OPTIMAL VERKABELN

Die Studio-Connection

SO KOMMEN ALLE SIGNALE STÖRUNGSFREI VOM OUTPUT ZUM INPUT

Die Band ist da, das Setup steht, alle Instrumente und Signalprozessoren sind angestöpselt – und in der Regie wird zum ersten mal der Fader hoch gezogen. Doch halt! Was brummt denn da ...? Die Freude am analogen Studio-Equipment kommt erst richtig auf, wenn ihr mit durchdachter Verkabelung und einfachen Tricks eure Signale frei von Störgeräuschen haltet.

Ursachen für Brummen sind meistens Brummschleifen, welche durch unterschiedliche Erdungspunkte entstehen. Zwischen den beiden Erdungspunkten entsteht ein Widerstand, der einen Brummstrom im Audiosignal erzeugt. Auch das Verlegen von Strom- und Audiokabeln auf engstem Raum kann Brummen erzeugen: Euer Audiokabel wird zum Magnetfeld sobald es von dicken Stromkabeln umgeben ist, diese Situation erzeugt einen Brummstrom. Das Betreiben von Digital- und Analoggeräten an derselben Steckdose kann ebenfalls Brummen, Surren und Knacksen zur Folge haben, denn das Ein- und Ausschalten von Relais (Computer, Interfaces usw.) erzeugt kurzzeitige Spannungsschwankungen. Und zwei Analoggeräte an zwei unterschiedlichen Steckdosen schließlich sind wohl ein Klassiker in Sachen Brumm. Ein Grundsatz ist es jedenfalls, eine möglichst saubere Stromversorgung herzustellen, um diese als Quelle für lästiges Brummen langfristig auszuschließen.

Foto: Shutterstock, Wilschefski

Die typische Brummschleife

Durch das Anschließen verschiedener Geräte an verschiedenen Steckdosen im Raum können Brummschleifen entstehen. Zur Veranschaulichung ein kurzes Beispiel. Angenommen ihr habt an Steckdose A ein Mischpult, und an Steckdose B einen Gitarren-Amp. Beide Geräte sind über eure Steckdose geerdet. Nun verbindet ihr den Direct-Out des Gitarren-Amps mit dem Eingang des Mischpults. Hier kommt bereits die erste Brummschleife zustande: Denn ihr verbindet mit dem Klinken-Kabel

© PPVMEDIEN 2011

Bei längeren Kabelstrecken unsymmetrischer Signale empfiehlt sich der Einsatz einer DI-Box.

Praktische Helfer sowohl im Studio als auch auf der Bühne: DI-Boxen. Hier zu sehen: die Modelle JDI (passiv) und J48 (aktiv) des Herstellers Radial.

auch die Erdung der beiden Geräte miteinander. Da die Steckdosen A und B weit voneinander entfernt sind, besteht ein Widerstand zwischen den beiden Erdungspunkten. Euer Verbindungskabel vom Amp zum Mischpult versucht diese Differenz auszugleichen, und es entsteht eine Spannung, die sich als Brummen bemerkbar macht. Die Lösung ist – neben der DI-Box – ein zentraler Erdungspunkt für eure Analoggeräte. Dies bekommt ihr durch eine sternförmige Stromversorgung hin.

Potentielle Störquellen vom Audiostromkreis trennen!

Sicherlich kennt ihr das Phänomen: Nebenan geht das Licht an, und in euren Lautsprechern knackt es, oder ihr hört das Surren der Festplatte über eure Monitore. Das Stromnetz in Europa mit 230 Volt und 50 Herz darf nach aktueller Norm um 10% schwanken. Wir haben also minimal 207 Volt, und maximal 253 Volt. Doch das ist noch nicht alles! Denn die sinusförmige Kurve der Wechselspannung (50 Hz) wird durch nichtlineare Verbraucher gestört, welche ins Netz übersprechen. Von der Waschmaschine bis hin zu Leuchtstofflampen, all diese Verbraucher sind potentielle Störquellen in eurem Audiostromkreis und resultieren in Brummen, Knacksen und Surren. Nehmt euch daher unbedingt einen separaten Stromkreis mit eigener Sicherung für eure analogen Audiogeräte.

