



**Netz-
brummen**

Inhalt:

Quellen für Netzbrummen

1. Quelle Stromnetz

- Stromversorgung von Gebäuden
- Wie kommt das Brummen ins Audiosignal?
- Was kann man dagegen tun?

2. Quelle elektromagnetische Einstreuungen

- Mögliche Störquellen
- Gegenmaßnahmen

Quellen für Netzbrummen

Brummstörungen im Audiosignal können zwei verschieden Ursachen haben

1. Das Stromnetz:

Ströme die nicht zum Audiosignal gehören gelangen auf Wegen die wir später noch kennen lernen werden in den Audiosignalweg und verursachen dort Störgeräusche in der Art von 50Hz Brummen, meist mit Anteilen harmonischer Oberschwingungen also (100Hz, 150Hz; usw.)

2. Elektromagnetische Einstreuungen

Elektromagnetische Felder können in Audiokabel Spannungen induzieren die so in den Signalweg gelangen und Störungen im Audiosignal verursachen können. Diese Störgeräusche können je nach Verursacher der Störung von 50Hz Brummen bis zum Empfang von Radiosignalen reichen.

Quelle Stromnetz

Bevor wir uns anschauen wie die Störungen vom Stromnetz ins Audiosignal gelangen sollten wir kurz einen Blick auf den Aufbau einer Standard Stromversorgung eines Hauses werfen.

Stromversorgung von Gebäuden 400V~ / 230V~ 50Hz

In Deutschland werden fast alle Haushalte mit Dreiphasen Drehstrom versorgt.

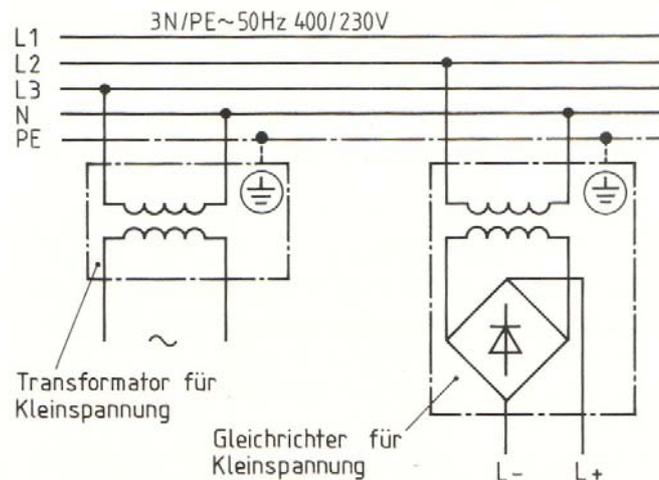


Abbildung 1: Zwei Geräte an 230V~ angeschlossen. Ihre leitenden Gehäuse sind mit dem Schutzleiter (PE) verbunden

Phasen L1, L2, L3

Die drei Phasen sind die stromführenden Leiter. Jede Phase hat in Bezug zum Neutraleiter eine Spannung von 230V~.

Neutraleiter „N“

Der Neutraleiter ist der Gegenpol zu den Phasen dient den Phasen also als Bezugspunkt.

Der Neutraleiter ist geerdet.

Schutzleiter „PE“

Wie der Name schon sagt dient der Schutzleiter hauptsächlich zum Personen und Sachschutz. Des Weiteren dient er zum Potentialausgleich zwischen angeschlossenen Geräten.

Er ist kein Stromführender Leiter und ist am Haushauptanschluss geerdet. Bei allen Geräten mit drei Anschlüssen am Netzstecker ist der Schutzleiter mit dem metallischen Gehäuse der Geräte verbunden. Alle metallischen Installationen im Haus wie Wasser-, Gasleitungen und Heizungsrohre und sonstiges ist ebenfalls geerdet.

Im Bild unten fehlt der Schutzleiter. Die Lampe ist mit einer Phase und Neutraleiter verbunden. Die Phase ist mit einer Sicherung abgesichert. Die Phase ist aufgrund eines Defektes (Gehäuseschluss) mit dem leitenden Gehäuse der Lampe verbunden was ohne Schutzleiter keine weiteren Auswirkungen hat. Wenn der Arbeiter, der auf einem isolierten Boden steht nun mit der einen Hand das unter Strom stehende Gehäuse berührt, um die Lampe einzuschalten, und mit der anderen den geerdeten

Wasserhahn schließt er den Stromkreis und er wird höchstwahrscheinlich durch einen Stromschlag zu Tode kommen.

