

## Einführung in die Audiovernetzung

*Dieses White Paper befasst sich mit der Audiovernetzung.*

*Die Audiovernetzung bietet der professionellen Audioindustrie neue flexible Möglichkeiten. Allerdings erfordert sie bei der Planung, Umsetzung und Verwendung neuer Systeme auch einen neuen Ansatz, weil im Planungsstadium neue Technologien und strategische Überlegungen berücksichtigt werden müssen.*

*In diesem White Paper werden die Grundlagen der Audiovernetzung vorgestellt. Es wird davon ausgegangen, dass der Leser ein fundiertes Wissen über analoge Audiosysteme und die Grundlagen der digitalen Audiotechnik beherrscht. Sachkenntnis im Zusammenhang mit Computernetzwerken wird nicht erwartet, denn dieses White Paper will eine grundlegende Einführung in diesen Themenkreis sein. Weiterführende Aspekte werden in den am Ende dieses White Papers erwähnten Dokumenten behandelt, die von den beteiligten Herstellern ins Internet gestellt wurden.*

*Ihr Yamaha Commercial Audio Team.*



Die Komplettlösung

### Einführung in die Audiovernetzung

1. Was versteht man unter Audiovernetzung?
2. Drei gewichtige Vorteile der Audiovernetzung
3. Drei wichtige Aspekte von Audionetzwerken
4. Was ist ein Ethernet-Netzwerk?
5. Netzwerktopologien
6. Redundanz
7. Verkabelung
8. Weitere Hinweise zu CobraNet
9. Weitere Hinweise zu EtherSound
10. Systementwicklung
11. Investieren in ein Audionetzwerk
12. Audiovernetzungsglossar

# 1. Was versteht man unter Audiovernetzung?

## Audiovernetzung

Durch die rasante Entwicklung der Digitaltechnologie wuchs die Datenmenge, die über ein und dasselbe Kabel übertragen wird, in kürzester Zeit von ein paar Tausend Byte auf mehrere Millionen Byte im Jahr 2006. Die Schnittstellen der meisten Systeme senden und empfangen heutzutage ein Gigabit an Daten über nur ein Glasfaserkabel – und das über mehrere Kilometer hinweg.

Die bereitgestellte Bandbreite reicht für die Übertragung von unzähligen Audiokanälen in bester Qualität und erfordert nur einen Bruchteil des Kabelaufwands, den man für analoge Systeme benötigt. Aber viel wichtiger ist, dass alle Anschlüsse funktionale Verbindungen sind und nicht mehr mit den physischen Anschlüssen identisch sein müssen. Damit eröffnen sich der Audioindustrie zahlreiche spannende Möglichkeiten: Die Ein- und Ausgänge können sich an einer beliebigen Stelle des Netzwerks befinden und mithilfe einer passenden Software mit jeder beliebigen Quelle verbunden werden. Patchkabel werden hierfür nicht benötigt, denn ein vernetztes Audiosystem arbeitet digital und die Verbindungen befinden sich auf der digitalen Ebene, fernab jeder elektromagnetischen Interferenz. Selbst der Kabelwiderstand, ein gefürchtetes Analogphänomen, spielt keine Rolle mehr. Das Netzwerk kann über die Signalkabel auch Steuerinformationen übertragen, deshalb können Computer-Audiogeräte wie Digitalmischpulte und DSP-Geräte („Digital Signal Processor“, digitale Signalprozessoren) überwachen und steuern. Auch Videoinformationen lassen sich von kostengünstigen Internet-Video-kameras, sogenannte IP-Kameras, übertragen.

## Digitale Audioverteilung

Es gibt bereits mehrere Systeme für die Audioverteilung über Kupfer- oder Glasfaserkabel, die allerdings nur jeweils zwei Geräte miteinander, wie beispielsweise MADI. Diese nennt man P2P-Systeme („point to point connections“, oder „Punkt-zu-Punkt-Verbindungen“), weil sie immer zwei Endgeräte – zwei „Punkte“ – miteinander verbinden. Für kleine Anlagen stellt dies den kostengünstigsten Ansatz dar.

## EtherSound

Das EtherSound-Protokoll der Firma Digigram kann 64 Audiokanäle mit minimaler Latenz über ein Ethernet-Netzwerk übertragen. Die Übertragung verläuft bidirektional, also in beide Richtungen. EtherSound-Systeme werden anhand einer Kettentopologie aufgebaut und arbeiten wie ein Bussystem für die Datenübertragung und den Empfang. EtherSound-Systeme bieten mehrere Redundanzoptionen, erfordern jedoch vorkonfigurierte Verbindungen. ES-100-kompatible Systeme von EtherSound lassen sich auch in redundanter Ringtopologie aufbauen.

## CobraNet

CobraNet von Peak Audio, einem Unternehmen der Cirrus Logic-Gruppe, ist ein Ethernet-kompatibles Netzwerkprotokoll, das adressierbare Audiokanalbündel verwendet und die Übertragung zu jedem beliebigen Zielgerät erlaubt.

Wie in allen Netzwerken richtet sich die Leistungsfähigkeit nach der Bandbreite. Neuere Systeme verwenden die Gigabit-Ethernet-Technologie, die die Übertragung von Hunderten von hochwertigen Audiokanälen erlaubt. Innerhalb dieser Bandbreite lassen sich die vorhandenen Audiosignale völlig unabhängig von den physischen Anschlüssen aufschalten. Für den Live-Einsatz hat dies den Vorteil, dass man sich über die physischen Verbindungen nicht mehr den Kopf zerbrechen muss und beim Routing der Signale über eine eindrucksvolle Flexibilität verfügt.

## Offene Systeme

EtherSound und CobraNet setzen auf die weit verbreitete Ethernet-Netzwerkarchitektur auf. Deshalb kann man mit handelsüblichen Computergeräten ein Netzwerk erstellen und alle gängigen Funktionen nutzen. Das ist nicht nur kostengünstig, sondern funktioniert auch zuverlässig. Die Lizenz beider Protokolle wird mittlerweile von zahlreichen professionellen Audioherstellern in Anspruch genommen, so dass man bei der Wahl der Geräte nicht auf einen Hersteller beschränkt ist.

## Und Yamaha?

Yamaha hat einen offenen Ansatz gewählt, der Anwendern die Wahl der Netzwerkplattform überlässt. Yamaha bietet Produkte an, die CobraNet- oder auch EtherSound-kompatibel sind.



Bühnen-Rack mit 8 Eingängen



150m Lichtwellenleiter



Endstufen-Rack



150m Lichtwellenleiter



Bühnen-Rack mit 24 Eingängen und 8 Ausgängen



150m Lichtwellenleiter



Digitalmischpult

Audionetzwerk für den Live-Einsatz

## 2. Drei gewichtige Vorteile der Audiovernetzung

### 1. Kabelgewicht und Flexibilität

In herkömmlichen analogen Audiosystemen benötigt man für jeden Signalanschluss ein separates Kupferkabel. Bei einer großen Anzahl von Kanälen und langen Strecken wiegen schon allein die Kabel oftmals über 100kg. Da auch im Pro-Audio-Bereich immer öfter Digitalmischpulte verwendet werden, kommen immer häufiger AES/EBU-Kabel zu Einsatz. Das bedeutet schon einmal eine Gewichtshalbierung und eine geringere Störanfälligkeit. Auch der Kabelwiderstand spielt bei fachmännischer Handhabung keine Rolle mehr. Mittlerweile findet man in Studios und im Live-Betrieb auch serielle Audioformate wie MADI und Netzwerkprotokolle wie CobraNet, EtherSound und OPTOCORE®. Sie ersetzen die Kupferleitungen durch nicht geschirmte verdrehte Kabel („UTP“) oder Glasfaserkabel. UTP- und Glasfaserkabel wiegen weitaus weniger als (analoge oder digitale) Kupferkabelbäume. Glasfaser hat weiterhin den Vorteil, dass keine Brummschleifen auftreten können.

Ein analoges Multicore-Kabel (d.h. ein Bündel zahlreicher Einzelleitungen) ist viel sperriger und weitaus weniger flexibel. Gerade im Live-Einsatz benötigt man schwere Kabelrollen, die von viel Personal verlegt werden müssen. Und jede Leitung hat eine fest zugewiesene Funktion.

Die Festinstallation von analogen Multicore-Kabeln erfordert breite Kanäle, die sich in einem bereits vorhandenen Gebäude nicht immer leicht anlegen lassen. UTP- und Glasfaserkabel dagegen sind flexibel: Ein 150m langes Kabel wiegt überraschend wenig und ließe sich auch bis ins Altitude 95, dem Restaurant im Eiffelturm von nur einer Person verlegen. Die Installation ist ein Kinderspiel, weil die Netzkabel ausgesprochen dünn sind und sich problemlos in vorhandenen Kabelkanälen verstauen lassen.