Sternförmige Stromversorgung

Die sternförmige Stromversorgung stellt ihr her, indem ihr an eine Hauptsteckerleiste alle weiteren Steckerleisten für eure Analoggeräte anschließt. In jedem Fall solltet ihr vermeiden, mehrere Steckerleisten hintereinander zu schalten. Dies erzeugt nur ungleichlange Erdungsleitungen. Eure digitalen Geräte (Bildschirme, Computer, Interface, usw.) sollten einen weiteren, eigenen Stromkreis bekommen. Ihr solltet also mindestens zwei Stromkreise im Studio haben, einen für eure Analoggeräte, und einen weiteren für Computer und Digitalgeräte. Ganz fern vom Studio solltet ihr Geräte wie Klimaanlage, Leuchtstofflampen usw. anschließen, denn diese verursachen hohe kurzzeitige Spannungsschwankungen.

Netzfilter

Um eure Audiostromversorgung möglichst sauber zu halten, könnt ihr auch ein Netzfilter verwenden. Dieses schaltet ihr vor die Hauptsteckerleiste eures Audiostromkreises. Die Funktionsweise ist ähnlich wie beim Bandpassfilter, Frequenzen ober- und unterhalb von 50 Hz werden bedämpft. Da das Anschalten von Lichtern, Spülmaschinen usw. überwiegend hochfrequente Störspannungen erzeugt, ist das Netzfilter hierfür eine lohnenswerte Investition! Wichtig ist die Leistung des Netzfilters, welche in jedem Fall höher sein sollte als der Verbrauch aller Geräte die ihr daran anschließt. Natürlich gibt es auch Geräte welche die Versorgungsspannung komplett neu aufbauen, und selbst Spannungsschwankungen von mehreren Volt problemlos ausbügeln. Diese sind allerdings recht teuer und lohnen sich nur für sehr große Studios.

Richtige Masseführung

Sobald ihr eine saubere Stromversorgung hergestellt habt, solltet ihr euch um die richtige

© PPVMEDIEN 2011

Audioverkabelung kümmern! Denn die Masseführung und Erdung eurer analogen Geräte hat einen großen Einfluss auf das Brummverhalten. Jedes Gerät hat in seinem Schaltkreis ein Nullpotential (Masse), welches über die Erde abgeführt wird. Wenn nun von jedem Gerät das Nullpotential an einer anderen Stelle zur Erde abgeführt wird, entsteht eine Störspannung welche als Brummen hörbar wird (Brummschleife). Dies könnt ihr einfach vermeiden, indem ihr alle Geräte an einer Stelle erdet. In der Regel befindet sich die Haupt-Erdung an eurem analogen Mischpult, bzw. da wo eure Signale alle zusammenlaufen. Euer Mischpult ist über das Mischpultnetzteil und dessen Kaltgerätestecker geerdet. Vom Mischpult aus solltet ihr eine sternförmige Masseführung beachten. Das heißt, die Masse eurer Outboard-Geräte läuft über den Masseleiter des Multicore-Kabels zum Mischpult und wird dort geerdet. Die Geräteabschirmung sollte in jedem Fall mit der Erdung über den Gerätenetzstecker, die Masse eurer Geräte (XLR Pin 1) mit dem Gerätegehäuse (Geräteabschirmung) und der Erdung über den Netzstecker verbunden sein. Es sei davor gewarnt, einfach den Schutzleiter des Netzsteckers abzukleben, dies kann lebensgefährlich sein! Auch wenn manche Geräte einen Ground-Lift-Schalter besitzen, sollte dieser mit Vorsicht betätigt werden.

Alle Geräte sollten nur an einer einzigen Stelle geerdet werden.

Elektromagnetische Einstreuungen vermeiden

Überall dort, wo eure Audioleitungen in der Nähe von Stromkabeln, Trafos und Netzteilen vorbeilaufen, kommt es zu elektromagnetischen Einstreuungen, die im Audiosignal eine Brummspannung erzeugen. Die Abschirmung alleine hilft leider recht wenig. Für die Verkabelung solltet ihr euch daher merken: Stromkabel und Netzteile haben in der Nähe von Audiokabeln nichts verloren! Ihr solltet immer einen Abstand (mind. 20 cm) zwischen parallel laufenden Strom- und Audiokabeln einhalten. Bei der Rack-Verkabelung z.B. solltet ihr eine Seite für Stromkabel, und die andere für Audiokabel definieren. Das Kreuzen von Strom- und Audiokabeln lässt sich oft nicht vermeiden, sollte aber nicht zu häufig vorkommen.