Wäre der Schutzleiter am leitenden Gehäuse der Lampe angeschlossen gewesen wäre sofort beim Auftreten des Fehlers, als die Phase das Gehäuse der Lampe berührte ein Strom über den Schutzleiter zur Erde geflossen und die Sicherung hätte ausgelöst.

Der Unfall wäre also vermieden worden.

Dieser kurze Ausflug in die Elektrotechnik soll nur die Bedeutung und die Wichtigkeit des Schutzleiters hervorheben.

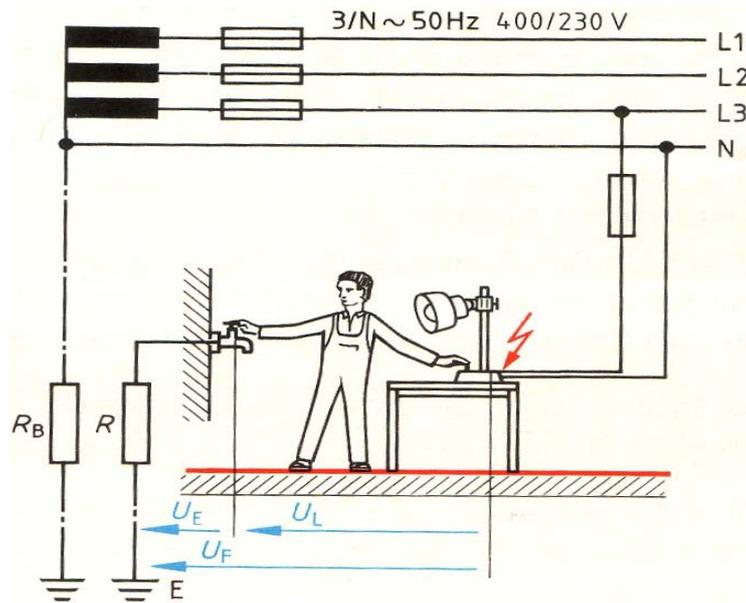


Abbildung 2: Fehlfunktion Gehäuseschluss in der Lampe. Der Arbeiter bekommt einen Stromschlag

Wie kommt das Brummen ins Audiosignal?

Massenschleifen

Massenschleifen können entstehen wenn zwei Audiogeräte, die beide über den Schutzleiter (PE) mit Erde verbunden sind, mit einem Audiokabel, miteinander verbunden werden. Die Geräte sind jetzt zum einen über ihren Schutzleiter und zum anderen über den Kabelschirm, der am Gehäuse beider Geräte anliegt über zwei Wege mit Erde verbunden.

Wenn nun zwischen beiden Geräten ein Potentialunterschied besteht fließt ein Ausgleichstrom über den Kabelschirm von einem Gerät zum anderen. Dieser Ausgleichstrom kann wenn er in den Signalweg gelangt Störungen im Audiosignal erzeugen.

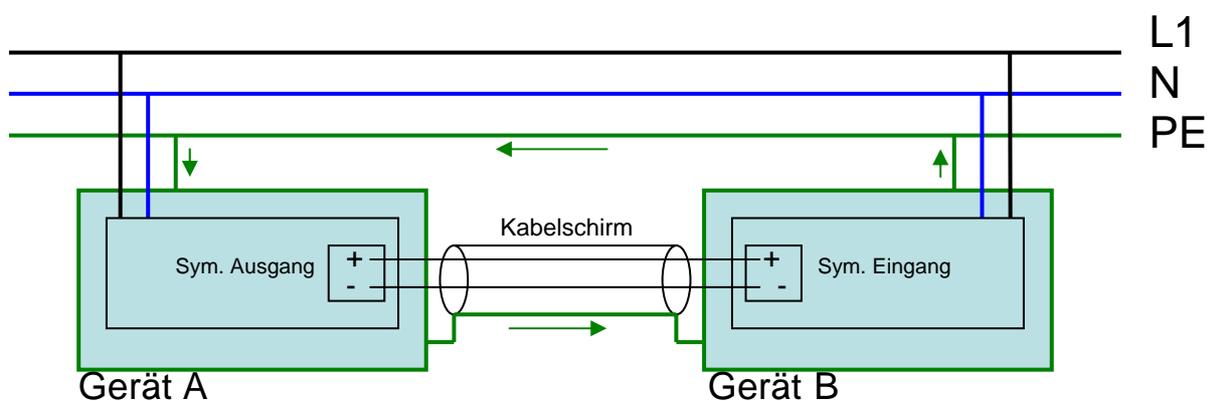


Abbildung 3: Massenschleife

Doch wieso kommt es eigentlich zu Potentialunterschieden zwischen einzelnen Geräten?