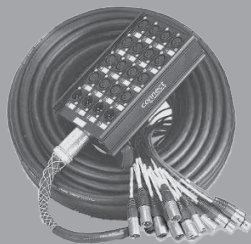
### 2. Trennung von Medium und Funktion

Bei Audionetzwerkprotokollen wie CobraNet sind die funktionalen Verbindungen von den physischen Anschlüssen getrennt. Wenn das Netzwerk erst einmal angelegt ist und eine ausreichende Bandbreite aufweist, können die gewünschten Aufschaltungen ohne Umstecken von Kabeln realisiert werden. Bei Live-Einsätzen hat dieser Ansatz den Vorteil, dass man kein sauberlich definiertes Schema berücksichtigen muss. Die Ein- und Ausgabegeräte können an beliebige Buchsen angeschlossen werden. Sie können jederzeit für den gewünschten Einsatzzweck konfiguriert werden. Bei installierten Systemen können etwaige Änderungen auf der Software-Ebene vorgenommen werden und erfordern also keine physischen Anschlussänderungen.

Und das Schönste bei UTP- und Glasfaserkabeln: Jedes Signal kann zu allen angeschlossenen Geräten übertragen werden – ganz gleich, wie das System verkabelt ist. Außerdem kann man die Audiogeräte an fast jede beliebige UTP- bzw. LWL-Buchse anschließen. Für den Live-Einsatz bedeutet dies, dass die Signalquellen nicht länger mit einer zentral angeordneten Stagebox verbunden werden müssen. Bei installierten Systemen kann man die Ein- und Ausgänge über das ganze Gebäude oder Gebiet verteilen und flexibel nutzen.

### 3. Kontrolle

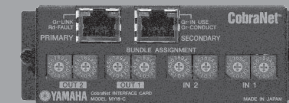
Die Verwendung der aus dem Computersektor stammenden Netzwerktechnologie für Audiosignale erlaubt die Nutzung aller zur Verfügung stehenden Informatikvorteile. Die Steuersignale werden über UTP- bzw. Glasfaserkabel transportiert und erfordern also keine separaten Kabelstrecken wie bei GPI, RS232, RS422 oder RS485. Beispiele für Signalquellen sind IP-Videoverbindungen, die Ethernet-basierte Software-Fernsteuerung oder die Maschinensteuerung über serielle RS422-Anschlüsse. Sogar Modems und Drahtlosysteme können hinzugefügt werden.



Analog-Verbindung (16 Kanäle)



UTP-Kabel (>100 Kanäle)



Audionetzwerkanschlüsse mit Bündelwahl

# 3. Drei wichtige Aspekte von Audionetzwerken

## 1. Latenz

Ethernet-Netzwerke werden mit Kabeln und „Switches“ erstellt. Switches sind Netzwerkkomponenten, die Schalt- und Verbindungsfunktionen ausführen. Informationen werden übertragen, wenn ein Switch sie empfängt, ihre Adressierungsbits auswertet und anhand dieser Angaben den günstigsten Weg zum gewünschten Empfänger wählt. In einem 100-MB-Netzwerk dauert dieser Vorgang 120 Mikrosekunden. Je größer das Netzwerk, desto öfter wird die Information von verschiedenen Switches ausgewertet. Die dabei auftretenden Verzögerungen summieren sich. In einer mittelgroßen Beschallungsanlage sind das Netzwerk, die A/D- und D/A-Wandlungen sowie die DSP-Bearbeitungen zu gleichen Teilen (nämlich jeweils 1/3) für die Gesamtlatenz verantwortlich. Diese Latenz muss berücksichtigt werden, um ein überzeugendes Ergebnis zu erzielen. „In-Ear Monitor“-Verbindungen sind am kompliziertesten, weil die Latenz dort schnell unangenehm auffällt. So führt eine Verzögerung von  $\pm 5$  Millisekunden bereits zu einem Kammfiltereffekt, während mehr als 5 Millisekunden schon als Hall oder Echo wahrgenommen werden. Für das FOH- und Monitorsystem einer Beschallungsanlage ist das Problem im Grunde vernachlässigbar, da jede Millisekunde Latenz dem Effekt entspricht, den das Verschieben einer Box um 30 Zentimeter bewirkt.

Das EtherSound-Protokoll weist eine geringe deterministische Latenz (d.h. in Abhängigkeit zum Kabelweg) auf. Das CobraNet-Protokoll verwendet hingegen Latenzwerte für mittlere, große und sehr große Audioanlagen, um ein flexibles Routing zu ermöglichen.

Einige Hersteller wie OPTOCORE® und Riedel verlassen sich bei der Latenzreduzierung auf eine eigene Architektur. Diese Systeme eignen sich aber nur für Geräte dieser Hersteller.

## 2. Redundanz

In einem analogen Audiosystem wird jedes Signal über ein separates Kabel transportiert. Wenn eine Ader defekt ist, fällt auch nur das betreffende Signal aus. Oftmals sind bei Multi-core-Kabeln Ausweichmöglichkeiten eingeplant, so dass man das Problem durch ein Umstöpseln der betreffenden Signalquelle lösen kann.

In einem Netzwerk dagegen überträgt ein Kabel alle Signale. Ist es defekt, so bleibt unter Umständen die ganze Anlage stumm. Darum beinhalten die meisten Netzwerksysteme ein Redundanzsystem: Im Havariefall übernehmen die redundanten Verbindungen die Funktion der Hauptkabel.

Die IT-Industrie bietet bereits mehrere Redundanzansätze, weil Banken, Kernreaktoren und Bodenstationen der Raumfahrt ohne diese Reserve heutzutage einfach undenkbar wären. Das Redundanzkonzept besteht darin, dass jeder Kabelweg doppelt angelegt wird: Ist ein Kabel defekt, so kann auf die redundante Leitung umgeschaltet werden.

Besonders für Beschallungsanwendungen sollten außer doppelten Kabeln auch redundante Geräte eingeplant werden, weil IT-Geräte ursprünglich für den Inneneinsatz entwickelt wurden und dem Leben „on the road“ daher nur bedingt gewachsen sind.

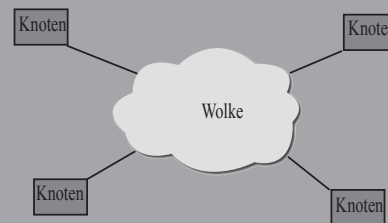
## 3. Komplexität

Die allermeisten funktionalen Verbindungen in einem analogen System kann man sehen. Mit einem bisschen Fachwissen kann man an der Rückwand eines Mischpults erkennen, welches Kabel mit welchem Gerät verbunden ist. In einem Netzwerk ist das nicht der Fall, weil die Aufschaltungen von den physischen Verbindungen getrennt erfolgen. Man sieht also nur Geräte, die mit anderen Geräten verbunden sind, welche ihrerseits über UTP- oder Glasfaserkabel miteinander vernetzt sind. Ein Kabel mag 100 oder 368 Signale übertragen – äußerlich sieht man ihm das nicht an.

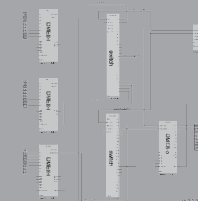
Während analoge Audiosysteme noch vom mehr oder weniger versierten Anwender selbst zusammengestellt werden können, erfordern Audionetzwerke die Erfahrung von Systemingenieuren, die genau wissen, wie die Netzwerktechnologie funktioniert. Entwickler, Besitzer und Anwender von Audiosystemen bekommen also völlig neue Aufgaben und müssen bei der Planung, Ausführung und Nutzung eines Audionetzwerks eng zusammenarbeiten.



Switch (bewirkt Latenz)



Netzwerkarchitektur



Planung des Audionetzwerks

## 4. Was ist ein Ethernet-Netzwerk?

### Ethernet

In den 1970ern entwickelte das Palo Alto Research Center in Kalifornien (PARC, [www.parc.com](http://www.parc.com)) mehrere Computertechnologien wie die Maus, den Laserdrucker und Computernetzwerke. Aus den ersten Netzwerkversionen wie Aloha-Net und ARPANet wurde schon bald das Internet. Robert Metcalfe, der zuerst am PARC tätig war und später seine eigene Firma 3COM gründete, entwickelte eine Netzwerknorm, die er „Ethernet“ nannte. Mehr als 30 Jahre später verwendet die ganze Welt dieses Protokoll noch immer für den Aufbau von Netzwerken, und so gut wie alle Computer sind mit einem entsprechenden Anschluss ausgestattet. Das Ethernet-Protokoll wird vom IEEE („Institute of Electrical and Electronics Engineers“) als 802.3 normiert.

### Bausteine

Jedes Ethernet-Netzwerk beruht auf Netzwerkkarten, (die in Computern und Digitalmischpulten eingebaut werden), Verbindungskabeln und Switches. Switches sind Hardwarekomponenten, die Schalt- und Vermittlungsfunktionen ausführen. Sie dienen als Anlaufstelle für die Kabel und regeln den Datenverkehr des Netzwerks. Die Übertragungsgeschwindigkeit dieser Basis-komponenten bestimmt die Leistungsfähigkeit des Netzwerks. 1972 betrug die Durchlässigkeit noch 10 Megabit pro Sekunde. Heutzutage, im Jahr 2006, ist ein Gigabit pro Sekunde die Regel.

### Adressierung

Ethernet unterteilt den Informationsstrom in kleine Pakete, die dem gewählten Empfänger zugestellt werden.