Symmetrische Signalführung

Der effektivste Weg, die elektromagnetischen Einstreuungen zu unterdrücken, ist die symmetrische Signalführung. Insbesondere dort, wo niedrige Spannungen übertragen werden, (z.B. bei Mikrofon- oder Gitarrensignalen) ist die symmetrische Signalführung unumgänglich! Denn je niedriger die zu übertragende Spannung ist, desto größer macht sich die Einhundertprozentige Auslöschung der Störspannung leider nicht immer gegeben. Auch das Kabel selbst kann das Verhältnis zwischen der differentialen Verstärkung und der Störspannung (CMRR, Common Mode Rejection Ratio) verschlechtern: Ein elektromagnetisches Feld in der Nähe des Kabels wird möglicherweise eine der beiden Leitungen (HOT oder COLD) stärker beeinflussen, was zu einer schlechteren CMRR führt. Dagegen könnt ihr gedrillte Kabel verwenden, denn die elektromagnetische Einstreuung erfolgt hier gleichmäßiger. Im Allgemeinen gilt, die CMRR sollte möglichst hoch sein, achtet daher unbedingt auf hochwertige (De-) Symmetrierer.

Gleichtaktspannung und CMRR

Bei der symmetrischen Signalführung wird das Signal einmal „in phase“ (+, HOT, XLR-Pin 2) und einmal um 180 Grad phasengedreht (-, COLD, XLR Pin 3) übertragen. Am Ende der symmetrischen Leitung wird mittels Audioübertrager (Transformator) oder elektronischer Desymmetrierung (Differenzverstärker) das phasengedrehte COLD-Signal wieder umgekehrt und dem HOT-Signal zugemischt. Die Störspannung, welche identisch auf beiden Eingängen liegt, (Gleichtaktspannung, oder auch Common-Mode-Spannung) wird bei der Desymmetrierung ausgelöscht. Durch Bauteiltoleranzen beim aktiven (De-)Symmetrierer, oder ungleichen Wicklungen bei der trafobasierten (De-)Symmetrierung ist die

Am besten vermeidet man das Aufwickeln von signalführenden Kabeln, da hier magnetische Einstreuungen entstehen.

Tipps zur richtigen **Verkabelung**

Audio- und Strom-/Digital-Kabel stets voneinander trennen

Analog-Geräte immer an einem separaten Stromkreis betreiben!

Haltet alle Kabel möglichst kurz und vermeidet das Aufwickeln von überschüssigen Kabeln, dies führt zu verstärktem magnetischen Einfluss.

Verwendet hochwertige Kabel mit möglichst dicker Schirmung.

Audiokabel stets bündeln (links, rechts, Kanäle 1-8 usw.), dies reduziert elektromagnetische Einstreuungen.

Sorgt für eine sternförmige Erdung und fügt nicht unnötige Erdungen an unterschiedlichen Stellen hinzu.

Verzichtet nicht auf symmetrische Signalführung, wenn ihr die Möglichkeit dazu habt!

Bevor ihr nun euer neues Studio verkabelt, solltet ihr alle Signalwege, Stromversorgung und symmetrische/unsymmetrische Leitungen genau planen und aufzeichnen! So werdet ihr dem lästigen Brummen und Kabelgewirr endgültig ein Ende bereiten!

© PPVMEDIEN 2011

Auch MIDI-Kabel können für Brummschleifen verantwortlich sein.

streuung im Verhältnis zum Nutzsignal bemerkbar. Mikrofone bieten in der Regel immer einen symmetrischen Ausgang, welcher im Mikrofonvorverstärker (Preamp) wieder desymmetriert wird. Bei Multicore-Kabeln, ob auf dem Weg vom Mischpult zur Patchbay oder zu euren Outboard-Racks, sollten bei längeren Signalwegen (ab 4 m) unbedingt symmetrische Verbindungen verwendet werden.

Kombination von symmetrischer und unsymmetrischer Signalführung

Wollt ihr ein unsymmetrisches Gerät mit einem symmetrischen Gerät verbinden, müsst ihr nicht komplett auf die Vorzüge der symmetrischen Signalführung verzichten. Denn wenn ihr die Masse des unsymmetrischen Gerätes mittels symmetrischem Kabel sowohl mit dem Pin 3 (COLD) als auch mit der Abschirmung (Pin 1) verbindet, gelangen die Störeinflüsse eher auf die Abschirmung als

Die Masse der Outboard-Geräte führt man am besten über den Masseleiter der Multicore-Kabels zum Mischpult.

GUT VERPACKT

Was natürlich auch positiv zur Signalqualität beiträgt, ist eine gute Schirmung der Kabel gegen unerwünschte Einflüsse von außen. Manfred Kuhn von den Kabelspezialisten Cordial erklärt, wie das funktioniert.

RM: Was ist die Aufgabe der Schirmung bei einem Kabel?

