

TECHNIK GRUNDWISSEN

# Digitale Wege

IMMER DAS RICHTIGE FORMAT VERWENDEN

Moderne Tonstudios sind voll von digitalen Geräten, die ohne qualitätsmindernde Wandlungsvorgänge Signale miteinander austauschen wollen. Also verbindet man sie folgerichtig auch digital – entsprechende Verkabelungsmöglichkeiten gibt es ja zu Hauf. Aber wie funktioniert das und welche Schnittstelle kann was? RecMag klärt euch auf über Hintergründe und Funktionsweisen von S/PDIF, MADI, Toslink & Co.



Vor einigen Jahren kam mal jemand zu mir und bat mich, ihm doch „mal eben“ den Adapter für TDIF auf S/PDIF aufzuzeichnen – am besten gleich für alle 8 Kanäle. Ich muss auf diese Frage hin ein ziemlich blödes Gesicht gemacht haben, denn ich wartete darauf, dass er gleich laut loslachen würde, aufgrund des Witzes, den er gerade gemacht hatte. Doch dem

war nicht so. Allen Ernstes hatte er geglaubt, die Verbindung zwischen TDIF und S/PDIF sei durch einen einfachen Kabeladapter zu bewerkstelligen. Um ein wenig Licht ins Dunkel zu bringen, klärt euch dieser Artikel über die wichtigsten Grundlagen der digitalen Übertragungsformate auf und stellt euch zusätzlich ein paar Tipps und Tricks zur Verfügung.



**Der 8-kanalige Wandler Apogee Rosetta beherrscht neben AES/EBU auch ADAT im S/MUX-Modus. Damit lässt sich bei entsprechender Reduzierung der acht ADAT-Kanäle auf vier bzw. zwei die Sampling-Rate verdoppeln bzw. vervierfachen.**

**Zunächst lest ihr hier einige Grundlagen und Fachbegriffe für digitale Signale.** Diese teilen sich auf in einerseits Parameter auf Software-Seite, die vom Anwender nicht verändert werden können. Auf der Hardware-

Bits können im Empfänger nicht mehr sauber erkannt und voneinander getrennt werden. Wichtig ist beim Kabel vor allem der „Wellenwiderstand“.

## Nicht alle Formate nutzen die zur Verfügung stehende Bandbreite.

**Wortbreite:** (auch Bittiefe genannt) Sie gibt an, wie viele Bit pro Sample übertragen werden. Bei den meisten Digitalschnittstellen ist



**Selbes Übertragungsprotokoll, unterschiedliches Kabelformat: S/PDIF-Kabel in koaxialer Ausführung (oben) und als Lichtleiter mit Toslink-Steckern (unten). Das koaxiale Kabel sollte für saubere, also reflexionsfreie Übertragung einen Wellenwiderstand von 75 Ohm haben.**

Seite andererseits gibt es Parameter, die man durch andere Stecker und Kabel verändern kann. Aber der Reihe nach.

### Software-Parameter

**Datendurchsatz/Bandbreite:** Der gesamte Datendurchsatz einer digitalen Schnittstelle ist von der Bandbreite der Übertragungsstrecke abhängig. Beträgt der Datendurchsatz beispielsweise 3072000 Bit/s so können mit 48 kHz, 64 Bit pro Sample übertragen werden. Diese teilen sich beispielsweise auf in 2·24 Bit + 2·8 Bit Status-Bits und Startworte. Bei S/PDIF werden nämlich 32 Bit/Sample (24 Bit Audio + 8 Bit Status/Start) übertragen. Um eine bestimmte Bandbreite übertragen zu können ist ein entsprechend geeignetes Kabel notwendig. Ist das Kabel zu schlecht, dann verringert sich die Bandbreite und die

die Wortbreite festgelegt, jedoch werden nicht immer alle Bits verwendet. So stellt zum Beispiel das S/PDIF-Format seit jeher 24 Bit Wortbreite zur Verfügung. CD-Player benutzen aber nur 16 Bit und übertragen dann noch 8 Bit mit Nullen. Bei bestimmten Digitalschnittstellen ist der gesamte Datendurchsatz in Bit pro Sekunde relevant. Das bedeutet, dass höhere Wortbreiten mit einer geringeren Anzahl an Übertragungskanälen einhergehen.