Jede Netzwerkkarte (NIC, „Network Interface Card“) hat eine Adresse. Die Switches legen eine Adressliste aller angeschlossenen Geräte an, um die Daten ordnungsgemäß zustellen zu können. Übrigens hat jede Netzwerkkarte der Welt eine eigene Media-Access-Control-Adresse (MAC), die ihr vom Hersteller eingebrannt wird. Es gibt 280 Trillionen MAC-Adressen, die vom IEEE-Arbeitskreis verwaltet und an die Hersteller vergeben werden. Jede MAC-Adresse kann und darf es nur ein Mal geben. Doppelbelegungen sind ausgeschlossen, deshalb funktioniert das System immer. Neben den MAC-Adressen gibt es auch Adressen, die vom Anwender definiert werden, und die Verwaltung lokaler Netzwerke vereinfachen. Diese Adressen nennt man die Internet-Protocol-Adressen“ (IP). Die IP-Adresse umfasst immer 4 Bytes und enthält die Netzwerknummer sowie die Host-Adresse. Diese Unterteilung erklärt sich aus dem Umstand, dass auch der zugehörige Schlüssel 4 Bytes umfasst. Jedes Bit der IP-Adresse mit einer „1“ in der Subnetzmaske gehört zur Netzwerknummer. Bits mit dem Wert „0“ werden der Host-Adresse zugeschrieben. Der Trick dabei ist, dass nur Netzwerkschnittstellen mit derselben Netzwerknummer Informationen untereinander austauschen können.

In der Regel umfasst die Netzwerknummer eines kleinen Büronetzwerks drei Bytes, während die Host-Adresse mit einem Byte auskommt.

Jedes Byte (8 Bit) kann einen Wert zwischen 0 und 255 annehmen. In Computerprogrammen werden die IP-Adresse und Bytes der Subnetzmaske in der Regel als Dezimalwerte 0 bis 255 der vier betroffenen Bytes dargestellt.

In kleinen Netzwerken verwendet die Subnetzmaske oftmals den Standardwert „255.255.255.0“. Das bedeutet, dass nur das letzte Byte (die Stelle, die mit „0“ als Vorgabewert ausgewiesen ist) geändert und den angeschlossenen Geräten zugeordnet werden kann. Der Netzwerkverwalter kann also insgesamt 255 Host-Adressen vergeben. Die ersten drei Bytes ändern sich nie, denn sie vertreten die Netzwerknummer. In größeren Netzwerken kann man die Subnetzmaske ändern, um über mehr Host-Adressen zu verfügen.

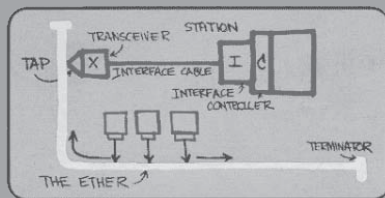
Die IP-Adressen der Netzwerkkarten können von Hand festgelegt werden. Oftmals enthält das Netzwerk aber ein zentrales Gerät, das diese Zuordnungen für alle Punkte automatisch vornimmt. Das kann ein Switch, Router oder Computer sein. Für die automatische Zuordnung wird das „Dynamic Host Configuration Protocol“ (DHCP) verwendet.

### VLAN

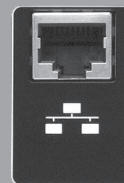
Der Ethernet 802.1q-Standard erlaubt die Verwendung virtueller lokaler Netzwerke („Virtual Local Area Network“, VLAN) innerhalb eines Hochgeschwindigkeitsnetzwerks. Damit lassen sich simultan und parallel nutzbare logische Netzwerke über dieselbe Hardware verwalten, beispielsweise mehrere Audioausgänge bei einer größeren Anzahl Kanäle. Die meisten Switches unterstützen den VLAN-Standard.

### Audiovernetzung

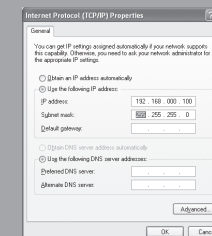
Jedes Ethernet-kompatible Audionetzwerkgerät enthält eine Netzwerkschnittstelle für den Datentransfer über das Ethernet; auch CobraNet- und EtherSound-Geräte. Die Audioprotokolle verwenden die MAC-Adressebene für die Übertragung und den Empfang von Daten. Da jedes Gerät der Welt eine unverwechselbare MAC-Adresse besitzt, ist mit diesem System eine schnelle Anbindung an jedes x-beliebige Netzwerk möglich.



Robert Metcalfes erste Ethernet-Skizze



Netzwerkschnittstelle mit RJ45-Port



Netzwerkeinstellungen von XP

# 5. Netzwerktopologien

## P2P

Genau genommen ist eine Point-to-Point-Architektur (P2P) kein Netzwerk, auch wenn sich mit dieser Struktur ein Netzwerk erstellen lässt. Ein P2P-System enthält nur zwei Punkte mit fester Mehrkanalverbindung. Digitale Audioformatbeispiele für P2P-Systeme sind AES/EBU und MADI. Mit einem Verteilergerät wie einem Splitter oder Matrix-Router kann man die Anzahl der beteiligten Geräte erweitern.

## Kette (Daisy Chain)

Die Kettentopologie („Daisy Chain“) bezeichnet die serielle Verkettung von Geräten. Das EtherSound-Protokoll erlaubt eine solche serielle Verkettung. Der Datenstrom erfolgt demnach bidirektional. Das bedeutet, die beteiligten Geräte werten die Audiodaten aus („downstream“) und senden sie („upstream“). Es werden maximal 64 Kanäle in beiden Richtungen unterstützt. Vorteil dieses Systems ist die einfache und daher schnelle Übermittlung der Informationen. Jedes EtherSound-Gerät der Kette verzögert die Netzwerkdaten um nur 1,4 Mikrosekunden. Ein Nachteil der Kettentopologie ist das Systemverhalten im Havariefall: Fällt ein Gerät aus, wird die Kette in zwei separate Hälften geteilt. EtherSound-Ketten kann man zwar zu Sternen konfigurieren, aber dann können die Audiodaten nur noch in eine Richtung übertragen werden.

Folgende Hersteller sind EtherSound-Lizenznehmer: Allen & Heath, Archean, Audio Performance, Auvitran, Bittner Audio, Bouyer, Camco, DiGiCo, Digigram, InnovaSon, Martin Audio, Fostex/Netcira, Klein & Hummel, Nexo, Peavy/Crest Audio, Richmond Sound Design, TESI, VTG Audio, Whirlwind, Yamaha.

## Ring

Eine Ringtopologie ist eine Kette, deren letztes Glied wieder mit dem Ersten verbunden wird. Alle Ringpunkte haben beidseitigen Zugang zu den übrigen Teilnehmern – Redundanz ist eingebaut: Wenn ein Gerät ausfällt, wird es deaktiviert. Eine zusätzliche Redundanz lässt sich über den Einsatz eines Doppelrings realisieren. OPTOCORE® bietet ein selbst entwickeltes Ringsystem an, das eine Bandbreite von bis zu 500 Audiokanälen, Video- und seriellen Anschlüssen unterstützt. Der ES-100-Standard von EtherSound unterstützt eine redundante Ringtopologie für 64 Audiokanäle.

## Stern

Eine Sterntopologie nutzt die Netzwerkbandbreite am effektivsten, deshalb sind die meisten Netzwerke auch als Stern(e) konfiguriert. Im Zentrum des Sterns ist der Datenverkehr am dichtesten. Dort benötigt man eine höhere Verarbeitungskapazität und Redundanz. Die Enden eines Sterns kommen dagegen mit einer weitaus geringeren Verarbeitungskapazität aus. Variationen der Sterntopologie sind Bäume und geschichtete Sterne.

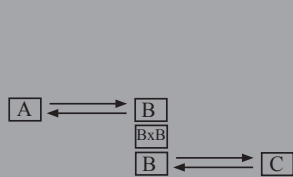
Eine Sterntopologie kann bei Bedarf leicht um weitere Punkte erweitert werden. Der Nachteil der Sterntopologie ist die zentrale Rolle des Knotenpunkts, der alle Daten verteilt. Fällt der Knoten aus, so liegt ein Großteil des Netzwerks lahm. Ein Netzwerk mit Sterntopologie kann man mit Hilfe des Spanning-Tree-Protokolls (STP) redundant gestalten.

CobraNet verwendet eine Sterntopologie und bietet dank doppelter Netzwerkverbindungen ein Höchstmaß an Redundanz.

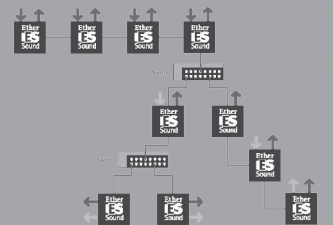
Folgende Hersteller bieten zurzeit CobraNet-Geräte an: Alcorn-McBride, Ashly, Biamp, BSS, CAMCO, Creative, Crest, Crown, DBX, Digigram, DigiSpider, EAW, ElectroVoice, IED, JBL, LCS, Peavy, QSC, Rane, Renkus Heinz, Symetrix, Whirlwind, Yamaha.

## Wahl der Topologie

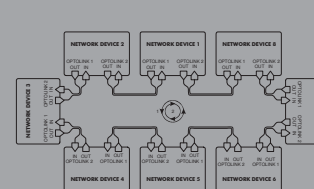
Jeder Einsatz kann über eine der vier Topologien oder mit Hilfe einer Topologiekombination realisiert werden. Die Wahl sollte sich nach folgenden Überlegungen richten: Anzahl der Punkte, Anzahl der Geräte, die verbunden werden sollen, Latenz, Budget, Zuverlässigkeit, Erweiterbarkeit, offene oder geschlossene Systeme, standardisierte Ethernet-Technologie oder spezifisches System usw. Die Entscheidung für eine Topologie setzt Erfahrung voraus und somit die Hilfe eines externen Beraters oder Systementwicklers mit Audioerfahrung.