Zum einen kann eine schlechte oder defekte Erdung im Haus die Ursache dafür sein.

Der zweite Grund ist häufiger die Ursache.

Wie wir wissen gibt es keinen idealen Leiter. Jeder Leiter und so auch der Schutzleiter hat eine Impedanz (Scheinwiderstand). Das bedeutet, wenn über den Schutzleiter ein Strom fließt verursacht dieser einen Spannungsabfall über dem Schutzleiter und kann somit zu unterschiedlichen Potentialen an unterschiedlichen Geräten führen.

Im Schutzleiter soll doch nur im Falle eines Fehlers (Gehäuseschluss) ein Strom fließen!?

Durch baulich und physikalisch bedingte Kapazitäten in Verbrauchern kann es zu Kopplungen von Strömen auf den Schutzleiter kommen. Dies können reale Kapazitäten in form von Kondensatoren sein die zur Entstörung gegen elektromagnetische Felder eingesetzt werden oder Kapazitäten die nicht als Bauteile vorhanden sind aber dennoch messbar existent.

Diese Ströme können je nach Verbraucher aus 50Hz Schwingungen plus harmonischer Oberwellen bestehen.

Wie entstehen diese Oberwellen?

Alle Verbraucher welche die Sinusform des Stroms verändern erzeugen Oberwellen. Durch den französischen Mathematiker und Physiker Jean Baptiste Joseph Fourier wissen wir, dass jede beliebige periodische Funktion durch einer Reihe von Sinus und Kosinus Funktionen besteht. Genauer gesagt aus einer sinusförmigen Grundschwingung und geradzahligem sinusförmigen Oberschwingungen. Viele Verbraucher die Heute im Stromnetz angeschlossen sind verändern die Sinusform des Stromes durch z.B. ihre kapazitiven und induktiven Anteile oder durch Schaltvorgänge.

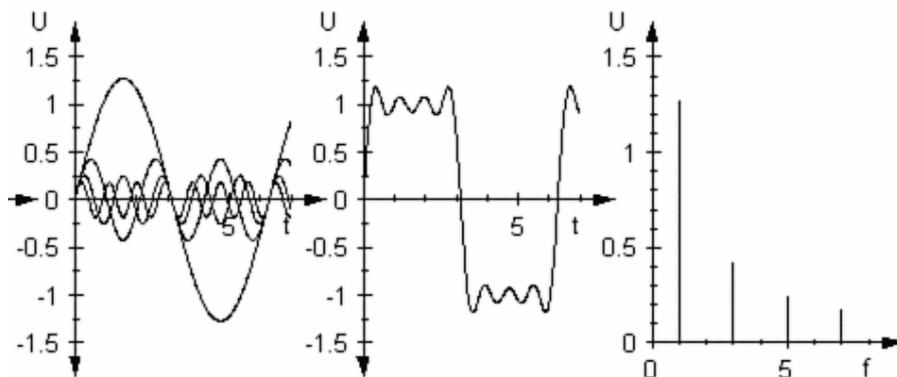


Abbildung 4: Entwicklung einer Rechteckspannung nach Fourier

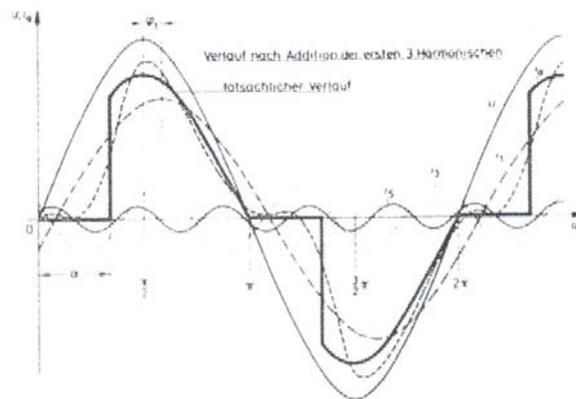


Abbildung 5: Verformung der Sinusspannung durch einen Phasenanschnittsdimmer und die daraus resultierenden Oberwellen

Verursacher von Oberwellen im Stromnetz sind z.B.

