desymmetriermodule seinem Ziel eines vorbildlich neutralen Abhörcontrollers mit guter EMV-Störfestigkeit auch in einem ansonsten symmetrisch betriebenen Geräteumfeld erreichen. **Dem Autor des Artikels sind keine qualitativ gleichrangigen Alternativen, die insgesamt vollends an die qualitativen Möglichkeiten der Abhörcontroller der Firma Funk Tonstudioteknik und hier im speziellen des LAP-2.V3 heranreichen, bekannt. Der LAP-2.V3 bietet dem Audiosignal eine beinahe unglaubliche „Rekorddynamik“ von 134dB linear CCIR468-unweighted bzw. 137dB A-bewertet an! Mit dem kombinierten Einsatz des an sich asymmetrischen LAP- 2.V3 in Verbindung mit den professionellen Symmetrier-/Desymmetriermodulen dieser Firma wird eine bewährte Idee aus der Rundfunkkassettenteknik wieder aufgegriffen, bei der die „innere“ Elektronik meist komplett asymmetrisch ausgeführt war und nur jeweils die Schnittstellen nach außen mit Symmetrierern/Desymmetrierern ausgestattet wurden. Richtig ausgeführt hatte dieses keinerlei Qualitätsverlust zur Folge!**

## Information

**Preis:** Abhörcontroller LAP-2V- ca. 1000 Euro inkl. MwSt.

FUNK TONSTUDIOTECHNIK ·  
GERMANY · 10997 BERLIN  
PFUELSTRASSE 1a

Tel: 0049 (0) 30 38106174

Fax: 0049 (0) 30 6123449

E-Mail Verkauf / Kundendienst:

[Funk@Funk-Tonstudioteknik.de](mailto:Funk@Funk-Tonstudioteknik.de)

## Grundlagentechnischer Anhang

### Elektrotechnische Grundlagenbetrachtung analoger Audioverbindungen

**B**evor der Autor tiefer in die Zusammenhänge von Signalstörungen bei verschiedenen Verbindungsarten eingeht, ist bezüglich korrekter Verkabelung zunächst sinnvoll zu erwähnen, dass auch heute immer noch Probleme bei Cinchverbindungen aufgrund zu großer Durchmesserunterschiede existieren. Wackelnde oder einfach zu löse sitzende Kontakte, sowie auch zu fest aufsteckbare Stecker sind die Folge. Zu große Abmaßtoleranzen können unnötige auch sporadisch auftretende Brummstörung oder eine Erhöhung der Verzerrungswerte zur Folge haben. Von daher sollte als erste optimierende Maßnahme zu einer Minimierung von möglichen Störeinflüssen grundsätzlich auf einen „sicheren“ Sitz bei den Cinchverbindungen geachtet werden!

### Störspannungen und ihre Ursachen

**B**ei einer Verbindung zweier Audiogeräte treten immer mehr oder weniger stark ausgeprägte Störspannungen auf. Die Ursachen sind Einstreuungen auf Kabel zwischen beiden Geräten infolge elektrischer oder magnetischer Felder sowie Differenzen der Audiomasse. Während elektrische Felder wirkungsvoll abgeschirmt werden können, sind Einstreuungen durch magnetische Felder nur durch eine symmetrische Leitungsführung und Abstand zum Störer erfolgreich zu eliminieren. Doch selbst ohne Einstreuungen externer Quellen treten Störspannungen auf, welche sich durch Brummen und hochfrequente Geräusche zuweilen äußern können. Die grundsätzliche Ursache besteht darin, dass die Masse in einem Gerät praktisch immer auf einem geringfügig anderen Potenzial liegt als die Masse eines zweiten Gerätes. Diese Spannungsdifferenzen können das zu übertragende Audiosignal „verschmutzen“. Bei allen Arten von Geräten treten zudem immer parasitäre Kapazitäten zwischen der Netzleitung und der geräteinternen Signal-Masse (Internal Ground) auf. Diese Kapazitäten bauen sich zwischen den Windungen des Netz-Transformators und über Netzfilter auf und ermöglichen somit einen kleinen