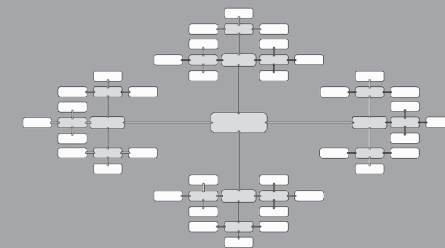
P2P-Topologie (MADI)



Kette/Stern (EtherSound)



Ringtopologie (OPTOCORE)



Sterntopologie (CobraNet)

## 6. Redundanzkonzepte

### Trunking (Parallelschaltung)

Der Ethernet-Standard IEEE 802.3ad normiert die „Link Aggregation“, die Parallelschaltung mehrerer Ethernet-Links (Kettenglieder), und erlaubt die Verbindung von Managed Switches über zwei oder mehr Kabel für eine Aufteilung des Datenverkehrs. Diese Vorgehensweise wird auch als Trunking bezeichnet. Der wichtigste Vorteil dieses System ist, dass bei Ausfällen eines Kabels sofort ein anderes Kabel für die verlorene Verbindung verwendet wird. Der kombinierte Link verwendet dann eine geringere Geschwindigkeit, weil ja ein Kabel fehlt. Daher muss man für die Link Aggregation eine ausreichende Reserve einplanen. Beim Trunking wird eine Verbindung nur redundant geschaltet, wenn ein Switch ausfällt und die daran angeschlossenen Geräte ausfallen.

### Ring

Ein Ring ist eine Verkettung von Geräten, bei der das letzte Glied der Kette wieder mit dem ersten Glied verbunden wird. Jedes Gerät wird über zwei Kabel mit dem Netzwerk verbunden, damit die Verbindung erhalten bleibt, wenn eines der beiden Kabel defekt ist. Fällt auch das zweite Kabel aus, so wird das Netz zweigeteilt. Eine redundante Ringtopologie gewährleistet eine gute Redundanz und erfordert weniger Kabelverbindungen als ein Stern.

### Spanning Tree

In Sterntopologien werden die Informationspakete anhand der IP- und MAC-Adressen übermittelt. Das erfordert eine logische Netzwerkarchitektur, weil es für jede Quelle/Ziel-Kombination nur einen Weg über die Switches und Kabel geben darf. Wenn mehrere Wege zum Ziel führen, können Schleifen auftreten, bei denen einige Datenpakete pausenlos gesendet und empfangen werden. In der Regel führt dies zum Zusammenbruch des Netzwerks.

In Sterntopologien sind Schleifen unzulässig, es sei denn, man verwendet Switches, die das STP-Protokoll (IEEE 802.1w Spanning Tree Protocol) unterstützen. STP-fähige Switches können Ports, die eine Schleife bewirken würden, blockieren und erst freischalten, wenn die bevorzugte Strecke ausfällt. Für die Absicherung bestimmter Netzbereiche können mehrere Schleifen eingeplant werden. Ein vollredundantes Netzwerk würde jeden Punkt und jeden Switch doppelt enthalten und die dafür benötigten Kabelverbindungen bereitstellen. Vorteil dieses Systems ist, dass sich jeder Ausfall beheben lässt – allerdings nicht augenblicklich: In größeren Netzwerken dauert die Umschaltung bis zu 30 Sekunden. Seit kurzem gibt es das IEEE 802.p Rapid STP-Protokoll, das die Umschaltung auf 100 Millisekunden reduziert. Die meisten Managed Switches verwenden zumindest einen Teil des STP-Protokolls.

### Vermaschung

Die Vermaschung ist eine STP-Anwendung, bei der jedes Gerät im Extremfall mit allen anderen verbunden wird. Daraus ergibt sich ein System, das immer funktionstüchtig bleibt, weil man zahlreiche Kabelverbindungen lösen muss, bevor ein Gerät vom Netzwerk abgeschnitten wird. Allerdings erfordert dieser Ansatz auch sehr viele Kabel und ist arbeitsintensiv und aufwendig.

### CobraNet Dual Link

Jedes CobraNet-Gerät besitzt zwei Ethernet-Ports, den Primären und den Sekundären. Normalerweise wird nur der primäre Port verwendet. Wenn er ausfällt, wird seine Aufgabe jedoch vom sekundären Port übernommen.

Mit diesem Prinzip ist zwar die Kabelverbindungen des Geräts zum Netz gesichert, nicht aber das Netz selbst. Deswegen können die beiden Ports eines CobraNet-Geräts auch an verschiedene Switches angeschlossen werden, um eine vollredundante STP-Konfiguration mit redundanten Switches zu erstellen.

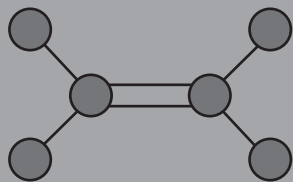
### EtherSound ES-100 PPM

Der ES-100-Standard von EtherSound erlaubt die Verbindung der Geräte zu einem Ring, in dem es einen bevorzugten primären Master gibt (PPM, „Preferred Primary Master“). Das PPM-Gerät blockiert den Ring im Normalfall, schaltet ihn aber frei, wenn er irgendwo unterbrochen ist. Diese Arbeitsweise ähnelt dem Spanning Tree-Verfahren.

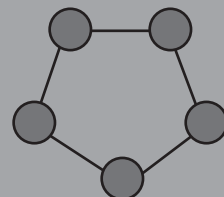
### Auswahl eines Redundanzkonzepts

Für jede Aufgabe und jeden Einsatzbereich kann man ein einzelnes Redundanzkonzept wählen oder aber auch die Konzepte kombinieren. Dabei sollte die zentrale Frage sein, welche Redundanzstufe angebracht ist. Für den mobilen Einsatz sollten zumindest redundante Switches eingeplant werden. Bei fest installierten Anlagen sind sie nicht notwendig. Ein absolutes Muss sind redundante lange Kabelstrecken, die möglichst separat verlegt werden sollten. Auch die Umschaltgeschwindigkeit ist ein wichtiger Faktor, denn je schneller die Panne behoben ist, desto besser.

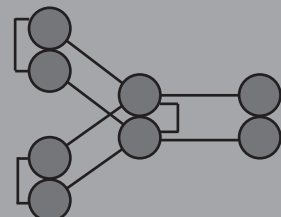
Bei einem hermetischen System wie OPTOCORE wird das Redundanzkonzept vom Hersteller entwickelt. Kommen herkömmliche Ethernet-Geräte zum Einsatz, so muss man als Nutzer schon das eine oder andere über Redundanz und die Programmierung aller Switches im Audionetzwerk wissen.



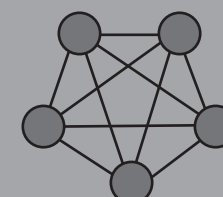
Trunking (Parallelschaltung)



Ring



Spanning Tree mit doppelten Switches



Vermaschung

# 7. Verkabelung

## UTP-Kabel

Die meisten Ethernet-Netzwerke verwenden Kabel mit acht Kupferadern, die zu Paaren verdreht sind. Die geschirmte Variante nennt man „Shielded Twisted Pair“ (STP). Sie ist fast immun gegen elektromagnetische Interferenzen. Die weitverbreitetere, ungeschirmte Variante heißt „Unshielded Twisted Pair“ (UTP). Es gibt unterschiedliche Kabel- und Anschlusstypen, die sich für unterschiedliche Anwendungen eignen. Die „Telecommunications Industry Association“ (TIA, [www.tiaonline.org](http://www.tiaonline.org)) unterscheidet die Kategorien 1 bis 6, sie werden von „Cat1“ bis „Cat6“ bezeichnet. Der Unterschied zwischen den Kategorien liegt in den verwendeten Materialien und der Verdrehung der Adernpaare pro Meter. „Cat3“ verweist auf einen Kabeltyp, der sich nur für langsame 10MB-Ethernet-Netzwerke eignet. Für Ethernet-Netzwerke mit einem Datendurchsatz von 100 MB oder mehr benötigt man mindestens „Cat5“. Vorsicht: „Cat3“-Kabel kann man auf den ersten Blick nicht von „Cat5“ unterscheiden. Lesen Sie sich also immer die Angaben auf dem Kabelmantel durch. Für Gigabit-Systeme wird eine verbesserte „Cat5“-Version benötigt: „Cat5e“. Die unlängst eingeführte „Cat6“-Norm garantiert noch bessere Leistungsmerkmale. Die TIA-Kategorien sind rückwärts kompatibel. Innerhalb einer jeden Kategorie gibt es übrigens unterschiedliche Qualitätsstufen: Kabel mit massivem Kern („Massive Core“), mit biegsamem Kern für Steckfelder, mit Schutzschicht und foliengeschirmte Kabel (Shielded Foiled, S/FTP) für die Live-Beschallung.