Kuhn: Die Abschirmung elektrotechnischer Kabel dient dazu, elektrische und/oder magnetische Felder von den Nutzsignalen fern zu halten oder umgekehrt die Umgebung vor den von der Einrichtung ausgehenden Feldern zu schützen. Elektromagnetische Wellen, die sowohl eine magnetische als auch eine elektrische Komponente besitzen, müssen ebenfalls häufig abgeschirmt werden, um deren Abstrahlung oder Einstrahlung zu verhindern oder zu verringern. Die Abschirmung elektrischer Felder wird mit elektrisch leitfähigen Schirmmaterialien erreicht, die den Signalleiter gleichmäßig und flächendeckend umschließen. Leitungsschirme werden bei uns zur Schirmung gegen die magnetische Komponente elektromagnetischer Felder beidseitig angeschlossen.

RM: Welche Arten von Schirmung gibt es? Wie funktionieren sie?

Kuhn: Bei der Gesamtabschirmung eines Kabels gibt es drei unterschiedliche Schirmarten, die sich unter anderem in der Bedeckung, der Flexibilität und der Abschirmwirkung unterscheiden.

Flechtschirm: Der Flechtschirm besteht aus Kupferdrähten, oftmals aus denselben, aus denen auch die Litze aufgebaut ist. Diese umschließen in der Regel als gefachte Stränge, also parallel aneinandergelegt, die Leitungsseele, wobei sich die Einzeldrähte untereinander ständig kreuzen. Die Bedeckung beträgt ca. 85 Prozent, die Flexibilität ist gut. Die mechanische Stabilität ist besser als bei der Wendelschirmung. Wir verwenden diese Schirmart bei Multicorekabeln (CMG) und Mikrofonkabeln (CMK ROAD 250), die starken mechanischen Kräften ausgesetzt werden.

Wendelschirm: Hier werden die Einzeldrähte in eine Richtung und Lage, das heißt ohne Kreuzungen, um den Unterbau herum gesponnen. Die Bedeckung liegt mit rund 90 bis 95 Prozent höher als beim Flechtschirm. Die Flexibilität ist sehr gut. Beiden Varianten gleich ist die abschirmende Wirkung gegen starke elektromagnetische Störfelder im nieder- und hochfrequenten Bereich. Unser CMK 222, aber auch die meisten Mirkrofonkabel aus unserem Haus werden durch einen Wendelschirm geschützt, um diese Kabel möglichst flexibel zu machen und eine optimale Schirmwirkung sicherzustellen.

Folienschirm:

Die dritte Variante, der Folienschirm, erreicht zwar eine Bedeckung von 100%, seine Flexibilität ist allerdings nicht so gut wie die von Flecht- und Wendelschirmkabeln. Die Folie besteht aus Aluminium in dünnen Lagen, daher ist die Leitfähigkeit niedriger als bei Kupferdrähten. Unser Multicorekabel CMS ist mit Folienschirmen versehen. Wir empfehlen es daher vor allem für Installationen.

RM: Soviel zur Theorie. Wie wirkt sich das in der Praxis aus?

Kuhn: Praktisch spielen auch noch Aspekte, wie die Veränderung der Abschirmung mit der Zeit, also nach oftmaligem Biegen des Kabels, eine Rolle. Folien- und Wendelschirme minderer Qualität rutschen hier oft so auseinander, dass die Adern für Störfelder völlig frei liegen. Die abschirmende Wirkung ist dann schwächer. Auf der anderen Seite möchte man in vielen Anwendungen eine möglichst hohe Flexibilität erreichen. Hier wird als Kompromiss meist ein Wendelschirm verwendet. Geflechtschirme finden, wegen der besseren mechanischen Belastbarkeit, beispielsweise bei Zugbelastungen, vor allem als Gesamtschirm von Multicorekabeln Verwendung. Die Abschirmung wird bei Multicorekabeln oft verzinnt ausgeführt, was die Möglichkeiten der Verarbeitung erheblich vereinfacht. Man unterscheidet außerdem einzeln geschirmte (Einzelschirm) Paare und im gesamten geschirmte Kabel (Gesamtschirm). Grundsätzlich gilt für heikle Anwendungen: Doppelt geschirmt hält besser! Bei Mikrofonkabeln kann durch

© PPVMEDIEN 2011

Symmetrisches Mikrofonkabel: ein Schirm aus Kupfer zwischen Innen- und Außenhülle.

die zusätzliche Ummantelung der Adern mit leitendem Kunststoff (conductive plastic) deren Mikrofonieverhalten weitestgehend unterbunden werden. Somit werden Geräusche durch das Biegen und Bewegen von Kabeln bzw. Trittschall verhindert. Dies praktizieren wir bei unserem CMTOP 222.

