

STUDIERN. WISSEN. MACHEN.



NETZWERKBASIERTE LICHTSTEUERUNG

Netzwerkbasierende Lichtsteuerung

› Inhalt

- › Überblick DMX
- › Überblick und Struktur Licht-Netzwerk
- › Netzwerk-Konfiguration
- › Überblick und Konfiguration Art-Net
- › Überblick Datenkommunikation



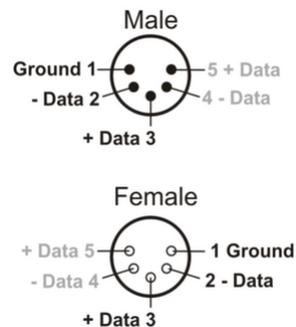
Überblick DMX

- › Als Lichtsteuerprotokoll ist DMX-512A immer noch weit verbreitet.
- › **DMX** steht für **Digital MultipleXed** und ist ein digitales serielles Steuersignal, das als Signalstandard von der *USITT (United States Institute for Theatre Technology)* im Jahr 1990 genormt und 2004 erweitert als DMX-512A bis heute in der Bühnen- und Showtechnik angewandt wird.
- › Von einer Lichtsteuerung als Sender werden Daten an unterschiedliche Endgeräte wie fixe oder motorische Scheinwerfern zu deren Steuerung gesendet.



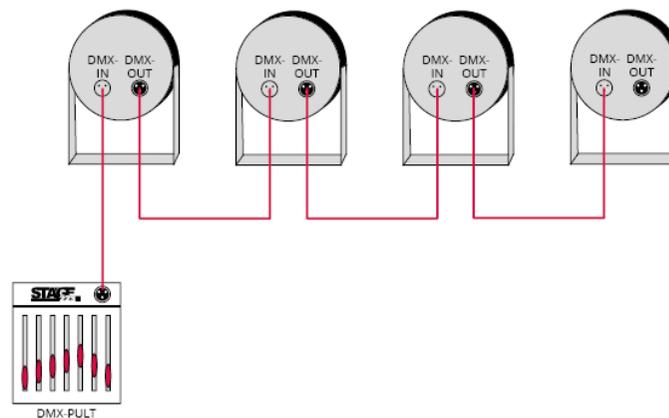
Überblick DMX

- › Begriff des **DMX-Universums**
- › Ein Universum kann max. **512 DMX-Kanäle** mit einer **8 bit-Auflösung** übertragen / z.B. 256 verschiedene Helligkeits-/Intensitätswerte bei Dimmern;
- › Zur Trennung der Kanäle werden zusätzlich Start- und Stopbits als Datenrahmen übertragen
- › Übertragungsgeschwindigkeit: **250 KBit/s**
- › Übertragung über zweipoliges, abgeschirmtes Kabel / **5polige XLR-Verbinder**
- › Belegung DMX-Stecker:



Überblick DMX

- › Es handelt sich um eine **symmetrische Busverbindung**. Dadurch kann das DMX-Signal von einem Gerät zum anderen durchgeschliffen werden („**daisy chain**“-Verkabelung):



Überblick DMX

- › Aktuelle Geräte der Bühnen- und Effektbeleuchtung benötigen zur Steuerung ihrer zahlreichen Parameter viele DMX-Kanäle.
- › Deshalb sind moderne Lichtsteuerungen mit mehreren DMX-Ausgängen ausgestattet:



- › Beim European Song Contest 2021 in Rotterdam waren 400 DMX-Universen mit knapp 88.559 steuerbaren Parametern im Einsatz!



Überblick DMX

- › Unter **Attributen** versteht man die speziellen Funktionen, die bei LED-Geräten angesteuert und verwaltet werden müssen. Beispiele für einzelne Attribute: Dimmer / Pan / Tilt / R / G / B / A / W / CCT / Gobo / Beam...
- › **Ein Attribut ist allerdings nicht identisch mit einem DMX-Kanal!** So werden bei den aktuellen LED-Scheinwerfern viele Attribute nicht mehr nur mit 8bit-Auflösung (DMX-Standard!) angesteuert sondern mit 16 oder 24bit. In diesem Fall benötigt also ein Attribut zur **korrekten Ansteuerung mit z.B. 16bit-Auflösung zwei oder drei DMX-Kanäle.**
- › Der Lichtpult-Hersteller MA Lighting spricht in diesem Zusammenhang von **Parametern**. Die grandMA3 light kann bis zu 8192 Parametern steuern. Jeder Parameter kann 3 DMX-Kanäle umfassen (also max. 24bit-Auflösung). Im Ganzen umfasst das dann maximal 48 Universen.