- Gasentladungslampen
- Dimmer
- Schaltnetzteile
- Motoren (nicht Drehstrom)

Diese Geräte sollten wenn möglich nicht am gleichen Stromkreis betrieben werden. So sollte z.B. beim Dreh oder bei Veranstaltungen für Ton und Licht immer getrennte Stromkreise verwendet werden.

Wie gelangen die Ausgleichströme in den Audiosignalweg?

Unsymmetrische Verkabelung

Bei der Verwendung unsymmetrischer Übertragung ist der Schirm über den der Ausgleichstrom fließt, als Gegenpol zur Signalführende Leitung, Bestandteil des Signalweges.

Der Ausgleichstrom addiert sich zum Audiosignal und verursacht Brummen.

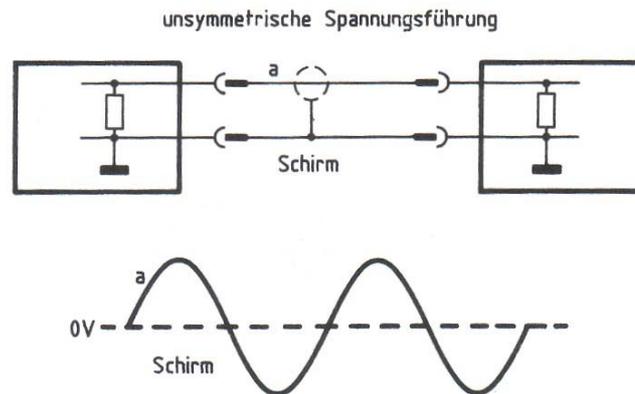


Abbildung 6: unsymmetrische Übertragung

Symmetrische Verkabelung

Bei Verwendung Symmetrischer nicht erdfreier Übertragung kann der Ausgleichstrom evtl. auch über den Schirm in den Signalweg gelangen.

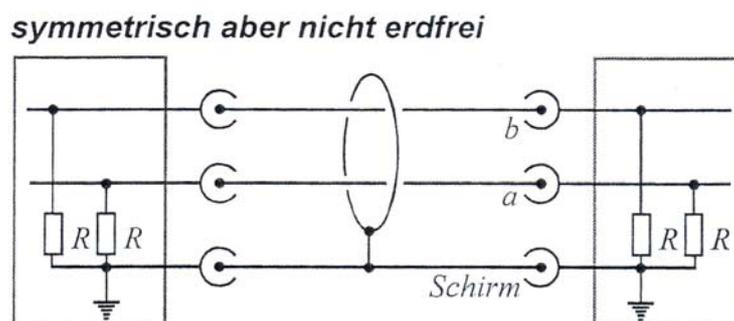
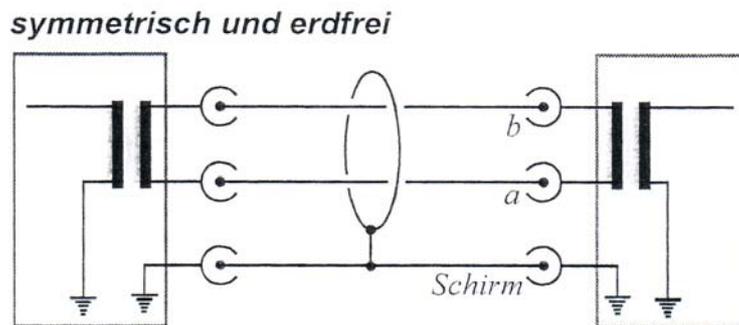


Abbildung 7

Bei der Verwendung Symmetrisch erdfreier Übertragung dürften die wenigsten Probleme auftreten, da die Signalführenden Leitungen nicht leitend mit dem Schirm verbunden sind.



Evtl. auftretende Brummstörungen könnten folgende Ursachen haben. Zum einen könnte die Ausgleichspannung die über den Schirm fließt in die Signalführenden Adern einstreuen. Normal ist das bei Symmetrischer Übertragung kein Problem, da die Signale in den beiden Signaladern in entgegengesetzter Polarität geführt werden. Störungen die sich in beiden Signaladern hinzuaddieren werden in der Eingangsstufe durch Differenzbildung ausgelöscht.

Es besteht aber die Möglichkeit, dass die Eingangsstufe nicht hundertprozentig Symmetrisch ist, oder dass durch die Kabelbauart die Einstreuungen vom Schirm in eine Signalader größer ist als in der anderen. In diesen beiden Fällen wäre die Differenzbildung ungleich Null also Störungen vorhanden.