## UTP-Buchsen

Ethernet-Netzwerke mit Kupferkabel verwenden RJ45-Stecker und Buchsen. Kabel und Stecker werden meist separat verkauft und müssen von den Systementwicklern vorbereitet werden. Für Installations- (mit massiver Ader) und biegsame Kabel (mit verlitzter Ader) werden unterschiedliche RJ45-Stecker benötigt. Switch-Hersteller nennen ein „Cat5“-Kupfernetzwerk oft „TX“ (wie in „100BASE TX“). In der Audioindustrie werden für RJ45-basierte Live-Systeme meistens EtherCon®-Stecker von Neutrik verwendet.

## Glasfaserkabel (LWL)

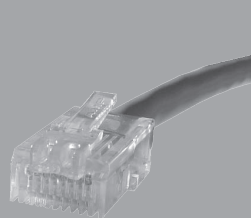
Glasfaserkabel können weitaus höhere Frequenzen übertragen als UTP-Kabel. Deshalb eignen sie sich für Kabelwege bis 10 Kilometer. Hier gibt es zwei Ausführungen: Multimode und Singlemode. Multimode-Fasern unterstützen Gigabit-Verbindungen mit einer Länge bis zu 2 Kilometern. Singlemode-Fasern erfordern zwar eine teurere Laserdiode, doch sie bewältigen Kabelstrecken bis zu 80 Kilometern Länge. Beide Fasertypen finden sich in vielen Computergeschäften. Firmen wie Fiberfox bieten Glasfaserkabel an, die höchsten Ansprüchen genügen und daher für die Live-Beschallung geeignet sind.

## Glasfaseranschlüsse

Optische (Glasfaser-, LWL-) Anschlüsse gibt es viele: SC, ST, LC usw. Da man solche Stecker nicht ohne Weiteres anbringen kann, werden meistens gebrauchsfertige Kabel angeboten. Switches verwenden oft ein modulares System für Glasfaserverbindungen. Als Industriestandards werden „Gigabit Interface Converter“ (GBIC) und dessen Miniversion „Small Formfactor Pluggable“ (SFP) gehandelt. Switch-Hersteller nennen die Glasfaseranschlüsse in der Regel „FX“, „LX“ oder „SX“, wie bei „100base-FX“. Für den Live-Einsatz bietet Neutrik das OpticalCon®-Steckersystem mit spezieller Schutzvorrichtung für die empfindlichen Glasfaserbuchsen. Bei Connex bekommt man Fiberfox®, ein Anschlusssystem mit Linsen für die Zerstreuung der Glasfaser signale, die dadurch weniger kratz- und staubanfällig sind.

## Medium Converter

Switches ohne Glasfasermodul kann man über den Umweg eines Medium Converters trotzdem in einem Glasfasersystem einsetzen. Mediumwandler sind sowohl für 100-MB- als auch für Gigabit-Verbindungen erhältlich.



RJ45-Buchse



Neutrik EtherCon®



SC-Glasfaserbuchse



Fiberfox EBC52



Medium Converter



## 9. Weitere Hinweise zu EtherSound

### Topologie

Ein EtherSound-Gerät empfängt und sendet Audiodaten in kleinen schnellen Paketen über das Ethernet-Netzwerk und verwendet dafür die gesamte 100-MB-Bandbreite. Das Protokoll unterstützt 64 Kanäle mit 24 Bit/48kHz-Audiodaten in beiden Richtungen. Ein kleiner Teil der Bandbreite wird für die Steuerdaten verwendet. Die Datenübertragung erfolgt mit so genannten Broadcast-Paketen. An mehreren Stellen der Kette kann der Datenstrom in Unicast-Paketen zu anderen Geräten hinter dem Sender „rückübertragen“ werden. Die Kette arbeitet dann bidirektional.

EtherSound-Systeme verwenden eine Kettentopologie, bei der ein Gerät jeweils über seine „IN“-Buchse mit dem vorangehenden Gerät und über seine „OUT“-Buchse mit dem nächsten Gerät verbunden ist. Das erste Gerät der Kette nennt man den primären Master. Dieser sendet einen 100-MB-Datenstrom von 64 Audiokanälen zu den nachfolgenden Geräten. Im bidirektionalen Modus empfängt er gleichzeitig den von den nachfolgenden Kettengliedern erzeugten Audiostrom. Mit Hilfe mehrerer Switches lässt sich eine Verkettung in zwei oder mehr Ketten unterteilen. Dann können die Daten allerdings nur zu nachfolgenden Geräten gesendet werden – nicht in entgegengesetzter Richtung. Die bidirektionalen Segmente werden über den Loop-Back- und End-of-Loop-Modus der gewünschten Geräte konfiguriert.

### Routing von Audiokanälen

Alle Geräte des Systems werten die Informationen beider Audiodatenströme aus, verwenden bestimmte Kanäle für die Audioausgabe („Slaves“), ersetzen Kanäle mit Audioeingängen (Master) oder tun beides (Master/Slave-Geräte).

Nach der Einspeisung der Audiokanäle werden die Broadcast-Pakete zum nachfolgenden Gerät übertragen. Unicast-Pakete werden hingegen an das vorangehende Gerät gesendet.

### Latenz

Da EtherSound-Geräte nur jeweils an ein vor- und ein nachgestelltes Gerät Daten senden, ist die Adressierung unerheblich, denn die eingehenden Pakete werden sofort weitergeleitet. Die Latenz eines jeden EtherSound-Geräts beträgt deshalb nur 1,4µs. Das System verwendet einen 5-Sample-Pufferspeicher für die Synchronisation, das entspricht einer Verzögerung von 104µs. Jeder 100-MB-Switch des Systems induziert weitere 22µs, bei Gigabit-Switches beträgt die Latenz hingegen 2,2µs. Die Latenz des gesamten Systems kann durch der Addition aller Werte berechnet werden.

### Redundanz

In einer reinen Kettentopologie ist EtherSound sehr verwundbar. Ein defektes Kabel oder Gerät teilt das System sofort in zwei Hälften. Mit Managed Switches können lange Kabelwege per Trunking geschützt werden. Auvitrans verwendet ein festes Gerät für die redundante Ausführung langer Kabelstrecken mit schneller Übernahme im Havariefall.

Der 2006 vorgestellte ES-100-Standard eignet sich auch für eine Ringtopologie und bietet ein vollständiges Redundanzkonzept. Durch die Verbindung der OUT-Buchse am letzten Ringgerät mit der IN-Buchse des primären Masters wird der Ring komplett. Mit dem Preferred-Primary-Master-Modus des ersten Geräts lässt sich diese Verbindung während des regulären Betriebs deaktivieren. Fällt eine Verbindung der Kette aus, wird sie aktiviert wie bei dem Spanning-Tree-Verfahren.

### Bandbreite

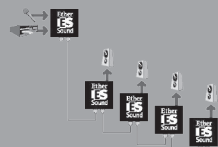
EtherSound sendet Audioinformationen in kleinen Broadcast-Paketen. Für den bidirektionalen Transfer von 64 Audiokanälen wird deshalb eine große Paketanzahl benötigt. EtherSound-Geräte können diese Datenflut zwar mühelos verarbeiten, aber die in EtherSound-Netzen verwendeten Switches müssen es ebenfalls können. Eine Übersicht der getesteten Switches finden Sie unter [www.ethersound.com](http://www.ethersound.com). Längere Kabelstrecken für mehr als 64 bidirektionale Kanäle und zusätzliche IP-Dienste erfordern Gigabit-Switches und mehrere VLANs.

### CobraNet oder EtherSound?

CobraNet und EtherSound sind Ethernet-kompatible Protokolle, die von vielen Audio- und Netzwerkgerätheherstellern unterstützt werden. Beide Protokolle haben sowohl Vorteile als auch Beschränkungen. Die wichtigsten Aspekte sind:

Aspekt	CobraNet	EtherSound	
		V2.09	ES-100
Topologie	Stern, Baum	Kette	Kette und Ring
Redundanz	Kompl. Netz	Nur Links langer Strecken	Kompl. Netz (Ring)
Routing	Adressierung	Bussystem	
Netzwerklatenz	Gering (<1,4 ms)	Minimal (<0,14 ms)	

Im Einzelfall sind noch zahlreiche andere Aspekte zu berücksichtigen. Deshalb raten wir, auch eine Alternative vorzubereiten.



Kettentopologie



Auvitrans AVY16-ES Mini YGDAI-Karte



Redundante Kabeleinheit Auvitrans AVRed-ES

# 10. Systementwicklung

## Systemanwender

Anwender brauchen sich bei der Verwendung eines fertigen Audionetzwerks keine großen Gedanken zu machen. Trotz vorgefertigter Verbindungen und eines Höchstmaßes an Flexibilität eignet sich ein solches System selbst für anspruchsvollste Einsatzbereiche wie Theater, Konzerthallen, Vergnügungsparks, Mehrzweckhallen, Schulen usw., die Live-Beschallung in all ihren Facetten – und das sogar bei gemieteten Anlagen.

## Systemplanung

Im Planungsstadium setzen sich die Spezialisten des Systembesitzers mit einem Ingenieurbüro oder einem Systementwickler zusammen. Da der Aufbau eines Netzwerks sehr spezielle Anforderungen stellt, sind die meisten Toningenieure hiermit in der Regel überfordert. Meistens kümmern sich Systementwickler um das Pflichten-/Lastenheft, das Design und die Programmierung des Audionetzwerks und sorgen dafür, dass die Anwender hinterher schnell und effizient damit arbeiten können.