**Kanal-Codierung/Übertragungsrahmen:** Die Kanal-Codierung codiert das Signal von den binären Nullen und Einsen in ein übertragbares Format um. Fast jede Digitalschnittstelle verwendet ein eigenes Kanalcodierungsverfahren. Auch der Übertragungsrahmen – also die Reihenfolge der Übertragung der Bits ist nicht einheitlich. Aufgrund dieser Parameter kann fast keine Digitalschnittstelle „einfach so“ formatübergreifend funktionieren.

## Digitales Plug and Play

### Welche Digitalsignale können durch einen einfachen Kabeladapter miteinander verbunden werden?

Es gibt nur ein Formatpaarchen, das über einfache Adapter zusammengeführt werden kann. Dies ist S/PDIF und AES3. Beide Signale haben grundsätzlich die gleiche Signalübertragung – lediglich die Userbits unterscheiden sich voneinander. Letztere beinhalten Informationen wie Kopierschutz, Samplingrate, Emphasis, Landeskennung und mehr. Viele neuere Soundkarteneingänge ignorieren die Userbits oder können sie tatsächlich für beide Formate erkennen und auswerten. In beiden Fällen ist es dann nur noch die Hardware, die sich zwischen den Formaten unterscheidet.

Mit einem einfachen Cinch/XLR Adapter (der übrigens in beide Richtungen funktioniert) lassen sich dann die beiden Formate erfolgreich adaptieren:

- |             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| <b>XLR:</b> | Cinch:                          |
| <b>Pin1</b> | über 22nF-Kondensator auf Masse |
| <b>Pin2</b> | auf Signal                      |
| <b>Pin3</b> | auf Masse                       |

Dass die Spannung bei beide Formate nicht die gleiche ist, kann in der Praxis unberücksichtigt bleiben.

**Taktübertragung:** Die meisten Digitalformate übertragen mit den Audiodaten auch einen Takt. Dieser wird in Form der so genannten Kanal-Codierung ins Signal integriert. Beim Takt handelt es sich meist um eine Bitclock, aus der im Empfänger wieder die Wordclock (=Samplerate) generiert werden kann.

### Hardware-Parameter:

**Steckerformat:** Jede digitale Schnittstelle hat einen bestimmten Stecker für den sie konstruiert wurde. Diese Stecker sollten korrekt benannt werden, um keine Verwirrung zu stiften. Leider verwenden viele Hersteller wohlklingende Phantasienamen, die nicht wirklich informieren. In diesem Artikel werden die Originalsteckerbezeichnungen verwendet.

Fotos: Wilschewski, Hersteller



In diesem Rack sammelt sich der digitale Signalfluss des Studios. Ganz oben die Masterclock, darunter die AD/DA-Wandlereinheiten. Ganz unten befindet sich die XLR-Patchbay für AES/EBU. Dazwischen liegt die einzige analoge Komponente: das BNC-Steckfeld für Videosignale.

# recmag wissen

## Jitter

Der Jitter ist eine leichte Schwankung im Sampling-Takt, der zu einer schlechteren Signalabbildung führt. Jitter bekommt man, wenn Signale ungenau getaktet werden, was zum Beispiel durch qualitativ niederwertige Kabel hervorgerufen werden kann. So wird beispielsweise eine S/PDIF-Übertragung über ein normales Cinch-Kabel durchaus bis etwa 2 m Länge funktionieren. Der im S/PDIF-Signal enthaltene Takt kann jedoch aufgrund des schlechten Kabels nicht mehr gut erkannt werden und führt zu Jitter. Jitter ist nicht sehr stark hörbar, ruft aber dennoch klangliche Unterschiede (schlechtere Abbildungsschärfe und Tiefenstaffelung) zwischen verschiedenen Digitalkabeln hervor.