Ein weiteres Problem ist das sog. Pin 1 Problem. An Pin 1 eines XLR Steckers/Buchse wird der Schirm, des Symmetrischen Kabels angeschlossen. Manche Hersteller verdrahten nun Pin 1 an den Ein-/Ausgängen ihrer Geräte mit der Audiosignal-Masse anstatt mit der Geräte-Masse (Gehäuse, Schutzleiter). Somit kann der Ausgleichsstrom über den Schirm auch wieder in den Signalweg gelangen.

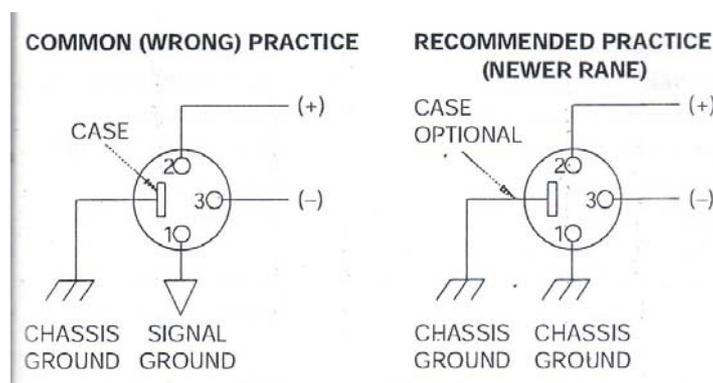


Abbildung 9: Pin 1 Problem

Was kann man dagegen tun?

Potentialunterschiede minimieren

Störendes Gerät ausfindig machen und Netzstecker drehen möglicherweise hat sich das Problem damit schon erledigt.

Mann sollte wenn möglich für das gesamte Audiosystem einen Stromkreis verwenden (Vorsicht Stromkreis nicht überlasten!). Der Potentialunterschied zwischen zwei Geräten aus verschiedenen Stromkreisen wird in der Regel größer sein als zwischen zwei Geräten im gleichen Stromkreis.

Auftrennen der Schleife

Auf keinen Fall Schutzleiter abklemmen **LEBENSGEFAHR!**

1. Einseitiges auftrennen des Kabelschirms

Im Allgemeinen wird empfohlen den Schirm auf der Empfängerseite zu entfernen. Andere Stimmen behaupten es sei völlig egal.

Eins sollte man allerdings beachten: Der einseitig aufgetrennte Schirm wird empfindlicher gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Quellen wie Radiosender etc, da der einseitig aufgetrennte Schirm wie eine Antenne wirken kann.

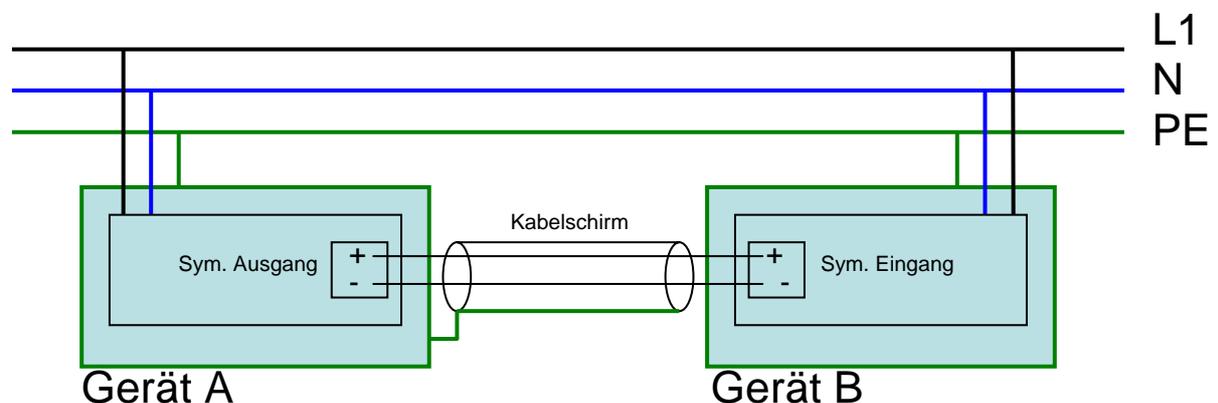


Abbildung 10: Massenschleife durch nicht auflegen des Schirms am Empfänger durchtrennt.