Überblick DMX

Attribut	DMX-Kanal	MA Parameter
Dimmer	1 (0...255)	1
Zoom	2 (0...65.536)	2
Zoom Fine (16bit)	3 (0...65.536)	2
Pan	4 (0...65.536)	3
Pan Fine (16bit)	5 (0...65.536)	3
Tilt	6 (0...65.536)	4
Tilt Fine (16bit)	7 (0...65.536)	4
CCT	8 (0...16.777.216)	5
CCT Fine (16bit)	9 (0...16.777.216)	5
CCT Ultra (24bit)	10 (0...16.777.216)	5



Überblick DMX

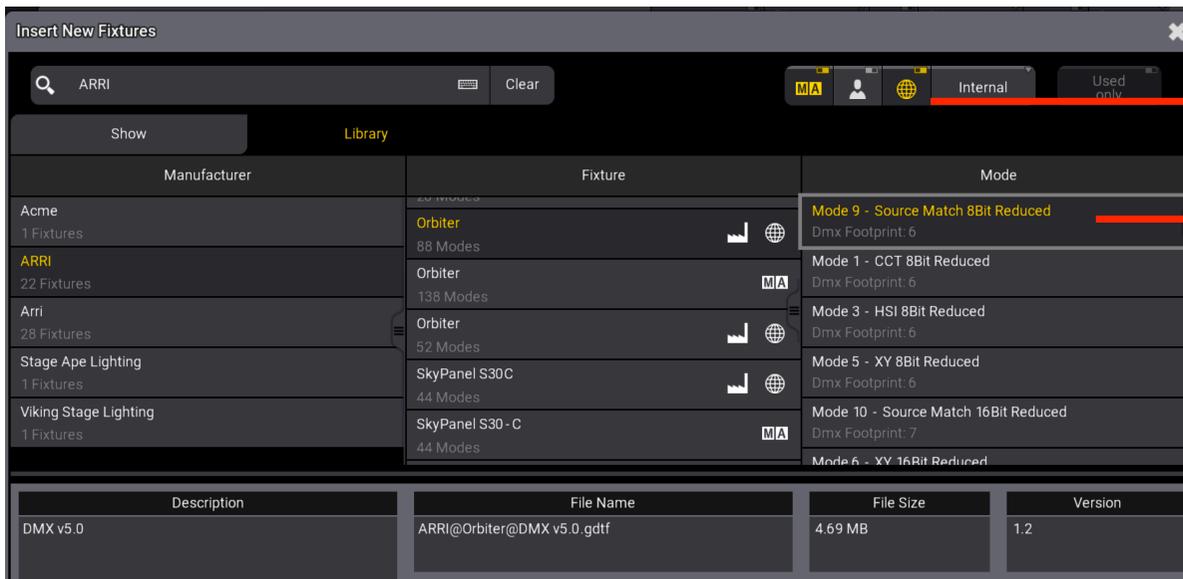
› Patch / Adress-Patch

- › Um überhaupt erst einmal alle im TV-Studio vorhandenen Scheinwerfer-Typen ansteuern zu können, wird dafür das Lichtsteuerpult in einem Setup eingerichtet.
- › Im Setup wird zunächst definiert, welche Scheinwerfer in welcher Anzahl vorhanden sind und welche DMX-Startadresse jedes einzelne Gerät erhält. Diese Zuordnung nennt man Patch bzw. Adress-Patch.
- › In einer in der grandMA3-Software hinterlegten Bibliothek kann mit einer Suchmaske (Name des Scheinwerfers, Hersteller) nach dem gewünschten Gerät gesucht werden. Ist das Lichtpult mit dem Internet verbunden, kann online in der stets **aktualisierten Bibliothek des World Servers von MA Lighting** gesucht werden.
- › Erkennbar ist, daß viele Typen von LED-Scheinwerfern in zahlreichen unterschiedlichen **DMX-Profilen** vorliegen. Man muss sich also zuvor überlegen, welche Parameter in welcher Auflösung gesteuert werden sollen.