**Übertragungsmedium:** Als Übertragungsmedium dient entweder ein Kabel oder ein Lichtleiter. Bei Kabeln ist der richtige Wellenwiderstand enorm wichtig, wenn es darum geht, die spezifizierte maximale Übertragungslänge auch tatsächlich zu erreichen. Ebenfalls muss beachtet werden,

ob unsymmetrische oder symmetrische (Twisted-Pair) Kabel gefordert werden. Auch Flachbandkabel können als Twisted-Pair Leitung aufgebaut sein. Man erkennt dies daran, dass ab und zu im Kabel paarweise die Leitungen vertauscht werden. Der Begriff „koaxial“ beschreibt lediglich den physika-

# MUSIC STORE

professional  
www.musicstore.de

billiger kaufen...frei Haus  
mehrere tausend Gitarren Versandbereit

Schöner informieren: blättern Sie in unserem interaktiven Blätterkatalog! unter [www.musicstore.de](http://www.musicstore.de)

## FAME STUDIOMIKROFONE



Vom Blätterkatalog sind Sie mit nur einem Klick wieder im Shop... Preise topaktuell!



Um digitale Formate ineinander umzuwandeln, reicht fast nie ein Adapter aus. Man braucht einen Formatkonverter wie etwa den Mutec MC-4.

lischen Aufbau des Kabels, nicht jedoch dessen Eignung für ein bestimmtes Digitalformat. Unsymmetrische Kabel mit einem definierten Wellenwiderstand sind eigentlich immer koaxial aufgebaut. Wichtig ist jedoch nur der korrekte Wellenwiderstand. Lichtleiter sind bei direkten Geräteverbindungen immer Kunststofflichtleiter. Diese weisen schon bedingt durch ihr Bauprinzip eine galvanisch getrennte Signalübertragung auf. Das Licht wird nur durch ein transparentes Kunststoffmedium geschickt.

## Die meisten Digitalformate übertragen mit den Audiodaten einen Takt.



Der Monitoring-Mischer M-48 arbeitet mit dem vom Hersteller RSS selbst entwickelten, digitalen Protokoll REAC. Es über-

trägt bis zu 40 Kanäle in 24 Bit sowie Steuerdaten und Stromversorgung über ein einzelnes Kabel im CAT5e-Format.

**Glasfaserleitungen sind erst bei Übertragungen über größere Strecken** und/oder mit hoher Bandbreite erforderlich und daher im Studio kaum relevant (Ausnahme MADI).

**Wellenwiderstand:** Der korrekte Wellenwiderstand eines Kabels ist wichtig, um reflexionsfreie Signalübertragung zu gewährleisten. Die Übertragung erfolgt dann reflexionsfrei, wenn Ausgangsimpedanz, Wellenwiderstand und Eingangsimpedanz der Signalstrecke identisch sind. So hat beispielsweise die S/PDIF-Schnittstelle eine Aus- und Eingangsimpedanz von 75 Ohm. Für eine reflexionsfreie Signalübertragung ist daher auch ein Kabel mit 75 Ohm Wellenwiderstand erforderlich.

**Ein- und Ausgangsimpedanz:** Damit wird der elektrische Widerstand des Ein- oder des Ausgangs angegeben. Die Eingangs- und die Ausgangsimpedanz sollten bei Digitalschnittstellen immer gleich groß sein.

**Galvanische Trennung:** Viele Digitalschnittstellen sind galvanisch getrennt. Sie stellen also keine elektrische Verbindung zwischen den Geräten her. Dadurch werden auch Brummschleifen vermieden. Oft ist es jedoch erforderlich, für eine vollständige galvanische Tren-

nung die Abschirmung auf einer Seite des Kabels aufzutrennen.

**Signalspannung:** Der Wert der Signalspannung bei Digitalübertragungen wird normalerweise in Volt-Spitze-Spitze ( $V_{SS}$ ) angegeben, da es sich um rechteckige Signale handelt. Die Geräteeingänge sind in der Regel sehr tolerant gegenüber deutlich schwächeren Signalspannungen. So kann auch ein S/PDIF-Ausgang mit  $0,75 V_{SS}$  normalerweise problemlos von einem AES3-Eingang verstanden werden (AES3:  $5 V_{SS}$ ). □

## Wichtige Digitalformate

### Technische Details im Überblick:

**AES3:** Professionelles Stereodigitalformat (auch bekannt unter dem Namen AES/EBU). Es ist die professionelle Variante von S/PDIF und daher größtenteils identisch mit S/PDIF.