Wechselstromfluss zwischen der Netzleitung und der geräteinternen Masse bzw. dem Gehäuse. Im Vergleich zu einer externen Masse, z.B. zur Schutzerde, liegt das Gehäuse also auf einer Wechselfeldspannung. Bei Geräten ohne Schutzleiter können diese Spannungen relativ hoch sein (über 50V). Da die resultierenden Ströme aber sehr klein sind, besteht keine Gefahr für den Menschen. Die Spannungen können aber, je nach Art der Leitungsführung, zu beträchtlichen Störungen führen. Bei Geräten mit Schutzleiter sind die Spannungen gegenüber einer externen Masse geringer. Da jedoch auch der Schutzleiter eine gewisse Impedanz aufweist, bleibt eine kleine Spannung zwischen Gehäuse und externer Masse bestehen. Ein zweites Gerät weist somit immer ein anderes internes Massepotenzial auf. Der Grund dafür ist, dass jedes Stromnetz aufgrund der Impedanz der Schutzerde kleine Potenzialdifferenzen zwischen den einzelnen Anschlusspunkten im Netz aufweist. Diese können von einigen Millivolt, bei nah beieinander und auf dem gleichen Zweig gelegenen Anschlüssen, bis hin zu einigen Volt bei weit auseinandergelegenen Anschlüssen auf verschiedenen Zweigen reichen. Somit bekommt das Gehäuse des zweiten Audiogerätes ein anderes Potenzial als das Gehäuse des Ersten. Selbst wenn beide Audiogeräte an der gleichen Stelle im Stromnetz angeschlossen sind, kommt es mit großer Wahrscheinlichkeit aufgrund unterschiedlicher parasitärer Kapazitäten zu unterschiedlichen Massepotentialen der beiden Gehäuse. Weisen die Gehäuse unterschiedliche Massepotentiale untereinander auf, so können je nach Bauart Ausgleichsströme entstehen. Je nach Übertragungsart (symmetrisch oder unsymmetrisch) können daraus Störgeräusche resultieren, welche sich aus der Netzfrequenz (50 Hz in Europa und 60 Hz in Amerika) und höherfrequenten Oberwellen- und Rauschteilen zusammensetzen. Die höherfrequenten Anteile in der Netzspannung (und damit auch in der Störspannung zwischen den Geräten) entstehen durch andere Lasten am Stromnetz. Lichtdimmer oder Audiogeräte mit besonders großen Ladekondensatoren, die nur sehr kurzzeitig und plötzlich Strom ziehen, zählen zu diesen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass grundsätzlich die parasitären Massekapazitäten so klein wie möglich gehalten werden sollten und auf Null und Phase möglichst gleich groß sein sollten.

### Unsymmetrische Verbindung

**U**nsymmetrisch bedeutet, dass die Impedanzen beider Leiter gegenüber Masse nicht gleich groß sind und nur eine Ader moduliert wird.

Der englische Begriff dafür ist „unbalanced“. Bei unsymmetrischer Leitungsführung ist ein Leiter geerdet, d.h. seine Impedanz gegenüber Masse ist null, während der andere signalführende Leiter eine höhere Impedanz gegenüber Masse hat.

### Symmetrische Verbindungen

**S**ymmetrisch bedeutet, dass die Widerstände der beiden Signalleiter die zwischen jeder der beiden Ein- bzw. Ausgangsklemmen und Erdpotenzial gemessen in Phase und Betrag gleich groß sind. Induzierte Störspannungen, die auf beiden Leitern betrag- und phasenmäßig gleich sind, heben sich an einem ideal symmetrischen Eingang dann in ihrer Wirkung gegenseitig auf und sind ohne Einfluss. Verfügt ein symmetrischer Eingang zudem über eine extrem hohe Unsymmetriedämpfung, wie es bei den oben genannten Desymmetriereinheiten mit 110 dB (330000:1) der Fall ist, erfolgt eine nahezu vollständige Auslöschung von in die Leitung induzierter Störungen. Störungen aufgrund unterschiedlicher Massepotenziale zwischen zwei Geräten werden dadurch zusätzlich unterdrückt. Das gilt auch für Anwendungen des Symmetrierers mit asymmetrischer Verkabelung.