Überblick DMX

› Patch-Dialog beim grandMA3-Lichtpult



Insert New Fixtures

ARRI Clear

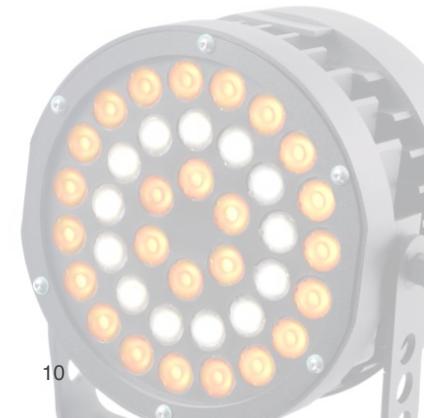
Show Library

Manufacturer	Fixture	Mode
Acme 1 Fixtures	Orbiter 88 Modes	Mode 9 - Source Match 8Bit Reduced Dmx Footprint: 6
ARRI 22 Fixtures	Orbiter 138 Modes	Mode 1 - CCT 8Bit Reduced Dmx Footprint: 6
Arri 28 Fixtures	Orbiter 52 Modes	Mode 3 - HSI 8Bit Reduced Dmx Footprint: 6
Stage Ape Lighting 1 Fixtures	SkyPanel S30C 44 Modes	Mode 5 - XY 8Bit Reduced Dmx Footprint: 6
Viking Stage Lighting 1 Fixtures	SkyPanel S30 - C 44 Modes	Mode 10 - Source Match 16Bit Reduced Dmx Footprint: 7
		Mode 6 - XY 16Bit Reduced

Description	File Name	File Size	Version
DMX v5.0	ARRI@Orbiter@DMX v5.0.gdtf	4.69 MB	1.2

MA World Server

DMX-Mode



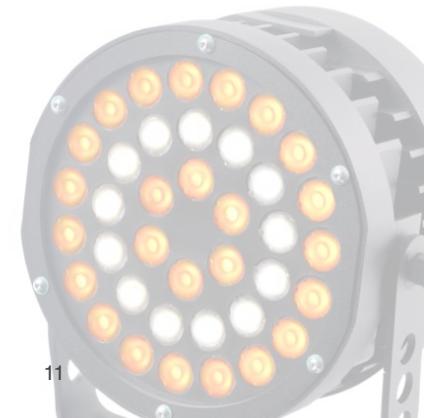
Überblick DMX

› DMX-Profile

- › Verschiedene DMX-Profile desselben Scheinwerfer-Typs unterscheiden sich in ihrem **DMX-Footprint**, der besagt, wieviele DMX-Kanäle für die Steuerung des Gerätes verwendet werden. Das einmal ausgewählte DMX-Profil ist in der Patch-Liste des Lichtpultes hinterlegt und muss natürlich auch an den Scheinwerfern ausgewählt sein!
- › Das DMG MaxiMix-Softlight benötigt z.B. zur korrekten Ansteuerung mit dem DMX-Profil 7 (Full 16 bit) 22 DMX-Kanäle (DMX-Footprint) - mit der DMX-Startadresse 23 umfasst dieser Scheinwerfer also bis Adresse 44 insgesamt 22 DMX-Kanäle.

Fixture	Mode
1 Modes	
Digital Beamlight 2	Mode 1 - White 8 bit Dmx Footprint: 3
2 Modes	
Digital Light Curtain 6 lamp	Mode 2 - Color 8 bit Dmx Footprint: 4
1 Modes	
Digital Light Curtain 8 lamp	Mode 17 - New Gel Mode Dmx Footprint: 7
1 Modes	
DMG Lumiere Dash	Mode 3 - Gel 8 bit Dmx Footprint: 7
7 Modes	
DMG Lumiere Maxi Mix	Mode 6 - Full 8 bit Dmx Footprint: 12
6 Modes	
DMG Lumiere Mini Mix	Mode 7 - Full 16 bit Dmx Footprint: 22
6 Modes	
DMG Lumiere Mix Controller	
14 Modes	
DMG Lumiere SL 1 Mix	
6 Modes	

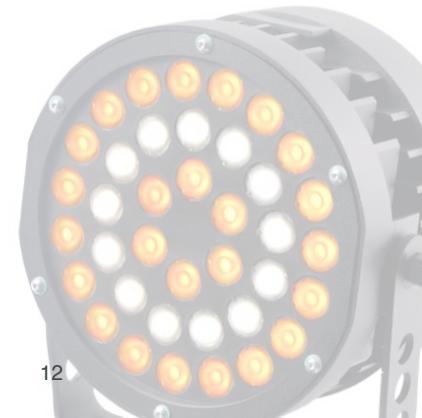
DATA IN	ADDRESS	PROFILE
LAN	23-44	7:Full 16b
INT:0.0%		
R:100%	G:100%	B:100%
W:100%	A:0%	L:0%
XLR	DMX OK	Univ: 1
DATA OUT	IP: 10.111.22.72	