**Anzahl der Kanäle:** 2 (Bei Dolby E sind auch datenreduzierte 8 Kanäle möglich)

**Samplingrate:** (je nach Schnittstellenempfänger) 25 kHz – 200 kHz

**Wortbreite:** 16-24 Bit

**Kopierschutz:** Nein

**Taktübertragung:** Ja

**Steckerformat:** XLR

**Galvanische Trennung:** Ja, Übertrager am Ein- und Ausgang. Hinweis: Für eine vollständige galvanische Trennung muss in die Masse des XLR-Steckers ein 22 nF Kondensator eingelötet werden. Die Masse ist also nicht direkt durchverbunden!

**Ausgangsspannung:**  $5 V_{SS}$

**Impedanz:** 110 Ohm

**Mögliche Leitungslänge:** >100m

**S/PDIF:** Das Sony/Philips Digital Interface stellt die Standardverbindung

## Digitale Signalübertragung ...

### ... was ist das eigentlich?

Die Übertragung digitaler Signale erfolgt im Normalfall auf analogem Weg. Dies liegt daran, dass ein Kabel gar keine Digitalinformationen (=Zahlen) übertragen kann. Übertragen werden vielmehr die einzelnen Bits einer digitalen Zahleninformation. Entweder geschieht dies ganz einfach durch 0 = 0 Volt und 1 = 5 Volt oder durch 0 = tiefe Frequenz 1 = hohe Frequenz. Da sich die Nullen und Einsen des zu übertragenden Digitalsignals sehr schnell hintereinander verändern, müssen auch entsprechend hohe Frequenzen in dem Kabel übertragen werden. Dies ist auch der Grund, warum speziell an die Übertragung angepasste Kabel (siehe Wellenwiderstand) erforderlich sind, wenn längere Übertragungsstrecken erfolgreich aufgebaut werden sollen. Bis auf das Kabel gelten für die Übertragung von Digitalsignalen die gleichen Regeln wie auch für die Übertragung von Analogsignalen. Auch Adapter oder Patchbay-Punkte können entsprechend hergestellt werden.



Der Autor  
**Andreas Friesecke**  
Audio Engineer und Fachbuchautor. Als Dozent unterrichtet er an der SAE München u. a. Pegelrechnen, Filmtone und Lautsprechertechnik.

im Consumerbereich dar: CD- und DVD-Player, digitale SAT-Receiver und HiFi-Anlagen kommunizieren digital über dieses Format.

**Anzahl der Kanäle:** 2 (Bei Dolby Digital und dts sind auch datenreduzierte 5.1 Kanäle möglich)

**Samplingrate:** 25 kHz – 200 kHz (je nach Schnittstellenempfänger)

**Wortbreite:** 16 oder 24 Bit. Theoretisch könnten auch Wortbreiten zwischen 16 und 24 Bit übertragen werden, allerdings sieht dies die Kennzeichnung im digitalen Datenstrom nicht vor.

**Kopierschutz:** Ja, Serial Copy Management System SCMS

**Taktübertragung:** Ja

**Steckerformat:** Cinch (elektrisch) oder Toslink (optisch)

**Galvanische Trennung:** Ja, Übertrager am Ausgang. **Hinweis:** Nicht alle Hersteller nehmen es mit der galvanischen Trennung ernst, da diese im HiFi-Bereich oft vernachlässigbar ist. Eine sichere galvanische Trennung ist jedoch über die optische Toslink-Verbindung gegeben.

**Ausgangsspannung:** 0,75 V<sub>SS</sub>

**Impedanz:** 75 Ohm

**Mögliche Leitungslänge:** 10 m

**ADAT Optical:** Hierbei handelt es sich um ein Format der Firma Alesis. Genauere Informationen zum Format werden entweder gar nicht oder nur unter Einhaltung der Geheimhaltungsklausel an Lizenznehmer herausgegeben.