2. Symmetrische nicht Erdfreie mit Hilfe von Audio-Übertragern in Symmetrisch Erdfrei Verbindungen umwandeln.

3. Unsymmetrischer Kabelführung mit Audio-Übertragern Symmetrieren

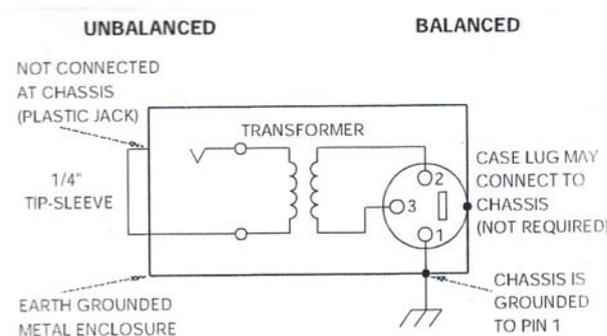


Abbildung 11: Umwandlung eines unbalancierten Signals in ein symmetrisches, erdfreies Signal mittels eines Audio-Übertragers.

Quelle elektromagnetische Einstreuung

„You say audio cable, Mother Nature says antenna“, Neil Muncy.

Verursacher:

- Stromkabel
- Elektrische Geräte
- Benachbarte Industrieanlagen
- Nahe gelegene Radio- Fernsehsender

Grundsätzlich gilt:

- Symmetrische Verkabelung weniger anfällig
- Gut geerdetes System weniger anfällig

Gegenmaßnahmen bei Störfeldern

1. Stromkabel

Stromkabel und Audiokabel mit ausreichend Abstand verlegen die Einstreuungen werden sich mit zunehmenden Abstand verringern

Bei Kreuzungen von Strom und Audiokabeln die Kabel rechtwinklig zueinander verlegen. Die Größe der induzierten Spannung ist abhängig vom Kosinus des Winkels zwischen Leiter und Magnetfeld (bei 90 Grad -> Null)

Zur Not Kabel zum abschirmen in geerdeten eisernen Installationsröhren verlegen. Wirkt wie faradayscher Käfig. Elektromagnetische Wellen werden sowohl von außen als auch von innen abgefangen.

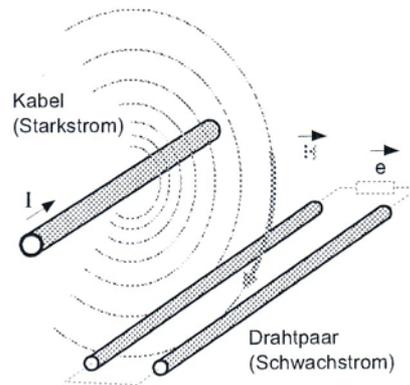


Abbildung 12: Bei paralleler Verlegung von Strom und Audio Kabeln ist die Gefahr der Einkopplung am größten

2. Elektrische Geräte

Abstand zu stark strahlenden elektrischen Geräten Vergrößern (wenn möglich) die Einkopplungen werden sich mit zunehmendem Abstand verringern
Zur Not Kabel abschirmen mit geerdeten eisernen Installationsröhren

3. Bei benachbarten Industrieanlagen und starken Sendern

Zur Not Kabel abschirmen mit geerdeten eisernen Installationsröhren

4. Grundsätzlich Kabel nicht länger als nötig !

Irgendwelche Veränderungen am Stromnetz nicht selber machen! Holt euch den Elektriker zu Hilfe!

Quellen:

Tabellenbuch für Elektrotechnik, Europalehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co., 5600 Wuppertal, ISBN 3-8085-3072-3

Herbert Bernstädt, *Dimmer Technologie – Teil 3*, Produktion Partner 2/2005 S34-39, MM-Musik-Media GmbH & Co.KG Köln

Tomi Engdahl, *Ground Loop problems and how to get rid of them*, <http://www.epanorama.net/documents/groundloops>, zugegriffen am 30.04.2005

Brumm Störungen, vs9.2.0104, p consult GmbH Köln

Jim Brown, *Power and Grounding for Audio/Video Systems – A White Paper for the Real World*, Audio Systems Group Inc. 2004

Stephen Macatee, *Grounding and Shielding Audio Devices*, Rane Note 151, Rane Corporation 1995, revised 2002

Rane Technical Staff, *Sound System Interconnection*, Rane Note 110, Rane Corporation 1985, 1995

Bill Whitlock, *Balanced Lines in Audio Systems: Fact, Fiction, and Transformers*, Audio Eng. Soc. Vol 43, pp. 454-464, June 1995

Bill Whitlock, *Hum & Buzz in unbalanced interconnect Systems*, Jensen AN-004, Jensen Transformer Inc