RM: Für eure fertig konfektionierten Kabel habt ihr jetzt neue Verkaufsverpackungen.
Kuhn: Bei der Verpackung setzen wir auf ein umweltfreundliches Papier und auf eine neuartige, biologisch abbaubare Folie. Damit schaffen wir eine zeitgemäße Verpackung, die künftig neben den herkömmlichen Entsorgungswegen auch über den Biomüll entsorgt werden kann. Das ist einzigartig und unser Beitrag zum Themenkreis Verantwortung, Umweltschutz und Müllvermeidung.

auf eine der Signalleitungen: Somit habt ihr zumindest teilweise eine Dämpfung der Störspannung. Diese Verdrahtung funktioniert auch andersherum, vom symmetrischen Ausgang zum unsymmetrischen Eingang. Beachtet hier aber den Pegelunterschied wenn ihr mit +4 dBU in einen -10 dBV Geräte-Eingang geht. Eine Abdämpfung des Signals um 12 dB ist hierfür eventuell erforderlich.

DI-Boxen

Bei Gitarrensignalen solltet ihr bei längeren Leitungen eine DI-Box verwenden, insbesondere dann, wenn ihr Gitarren ohne Amp direkt über einen Mikrofonvorverstärker aufnehmen wollt. Die DI-Box symmetriert euer unsymmetrisches Gitarrensignal. DI-Boxen gibt es in aktiver oder passiver Ausführung. Aktiv bedeutet, dass die Symmetrierung elektronisch geschieht. Hierfür wird eine Stromversorgung benötigt, dies kann – je nach Modell – eine Batterie oder die Phantompower eures Preamps sein. Aktive DI-Boxen haben oft noch einen zusätzlichen Vorverstärker und Impedanzwandler, der das Ausgangssignal für verschiedene Quellen anpasst. Passive DI-Boxen dagegen funktionieren mit Audioübertragern und kommen ohne Stromversorgung aus. Wegen der hohen Eingangsimpedanz kommt es hier bei einigen Modellen zu starken Pegelverlusten, welche aber durch den Mikrofonvorverstärker wieder aufgeholt werden können. Vorteil der passiven DI-Box: Sie kann auch andersherum, als Desymmetrierer verwendet werden. Bei beiden Varianten durchläuft das Signal klangbeeinflussende Bauteile, die je nach Qualität das Signal auch verschlechtern können. Unbedingt zu beachten ist bei der passiven DI-Box, dass diese keine Phantompower mit übertragen kann. Um die Erdschleife im obigen Beispiel zu unterbrechen, könnt ihr eine DI-Box in den Signalweg vom Amp zum Mischpult installieren.

Audio-Isolatoren

Erdschleifen könnt ihr auch mit Hilfe von Audioisolatoren beseitigen, bzw. unterbrechen. Der Unterschied zur DI-Box ist, dass der Isolator sowohl symmetrische als auch unsymmetrische Signale verarbeiten kann und in verschiedenen Varianten verfügbar ist. Beim Audioisolator handelt es sich um einen Transformator, der das Signal galvanisch trennt, somit ist die Masse des Ein- und Ausgangs nicht direkt miteinander verbunden. Die Wahl des Isolators solltet ihr sorgfältig treffen, denn billige Isolatoren verwenden Miniaturtransformatoren, welche Klangverfälschungen und Verzerrungen im Bassbereich verursachen.

Um Einstreuungen zu vermeiden, hält man Netzteile von Audiosignalen fern.

Probleme mit Netzteilen

Wenn eines eurer Geräte weiterhin auch im „Stand-Alone-Betrieb" brummt, liegt dies mit hoher Wahrscheinlichkeit am Netzteil. Zur Stromversorgung von analogen Geräten wird normalerweise eine gesiebte Gleichspannung benötigt. Für die Siebung der Gleichspannung sind Kondensatoren zuständig, doch diese altern mit der Zeit und verlieren an Kapazität. Das Austauschen von alten Elektrolyt-Kondensatoren im Netzteil kann bereits Wunder bewirken! Der Wert des Kondensators, (z.B. 2200uF, 50V) und vor allem seine Polung sollte dabei nicht verändert werden. Die Wahl eines sehr hochwertigen Elektrolyt-Kondensators (ELKO) mit gleichem Wert ist hier wirklich empfehlenswert! ▣

Das Austauschen von alten ELKOs im Netzteil kann bereits Wunder bewirken.

Der Autor
Markus ***Kretschmer***
ist Mixing-Engineer, Produzent und Songwriter und betreibt ein Mixing-Tonstudio in Berlin.
www.creativeblue.de