**Anzahl der Kanäle:** 8

**Samplingrate:** 44,1 kHz / 48 kHz.

Höhere Samplingrates können hierbei über mehrere Kanäle übertragen werden. Zum Beispiel kann ein 96 kHz / 24 Bit Signal über zwei 48 kHz Kanäle übertragen werden.

**Wortbreite:** 24 Bit

**Kopierschutz:** Nein

**Taktübertragung:** Ja

**Steckerformat:** Toslink

**Galvanische Trennung:** Ja

**Mögliche Leitungslänge:** 10 m

**TDIF:** Auch beim Tascam Digital Interface handelt es sich um ein Format, zu dem nur wenige Informationen an die Öffentlichkeit dringen dürfen.

**Anzahl der Kanäle:** 8

**Samplingrate:** 44,1 kHz/48 kHz.

Höhere Samplingrates können hierbei über mehrere Kanäle übertragen werden. Zum Beispiel kann ein 96 kHz/24 Bit Signal über zwei 48 kHz

Kanäle übertragen werden. Neuere Geräte können teilweise auch ohne Einschränkung der Kanalanzahl 96 kHz übertragen.

**Wortbreite:** 24 Bit

**Kopierschutz:** Nein

**Taktübertragung:** Ja

**Steckerformat:** Sub-D 25polig. Ein Stecker überträgt immer gleichzeitig 8 Kanäle in die eine und 8 Kanäle in die andere Richtung.

**Galvanische Trennung:** Nein

**Ausgangsspannung:** 5 V<sub>SS</sub>

**MADI:** Das Multichannel Audio Digital Interface ist ein professionelles Mehrkanaldigitalformat. Aufgrund der hohen möglichen Kanalanzahl wird es im Homerecordingbereich kaum benötigt.

**Anzahl der Kanäle:** Ursprünglich bis 56. Neuere Versionen können bis zu 64.

**Samplingrate:** 30 kHz – 50 kHz (Varispeed). Neuere Versionen unterstützen auch 96kHz ohne Varispeed bei halbiertes Kanalanzahl.

**Wortbreite:** Bis 24 Bit

**Kopierschutz:** Nein

**Taktübertragung:** Nein, zusätzliche Wordclock erforderlich.

**Steckerformat:** BNC (elektrisch) oder

Fibre-SC (optisch)

**Galvanische Trennung:** Nein, nur über optische Verbindung

**Ausgangsspannung:** 5 V<sub>SS</sub>

**Impedanz:** 75 Ohm

**Mögliche Leitungslänge:** bis 50 m elektrisch 2000 m optisch

**SDIF:** Das Sony Digital Interface gibt es in 3 Versionen (SDIF-1 bis SDIF-3). Es ist im professionellen Bereich anzutreffen. Interessant ist speziell SDIF-3, welches für die SACD verwendet wird und DSD-Signale (Direct Stream Digital) mit einem Bit und 2,8224MHz bzw. 5,6448MHz Samplingrate übertragen kann.

**Anzahl der Kanäle:** 2

**Samplingrate:** je nach Version 25 kHz – 6 MHz

**Wortbreite:** 24 Bit bei SDIF 1 und SDIF-2.

1 Bit DSD bei SDIF-3.

**Kopierschutz:** Nein

**Taktübertragung:** Ja

**Steckerformat:** Sub-D 9-polig bei SDIF-1, mehrere BNC bei SDIF-2 und SDIF-3

**Galvanische Trennung:** Nein

**Ausgangsspannung:** 0,75 V<sub>SS</sub>

**Impedanz:** 75 Ohm

**Mögliche Leitungslänge:** 10 m



Der Music Store in Köln:  
ca. 13.000m<sup>2</sup> Lager, Service-,  
und Demofläche



**MUSIC STORE**  
professional  
www.musicstore.de

**billiger kaufen...  
frei Haus**

**Mehrere tausend  
Instrumente versandbereit!**