## Formulierung der technischen Einzelheiten

Zunächst einmal muss festgelegt werden, was das System leisten muss.

Die Audiovernetzung bietet zwar schon zahlreiche Möglichkeiten, aber Wunder lassen sich noch nicht realisieren. Ohne fundierte Netzwerkkennnisse kann man schwer einschätzen, ob sich die formulierten Erwartungen erfüllen lassen. Das Pflichten-/Lastenheft erwähnt Dinge wie die Anzahl der Audiokanäle und Anschlusspunkte, die Strecken zwischen diesen Punkten, die erforderliche Audioqualität und Redundanz, die Steuerfunktionen usw. Wenn ein installiertes System die vorhandene IT-Infrastruktur verwenden soll, muss auch der Systemverwalter in die Planung mit einbezogen werden. Für eine Live-Beschallung sollte ferner die Handhabung in Betracht gezogen werden, also Stecker- und Buchsenqualität sowie Anschlussstypen.

## Systementwurf

Das Pflichten-/Lastenheft bildet die Grundlage für die Wahl des geeigneten Netzwerk- und Audioformats, der Netzwerktopologie sowie des Redundanzgrades und der Anschlussmöglichkeiten.

## Audiokomponenten

Geschlossene Systeme setzen die Verwendung von Geräten des betreffenden Herstellers voraus. In offene Systeme lassen sich hingegen Audiogeräte unterschiedlicher Hersteller einbinden, sofern sie den gewählten Audionetzwerkstandard unterstützen. CobraNet und EtherSound sind Beispiele von offenen Systemen.

Yamaha bietet Audiokomponenten an, die sowohl zu CobraNet- als auch zu EtherSoundkompatibel sind. Alternative Audiokomponenten mit Yamaha-Mini-YGDAL-Ports sind für MADI und A-Net verfügbar.

## Netzwerkkomponenten

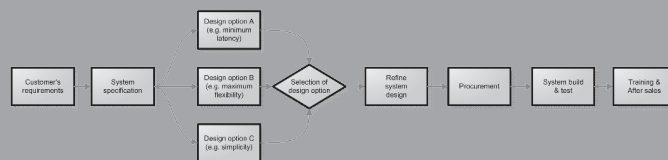
Bei proprietären Systemen liefert der Hersteller die gesamte Netzwerk-Hardware. Bei offenen Systemen wird man von den Auswahlmöglichkeiten fast erschlagen. Der IT-Markt ist so weit gereift, dass es für fast jedes Geräte mehrere Alternativen gibt. Deshalb empfehlen wir, vor dem Kauf ausgiebige Tests durchzuführen.

## Zukünftige Erweiterung

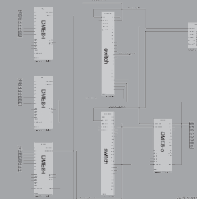
Bei geschlossenen Systemen ist an Erweiterung nur im Rahmen des vom Hersteller angebotenen Produktkatalogs zu denken. Offene Systeme erlauben hingegen eine flexible Erweiterung mit weiteren kompatiblen Geräten. Auch nach der Inbetriebnahme der Anlage können noch beliebig Geräte hinzugefügt werden.

## Qualifizierte Systementwickler

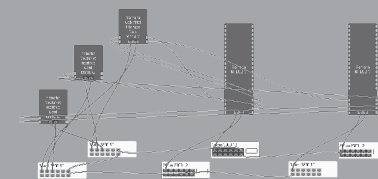
Jedes Audionetzwerk erfordert das Fachwissen eines erfahrenen Ingenieurs oder Entwicklers. Momentan gibt es in dieser Hinsicht noch keinerlei formale Qualifikationen. Verlassen Sie sich daher auf Personen, die bereits laufende Systeme vorweisen können.



Entwicklung



CAD-Entwurf (mit dem Programm StarDraw)



CAD-Entwurf (mit dem Programm CobraCAD)

# 11. Investieren in ein Audionetzwerk

## Systemkosten

Der Preis des Systems ergibt sich aus der Summe aller installierten Geräte und der Konzeption, des Aufbaus und des Supports für das System. Bei einem Audionetzwerk sind die Anschaffungskosten in der Regel höher als bei anderen Systemen, allerdings wird weniger Arbeitszeit benötigt.

Die Entscheidung zu einem Audionetzwerk beeinflusst auch die Betriebs- und Wartungskosten. Mit einem Audionetzwerk im Beschaffungsbereich kann man die Logistik-, die Auf- und Abbaukosten signifikant senken. Bei installierten Systemen lassen sich viel leichter Ad-hoc-Änderungen vornehmen.

## Anschaffungspreis der Komponenten

Ein Netzwerk ersetzt lange Analogkabel durch digitale Verbindungen. Die Kosten für die Beschaffung der erforderlichen Netzwerkgeräte, Kabel und zusätzlichen Audiogeräte entsprechen in etwa denen für weitaus aufwändigere Multicorekabel.

Netzwerkgeräte und -kabel sind heutzutage relativ kostengünstig. Den größten Kostenfaktor bilden die zusätzlichen Audiogeräte. Vor allem dann, wenn das System ein Digitalmischpult enthält, das bereits analoge Ein- und Ausgangslösungen bietet. Im Großen und Ganzen kostet ein digitales Netzwerk-mischpult mit Bühnen-Racks ungefähr soviel wie eine rein analoge Mischpult/Multicore-Lösung.

Beim Vergleich sollte jedoch beachtet werden, dass das analoge System ungefähr vergleichbare Audiomerkmale aufweist.

## Arbeitsstunden

Bei fest installierten Systemen werden die Handhabungskosten drastisch gesenkt, weil sich die Kabelstrecken im Gebäude auf einige wenige Cat5- oder Glasfaserkabel reduzieren. Bei Beschaltungsanlagen erfolgt die eigentliche Ersparnis nach Auslieferung des Systems: Die Lagerung, der Transport und das Verlegen von Glasfaserkabeln sind weitaus effizienter als bei einem äquivalenten analogen Multicore-System.

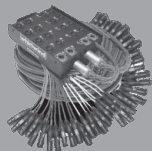
## Vorteile

Ein Audionetzwerk bietet eine viel höhere Qualität und Flexibilität als ein analoges System. Die Ansprüche, die an Live-Projekte gestellt werden, können heutzutage kaum noch von einem Analogsystem erfüllt werden. Wer also heute in die Audiovernetzung investiert, ist besser aufgestellt. Auch dieser Konkurrenzvorteil sollte beim Kostenvoranschlag berücksichtigt werden.

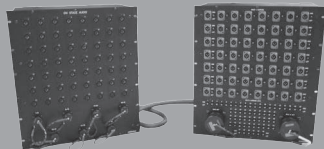
## Unter dem Strich

Da jedes System auf einer eigenen Logik beruht, gibt es keine allgemeingültigen Kriterien für aussagefähige Preisvergleiche. Im Allgemeinen entspricht der Preis eines digitalen Audionetzwerks aber ungefähr dem eines gleichwertigen Analogsystems. Ein digitales System ist jedoch flexibler und zudem beim Auf- und Abbau weniger arbeitsintensiv. In der Regel ist der Preis schon ab einem mittelgroßen Netzwerksystem vergleichbar. Große und/oder komplexe Systeme sind hingegen kostengünstiger als die analoge Konkurrenz.

Ersparnis bei den Komponenten



Kein analoges Multicore-Kabel



Keine Verteiler, Bühnen-Snakes, Splitter notwendig

Kostenfaktor eines Audionetzwerks



Beschaffung von Netzwerkgeräten und -kabeln



Beschaffung von Ein- und Ausgabegeräten

Ersparnis beim Arbeitsaufwand



Beschaffung: Ersparnis bei Transport, Auf- und Abbau



Installation: Ersparnis bei den Kabeln

Konkurrenzvorteile



Breiteres Funktions- und Flexibilitätsspektrum



Optimale Audioqualität

# 12. Audiovernetzungsglossar

## AES/EBU

Ein digitales Audioformat, das von der „Audio Engineering Society“ (AES) und „European Broadcasting Union“ (EBU) als „AES3“ genormt ist. Beruht auf symmetrischen Kupferadern und überträgt jeweils 2 Kanäle.

## Bridge (Brücke)

Ein Netzwerkgerät für die Verkopplung von Netzwerken. Eine Bridge wertet ausschließlich MAC-Adressen aus, IP-Adressen werden ignoriert. Wer lieber mit IP-Adressen arbeitet, sollte sich für einen Router entscheiden.

## Broadcast

Der Ethernet-Standard 802.3 erlaubt die Übertragung von Informationen zu allen Netzwerkgeräten. Hierfür werden Broadcast-Pakete verwendet. EtherSound verwendet dieses Verfahren für den Audiotransfer innerhalb der Kette.

## Bundle (Bündel)

Ein Informationspaket von CobraNet. Es kann bis zu 8 Audiokanäle (24 Bit/48kHz) enthalten und weist eine Latenz von 1,33ms auf.

## Cat5

Kabel der Kategorie 5 können bis zu 100 MB an Netzwerksignalen entlang einer Strecke von maximal 100 Metern transportieren.