### Einfluss der Verkabelung auf Störspannungen

**W**ie schon weiter oben beschrieben, besitzen zwei Audiogeräte praktisch immer eine unterschiedliche Signalmasse. Durch die Verbindung des unsymmetrischen Ein- und Ausgangs mithilfe eines unsymmetrischen Kabels sind ihre Gehäuse über die Masseleitung (meist die Abschirmung) miteinander verbunden. Da diese Leitung immer einen Widerstand besitzt, kommt es zwangsläufig zu einem Spannungsabfall. Dieser wird direkt zur Signalspannung addiert und am Eingang des Empfängers mitverstärkt. Extrem niederohmige Kabelschirme helfen das Problem zu minimieren, wie wir gleich erkennen werden. Dazu nehmen wir als Beispiel den Widerstand des Masse führenden Schirmes mit  $0,1 \Omega$  und den Störstrom, der darauf fließt mit 316 Mikroampere an. Der Widerstand des inneren Leiters ist vernachlässigbar. Daraus ergibt sich nach  $U=IxR$  eine Rauschspannung von 31,6 Mikrovolt. Da die übliche Spannung im Consumerbereich ca. 316mV beträgt, folgt ein Störgeräuschpegel von  $20 \log 31,6$  Mikrovolt zu 316 Millivolt entspricht Minus 80dB relativ zum Signalpegel. Bei weniger als 10 mΩ Schirmwiderstand eines BS-2 bei 1m Länge würden sich in diesem Beispiel ca. -100 dB Störspannung ergeben. Je kleiner also der Widerstand der Masseverbindung ist, desto geringer ist auch der durch diesen Massestrom erzeugte Störgeräuschpegel. Die Art der Störgeräusche hängt des Weiteren davon ab, ob beide beteiligten Geräte geerdet

sind. Ist dieses der Fall, so wird eine Spannung, die über den Widerstand der gemeinsamen Schutzterde (Ground Wire Resistance) zwischen den Netzanschlüssen der Geräte abfällt, über die Schirmung des Audiokabels auf das Audiosignal aufgeprägt. Die Spannung fällt also ebenfalls über den Masseübergangswiderstand der Steckverbinder und der Schirmung des Audiokabels ab und wird somit zur Signalspannung addiert. Das Resultat wäre eine sogenannte „Brummschleife“. Sind Geräte nicht geerdet, so wären die auftretenden Störgeräusche eher hochfrequent, da sie über parasitäre Kapazitäten und besonders Hochfrequenzfelder eingekoppelt werden können. Bei symmetrischen Verbindungen sind parasitäre Kapazitäten weniger problematisch als bei asymmetrischer Verbindungsart einzustufen. Daher sollten vor allem bei asymmetrischer Verbindungsart die parasitären Massekapazitäten möglichst gering sein. Bei Schutzklasse 2 (Geräte ohne Schutzleiteranschluss) besser unterhalb 500 pF und in Fällen, bei denen die Kapazitäten ungleich zu den beiden Versorgungsleitungen liegen, sollte der Wert noch geringer sein. Bei der Betrachtung ist immer das Gesamtnetzwerk der zusammengeschalteten Geräteinstallation zu erfassen. In der Praxis sind oft mehrere Nanofarad an Kapazität dabei anzutreffen. Die parasitären Kapazitäten des LAP-2.V3 sind jeweils bei 1 kHz Testfrequenz mit ca. 330 pF Schaltungsnulld gegen eine Ader der Netzversorgung gemessen eher gering und zudem gleich verteilt. Pauschal einen max. zulässigen bzw. unschädlichen Wert dabei anzugeben ist schwer möglich. Weitere Faktoren wie die Leitungslängen der Audioverbindungen und natürlich die Niederohmigkeit der Kabelschirme müssen dabei in die Betrachtung einbezogen werden. Das Cinchkabel BS-2 ist daher mit einem außergewöhnlich niederohmigen Schirm ausgestattet, um Spannungsunterschiede der verschiedenen Referenzpotenziale der angeschlossenen Geräte dabei möglichst niedrig zu halten.

**Sven Bauer**

September 2013