

Bei Verbindungen zweier oder mehreren Audiogeräten können Brummstörungen durch elektrische oder magnetische Störfelder verursacht werden. Häufiger jedoch sind Massepotential-Unterschiede zwischen den verbundenen Geräten, die z.B. durch Doppel- oder Mehrfacherdung „Brummschleifen“, welche durch die Niederohmigen Abschirmungen der Leitungen der verkabelten Geräte teilweise erhebliche Störströme verursachen können. Diese Ströme erzeugen, je nach Schaltungsdesign, auch Brummspannungen innerhalb der angeschlossenen Audiogeräte und addieren sich zu den Audiosignalen.

Es gibt zwar eine Menge Vorschriften, die aber bei weitem – speziell bei exotischeren HiFi-Produkten, nicht immer eingehalten werden. Unsere WEICHE ist zwar nach allen erforderlichen Standards gebaut und geprüft, aber gerade die Zuspierer können dann – im Verband mit der WEICHE – einen Brumm verursachen, für den diese aber nicht verantwortlich ist.

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 Schutzterde, liegt das Gehäuse also auf einer Wechselspannung.

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 Massepotential auf. Der Grund dafür ist, dass jedes Stromnetz aufgrund der Impedanz der Schutzterde 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 Massepotenziale 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.

Einfluss der Verkabelung auf Störspannungen

Wie schon 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 mit verstärkt. 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 und den Störstrom, der darauf fließt mit 316 Mikroampere an. Der Widerstand des inneren Leiters ist vernachlässigbar. Daraus ergibt sich nach $U=I \times R$ 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 10mOhm Schirmwiderstand eines guten NF-Kabels 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 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 500pF 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 zusammenschalteten 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. 330pF Schaltungsnul 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.)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass grundsätzlich die parasitären Massekapazitäten so klein wie möglich, und gegenüber ‚Null‘ und Phase möglichst gleich groß sein sollten.

Bei der Suche nach der Quelle der Brummeinstreuungen ist also ein systematisches Vorgehen von essentieller Bedeutung für den Erfolg. Zu diesem Zweck haben wir eine kleine Matrix angehängt.

Fehlersuche bei auftretenden Störungen wie z.B. Brummen

Bitte kreuzen Sie ihre Komponenten an und füllen Sie die Typenbezeichnungen ein.

Geräte meiner Anlage:	Typ:	XLR?
<input type="checkbox"/> Vorverstärker		
<input type="checkbox"/> Endstufe		
<input type="checkbox"/> Vollverstärker		
<input type="checkbox"/> Bassverstärker		
<input type="checkbox"/> Aktiver LS		
<input type="checkbox"/> Fernseher		
<input type="checkbox"/> DAC		
<input type="checkbox"/> Kabel		
<input type="checkbox"/> Netzfilter		
<input type="checkbox"/> sonstiges		
<input type="checkbox"/> sonstiges		
<input type="checkbox"/> sonstiges		
<input type="checkbox"/> sonstiges		
<input type="checkbox"/> sonstiges		
<input type="checkbox"/> sonstiges		
<input type="checkbox"/> sonstiges		

Für den Test sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Die NF-Leitungen von und zur WEICHE sind gesteckt.
- Die übrigen beteiligten Geräte sind im Betrieb.
- Die WEICHE ist mit ihrem eigenen externen Netzteil verbunden
- Das Netzteil der Weiche wird aus der gleichen Stromversorgung wie der Rest der Anlage versorgt.
- Alle Anlagenteile sind eingeschaltet bis auf die WEICHE

Brummstörungen

Testfall#		1	2	3	4
A	Netzleitung gezogen	x			
B	Netzleitung gesteckt		x	x	x
C	WEICHE ausgeschaltet		x		
D	WEICHE eingeschaltet			x	x
E	Basspegel OFF			x	
F	Basspegel -36dB .. 12dB				x
Ergebnis#		1	2	3	4
G	Kein Brumm				
H	Brumm erträglich				
I	Brumm unerträglich				

Achtung: Diese Untersuchungen sind mit größter Sorgfalt durchzuführen. Fehlbedienungen können zu Schäden an der Anlage führen, die nicht im Verantwortungsbereich des Weichenherstellers liegt.