## Cat5E

Erweiterte Spezifikation des Cat5-Kabeltyps für höhere Frequenzen.

## CobraNet™

Ein Netzwerkprotokoll für die Übertragung und den Empfang von Audio-, Steuer- und Überwachungsdaten. CobraNet ist ein echtes Netzwerkprotokoll, das die Funktionsverbindungen von den physischen Anschlüssen trennt und eine Sterntopologie aufweist.

## Dual Link (doppelte Verbindung)

Das Redundanzverfahren von CobraNet beruht auf doppelt ausgeführten Geräteverbindungen mit dem Netzwerk. Fällt eine Verbindung aus, so wird automatisch die andere aktiviert.

## End-of-Loop-Gerät

Ab Version 2.09 und seit Vorstellung des ES-100-Standards erlaubt EtherSound die Verwendung von mehreren bidirektionalen Segmenten innerhalb einer Kette. Außer dem Primary Master kann jedes beliebige Gerät als End-Of-Loop-Gerät definiert werden und reicht die eingehenden Daten dann nicht mehr weiter.

## ES-100

Neuer Standard von EtherSound mit einem erweiterten Funktionsangebot. ES-100 unterstützt eine Ringtopologie.

## EtherCon

Ein RJ45-Stecker in einem robusten XLR-Gehäuse von Neutrik. Ideal für den Live-Einsatz.

## Ethernet

Das am weitesten verbreitete Netzwerkprotokoll der Welt. Die offizielle Bezeichnung des Institute of Electrical and Electronics Engineers lautet IEEE802.3-Norm.

## EtherSound™

Ein Netzwerkprotokoll für die Übertragung und den Empfang von Audio-, Steuer- und Überwachungsdaten. EtherSound verwendet eine Kettentopologie mit fester Bandbreite und einer deterministischen Latenz (d.h. sich nach der Netzwerktopologie richtend). ES-100 ist eine neue EtherSound-Version mit einem breiteren Funktionsangebot und wurde 2006 vorgestellt.

## Fiberfox

Ein live-taugliches Glasfaserkabel. Es zerstreut das Lichtsignal mit einer Linse, um eine optimale Nutzung der Kontaktfläche zu erzielen. Die so erweiterte Oberfläche ist weniger störanfällig bei Kratzern oder Staub.

## Glasfaser

Ein Kabeltyp für die Datenübertragung mit Hilfe von Licht. Es gibt Singlemode- und Multimode-Fasern. Glasfaser hat den Vorteil, dass selbst hohe Datenmengen über mehrere Kilometer transportiert werden können.

## GBIC

„Giga Bit Interface Converter“ sind Module, die bei laufendem Betrieb ausgetauscht werden können („Hot Swap“) und einen Switch um eine optische oder eine Kupfer-Gigabit-Verbindung erweitern.

## Gigabit

Eine Milliarde Bit (1.000.000.000 Bit ist ein GB). Diese Verbindung kann ein Gigabit an Daten pro Sekunde übertragen, also zehnmal mehr als eine 100-MB-Verbindung (100 Megabit pro Sekunde, die als Fast Ethernet bezeichnet wird).

## Globale Adresse

Eine IP-Adresse, die mit dem Internet verbunden werden kann. Die globalen Adressen werden vom InterNIC (www.internic.org) vergeben, um sicherzustellen, dass keine Adresse doppelt verwendet wird.

## Hub

oder Repeater-Hub. Ein einfaches Netzwerkgerät, das die eingehenden Daten über alle Ports ausgibt, ohne die Adresse zu kontrollieren. Repeater-Hubs können für die Verkopplung zweier Netzwerke zu einem größeren Ganzen verwendet werden. Diese Technologie ist etwas veraltet und sollte in aktuellen Systemen nicht mehr verwendet werden.

## IP-Adresse

Die Internet-Protocol-Adresse ist eine vom Anwender einstellbare Adresse für den Datentransfer innerhalb eines Netzwerks. Die IP-Adresse enthält eine Netzwerk- und eine Host-Nummer. Sie dient für die Datenübertragung innerhalb eines lokalen Netzwerks (LAN) oder über das Internet (WAN).

## Kette oder Verkettung (Daisy Chain)

Ein Verfahren für die Verkettung von Geräten. Fällt ein Gerät aus, so wird die Kette in zwei Hälften geteilt.

## Latenz

Auch Netzwerklatenz oder Verzögerung. Die Zeit, die verstreicht, bis ein vom Sender übertragenes Datenpaket beim Empfänger ankommt.

## Loop-Back-Gerät

Das Loop-Back-Gerät von EtherSound sendet seine Daten nicht nur zu den nachfolgenden Geräten als Broadcast-Pakete, sondern auch zum Primary Master (Unicast-Paket, ab V2.09 wahlweise auch zum End-Of-Loop-Gerät). So entsteht ein Segment mit bidirektionaler Kettentopologie.

# A-L

### **MAC-Adresse**

„Media Access Control“, ein Adressierungssystem, das auf 48 Bit (6 Bytes) beruht. Diese Adressen werden von der IEEE-Arbeitsgruppe vergeben. Mit 48 Bit lassen sich 280 Trillionen Adressen abbilden. Mehrfachvergaben einer Adresse sind nicht erlaubt.

### **MADI**

„Multichannel Audio Digital Interface“. Die genormte AES-Bezeichnung lautet „AES10“. Die Schnittstelle ist eine einfache Kabelverbindung für die Übertragung von 64 Audiokanälen (24 Bit).

### **Managed Switch**

Ein Switch mit zusätzlichen Möglichkeiten, so z.B. die Unterstützung von VLANs, Trunking, Spanning Tree, Quality of Service, Statistiken und die Fehlerrückmeldung.

### **Mediumwandler**

Ein Gerät, das ein Glasfaser-signal in ein RJ45-Kupferkabel-signal (und umgekehrt) wandelt. Medium-Converter sind für die meisten Glasfaseranschlüsse und Geschwindigkeiten verfügbar.

### **Megabit, MB**

Eine Million Bit (1.000.000 Bit; Gb). Eine Fast-Ethernet-Verbindung kann pro Sekunde 100 MB an Daten übertragen. In diesem Dokument wird „100 Megabit pro Sekunde“ abgekürzt zu „100 MB“.

### **Multicast**

Der Ethernet-Standard 802.3 erlaubt die Übertragung von Informationen zu mehreren Netzwerkgeräten. Hierfür werden Multicast-Pakete verwendet. Dies ist ein Verfahren, das CobraNet für die Bündelübertragung zu allen CobraNet-Geräten verwenden kann. Solche Bündel werden an jedem Punkt innerhalb des Netzwerks empfangen.

### **Multi-Unicast**

Bestimmte CobraNet-Geräte erlauben den Versand von Unicast-Bündeln an bis zu 4 Empfänger. Dies wird als „Multi-Unicast“ bezeichnet. Für Bündel, die zu mehr als 4 Empfängern übertragen werden müssen, muss Multicast verwendet werden.

### **Multimode-Glasfaser**

Verbindung, die sich für große Datenmengen über Strecken von mehr als 2 Kilometern eignet (je nach dem Netzwerkstandard). Multimode-Buchsen verwenden einen kostengünstigen Lasertyp.

### **Netzwerkklasse**

Kategorisierung der Subnetzmaske eines Netzwerks. Hiermit wird bestimmt, welcher Teil der IP-Adresse auf die Netzwerknummer verweist und wo sich die Host-Adresse befindet. Kleine Büronetzwerke (LANs) verwenden in der Regel die Klasse C. Klasse A: 1 Byte (8 Bit) für die Netzwerknummer, 3 Bytes (24 Bit) für die Host-Adresse. Klasse B: 2 Bytes (16 Bit) für die Netzwerknummer, 2 Bytes (16 Bit) für die Host-Adresse. Klasse C: 3 Bytes (24 Bit) für die Netzwerknummer, 1 Byte (8 Bit) für die Host-Adresse.

### **OpticalCon**

XLR-Anschluss von Neutrik für LC-Glasfaserstecker für einen optimalen Staub- und Kratzschutz.

### **OPTOCORE**

Ein Audionetzwerk, der mehr als 500 Kanäle, darunter auch Video- und Steuerdaten, mit geringer Latenz verwalten kann.

### **OSI-Modell**

Ein standardisiertes Modell für Netzwerkprotokolle der „International Organization for Standardization“ (ISO, [www.iso.org](http://www.iso.org)). Das OSI-Modell definiert sieben Ebenen, die den physischen Aspekt der elektrischen Daten (Ebene 1) bis hin zu der Anwendung des Netzwerks (Ebene 7) beschreiben. Die MAC-Adresse wird von Ebene 2 definiert, die IP-Adresse von Ebene 3.

### **Preferred Primary Master**

EtherSound ES-100-Geräte können in einer redundanten Ringtopologie verwendet werden. Ein Gerät wird als bevorzugter primärer Master („Preferred Primary Master,“) definiert und blockiert den Ring, der damit zu einer Kette umfunktioniert wird. Im Havariefall kann diese Schaltung wieder geöffnet werden.

### **Primary Master**

Das erste Gerät einer EtherSound-Kette nennt man den „Primary Master“. Dieser sendet den Datenstrom der 64 Kanäle zu den nachfolgenden Geräten. Im bidirektionalen Modus ist der Primary Master das letzte Gerät, das die gesendeten Daten empfängt. An die IN-Buchse des primären Masters kann man einen Computer mit dem „ES Monitor“-Programm anschließen und damit alle EtherSound-Geräte steuern.

### **Private Adressen**

IP-Adressen für private Netzwerke, für die man keine InterNIC-Genehmigung benötigt. Diese Adressen können nicht geroutet werden und eignen sich nur für lokale Netzwerke.

Klasse A: 10.0.0.0-10.255.255.255,

Klasse B: 172.16.0.0-172.31.255.255,

Klasse C: 192.168.0.0-192.168.255.255.

### **QoS**

„Quality of Service“. Eine Ethernet-Funktion, welche die gezielte Begrenzung der Bandbreite bestimmter Switch-Ports erlaubt.

### **Redundanz**

Die Möglichkeit eines Netzwerks, im Havariefall auf Reserveleitungen umzuschalten.

### **Ring**

Ein Netzwerk, dessen Anfang und Ende miteinander verbunden sind. Im Gegensatz zu einer Kette kann ein Ring Daten in beiden Richtungen transportieren und ist zudem redundant ausgelegt. Die Kette bricht also nicht zusammen, wenn ein Gerät ausfällt.

### **RJ11**

Telefonanschluss für Kupferkabel.

### **RJ45**

Anschluss für Netzwerkkupferkabel, z.B. Cat5.

### **Router**

Ein Netzwerkgerät, das Netzwerke miteinander verkoppelt. Ein Router verwendet IP-Adressen und kann Daten zu Netzwerken anderer Nummern übertragen.

### **RS232**

Ein von der „Electronics Industry Alliance“ (EIA) normierter Port mit vorgegebenen elektrischen und mechanischen Merkmalen. Eignet sich nur für P2P-Verbindungen mit geringem Datenaufkommen. 1991 wurde die aktualisierte Norm RS232C definiert.

### **RS422**

Ein von der „Electronics Industry Alliance“ (EIA) normierter Port mit vorgegebenen elektrischen und mechanischen Merkmalen.

# M-R

### **RSTP**

Das „IEEE802.1w-Rapid-Spanning-Tree-Protokoll“, eine schnellere Version vom IEEE802.1d-Spanning-Tree.

### **Serielle Brücke**

Serielle Verbindung innerhalb eines CobraNet-Netzwerks für die Kommunikation der Netzwerkteilnehmer mit RS232-Geräten.

### **Serieller Server**

Gerät, das RS232 bzw. RS422 ins Ethernet-Protokoll und zurück wandelt. Erlaubt die Einbindung serieller Geräte.

### **SFP**

„Small Formfactor Pluggable“, ein miniaturisierter GBIC-Wandler.

### **Singlemode-Glasfaser**

Verbindung, die sich je nach dem Netzwerkstandard für große Datenmengen über Strecken von mehr als 80 Kilometern eignet. Singlemode-Buchsen verwenden einen teuren, aber sehr leistungsfähigen Lasertyp.

### **SNMP**

„Simple Network Management Protocol“, ein genormtes Verfahren für die Steuerung und Überwachung von Netzwerkgeräten.

### **Spanning-Tree-Protokoll**

IEEE802.1d-Ethernet-Standard. Dank dieses Protokolls kann ein Ethernet-Switch Schleifen innerhalb eines Netzwerks unterdrücken und die betreffenden Verbindungen aktivieren, wenn die Hauptleitung defekt ist.

### **Stern**

Die am häufigsten verwendete Netzwerktopologie. Im Zentrum des Sterns benötigt man eine höhere Verarbeitungskapazität. Die Enden eines Sterns funktionieren hingegen mit einer weitaus geringeren Verarbeitungskapazität. Die Sterntopologie wird oft zu geschichteten Sternen oder Bäumen erweitert.

### **STP**

Abkürzung für Spanning Tree Protocol sowie Shielded Twisted Pair.

### **Subnetzmaske**

Eine Zahl, die angibt, welcher Teil einer IP-Adresse auf die Netzwerk- und welcher auf die Host-Nummer verweist.

### **SuperMAC**

Eine Audionetzwerknorm der Oxford Technologies, wird von der AES als „AES50“ geführt. Erlaubt die Übertragung von 48 Audiokanälen (24 Bit/48kHz) über ein Cat5-Kabel.

### **Switch**

Ein Netzwerkgerät, das die Netzwerkkomponenten miteinander verbindet. Ein Switch ist ein intelligenter Hub, der die eingehenden Pakete nur zur Adresse des gewünschten Empfängers überträgt.

### **Topologie**

Das Verfahren, nach dem mehrere Geräte in ein Netzwerk eingebunden werden. Die Basisformen sind: Ring, Kette, Stern, Baum.

### **Trunking**

Die Verwendung von zwei oder mehr Kabeln zum Verbinden von Switches, die die IEEE802.3ad-Link-Aggregation-Funktion unterstützen. Das erlaubt die Verwendung von zwei oder mehr Verbindungen für einen höheren Datendurchsatz bzw. zum Gewährleisten der Redundanz.

### **Unicast**

Der Ethernet-Standard 802.3 erlaubt die Übertragung von Informationen zu einem bestimmten Netzwerkgerät als Unicast-Paket. Hierfür wird die MAC-Adresse verwendet. CobraNet verwendet dieses Verfahren, wenn nur ein CobraNet-Netzwerkgerät die gesendeten Audiobündel empfangen darf. Dabei wird dann nur die Bandbreite jener Verbindung beansprucht. Siehe auch Multicast.

### **UTP**

„Unshielded Twisted Pair“. Cat5 ist die am weitesten verbreitete Fassung.

### **Vermaschung**

Eine von H/P verwendete Topologie, in der alle Netzwerkgeräte direkt mit allen anderen Teilnehmern verbunden sind. Ein solches Netzwerk ist nahezu störungsimmun.

### **VLAN**

Virtual Local Area Network. Ein Managed Switch, der den Datenverkehr bei Verwendung derselben Hardware auf zwei oder mehr virtuelle Netzwerke verteilen kann.

### **Wi-Fi**

Drahtlose Netzwerknorm IEEE802.11. Die am häufigsten verwendeten Versionen sind 802.11.b (11Mb/s) und 802.11.g (54Mb/s).

### **Weitere Infos im Netz**

[www.aes.org](http://www.aes.org)

[www.aviom.com](http://www.aviom.com)  
[www.cisco.com](http://www.cisco.com)  
[www.cobranet.info](http://www.cobranet.info)  
[www.dlink.com](http://www.dlink.com)  
[www.ethersound.com](http://www.ethersound.com)  
[www.hp.com](http://www.hp.com)  
[www.ieee.org](http://www.ieee.org)  
[www.iso.org](http://www.iso.org)  
[www.internic.org](http://www.internic.org)

[www.lightviper.com](http://www.lightviper.com)  
[www.medianumerics.com](http://www.medianumerics.com)  
[www.optocore.com](http://www.optocore.com)  
[www.parc.com](http://www.parc.com)  
[www.sonyoxford.com](http://www.sonyoxford.com)  
[www.tiaonline.org](http://www.tiaonline.org)  
[www.yamahaproaudio.com](http://www.yamahaproaudio.com)

Audio Engineering Society, AES3,  
MADI/AES10  
A-net  
Cisco  
CobraNet  
Dlink  
EtherSound  
Hewlett Packard  
Institute of Electrical and Electronics Engineers  
International Organization for Standardization  
ICANN Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (Internet-Instanz für die Namen- und Nummernvergabe)  
Lightviper™  
RockNet™  
OPTOCORE®  
Palo Alto Research Center  
SuperMAC/AES50  
Telecommunications Industry Association  
Yamaha

# R-Z

## Weitere Infos im Netz



Die Komplettlösung

### Die Komplettlösung

Yamahas Commercial Audio-Produktpalette erleichtert die Planung und Umsetzung komplexer Audioanlagen für die Festinstallation und die Live-Beschallung. Wir bieten Digitalmischer und digitale Signalprozessoren, mehrkanalige Netzwerkestufen und eine Vielzahl fortschrittlicher Ausgabegeräte an.

### Yamaha System Solutions

Obwohl wir stolz sind auf die Ausstattung und Qualität unserer Produktpalette, wissen wir natürlich, dass heutzutage mehr verlangt wird als nur Geräte – beispielsweise Kabel, Netzwerktechnologie, Software für den Systementwurf und die Qualitätskontrolle. Dieses Dokument versteht sich als Denkanstoß für Audiosysteme, in die auch Komponenten anderer Hersteller eingebunden werden können.

### White Paper „Einführung in die Audiovernetzung“

Yamaha Commercial Audio, 2006 - Ron Bakker, Hiroshi Hamamatsu, Tim Harrison, Kei Nakayama, Taku Nishikori, Tree Tordoff

A-Net™ ist ein Warenzeichen der Aviom, Inc. CobraNet™ ist ein Warenzeichen der Peak Audio, Division of Cirrus Logic. EtherCon® und OpticalCon® sind Warenzeichen der Neutrik Vertrieb GmbH. EtherSound™ ist ein Warenzeichen der Digigram S.A. Fiberfox® ist ein Warenzeichen der Connex Elektrotechnische Stecksysteme GmbH. OPTOCORE® ist ein Warenzeichen der OPTOCORE GmbH.