Überblick DMX

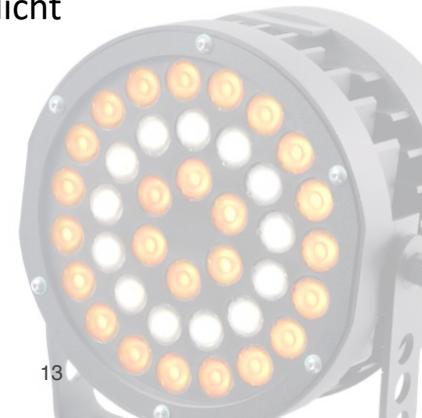
› Wireless DMX

- › Eine DMX-Steuerung kann auch drahtlos umgesetzt werden. Führende Anbieter sind z.B. *lumenradio* und *Wireless Solution*.
- › Technologie des adaptiven Frequenz-Hoppings: das drahtlose Netzwerk wechselt in einem Zeittakt von 10ms kontinuierlich den Übertragungskanal – dabei wird aus verfügbaren Kanälen eines bestimmten Frequenzbandes ausgewählt.
- › Zahlreiche Hersteller haben bereits WDMX in ihre Geräte implementiert (ARRI, Robe, Ayerton...)
- › In einer definierten Studioumgebung bedeutet dies einen geringeren Verkabelungsaufwand und einen sicheren Betrieb bei Sichtweite von Sendern und Empfängern!



Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

- › Nicht nur die wachsende Anzahl von Geräteparametern sondern auch die Einbindung von Medienservern, LED-Videowalls und weiteren Steuerrechnern hat den Übergang zu IP basierten Netzwerkprotokollen in der Lichtansteuerung beschleunigt. Obwohl DMX-512 als Datenübertragungsstandard noch weit verbreitet ist, kann es die großen Anforderungen moderner Lichtsysteme nicht mehr umfassend erfüllen.
- › Moderne Lichtansteuerungen bestehen aus in sich geschlossenen **Local Area Networks** basierend auf dem Ethernet Netzwerkstandard. Die Ethernet-Netzwerktechnik ermöglicht eine wesentliche Vereinfachung der Signalverteilung zwischen Lichtsteuerungen und anderen beleuchtungstechnischen Geräten, wie es heute bei großen Event-Produktionen Standard ist.
- › **Power over Ethernet** ist ein weiterer Ethernet-Standard. Diese Technologie ermöglicht eine integrierte Übertragung von Daten und Spannung innerhalb eines Netzwerkes und ermöglicht so, auch kleine Komponenten ohne externe Stromversorgung zu betreiben.



Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

- › Moderne LED-Scheinwerfer und Lichtsteuerungen verfügen heute geräteseitig neben herkömmlichen DMX Ein- und Ausgängen auch über Netzwerk-Schnittstellen:

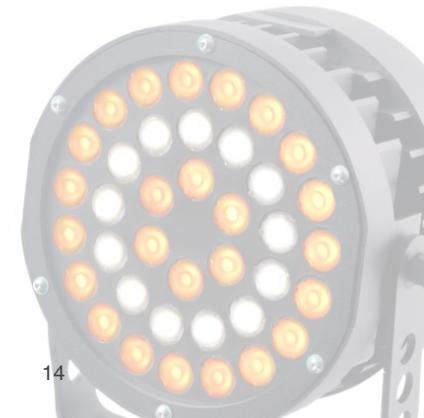


→ Ethercon-Buchsen

Ethercon-Stecker →

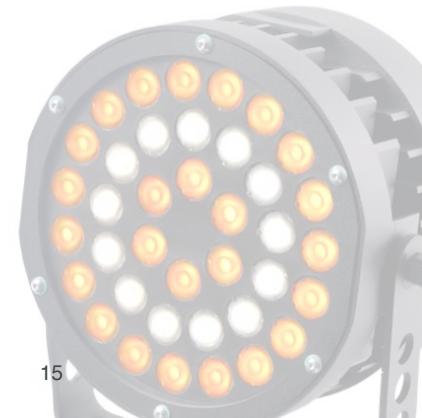


- › So lassen sich mit einem 100Base-T Ethernet-Netzwerk mit einer Datenübertragungsrate von z.B. 100MBit/s rechnerisch bis zu 400 DMX-Universen übertragen: $100.000.000 \text{ Bit/s} : 250.000 \text{ Bit/s (DMX)} = 400$
- › Real sind es etwa 200-300 Universen. Es lassen sich also auf diesem Weg bis zu 153.000 verschiedene Geräteparameter steuern.



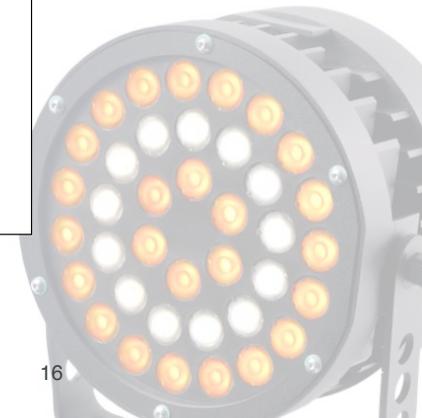
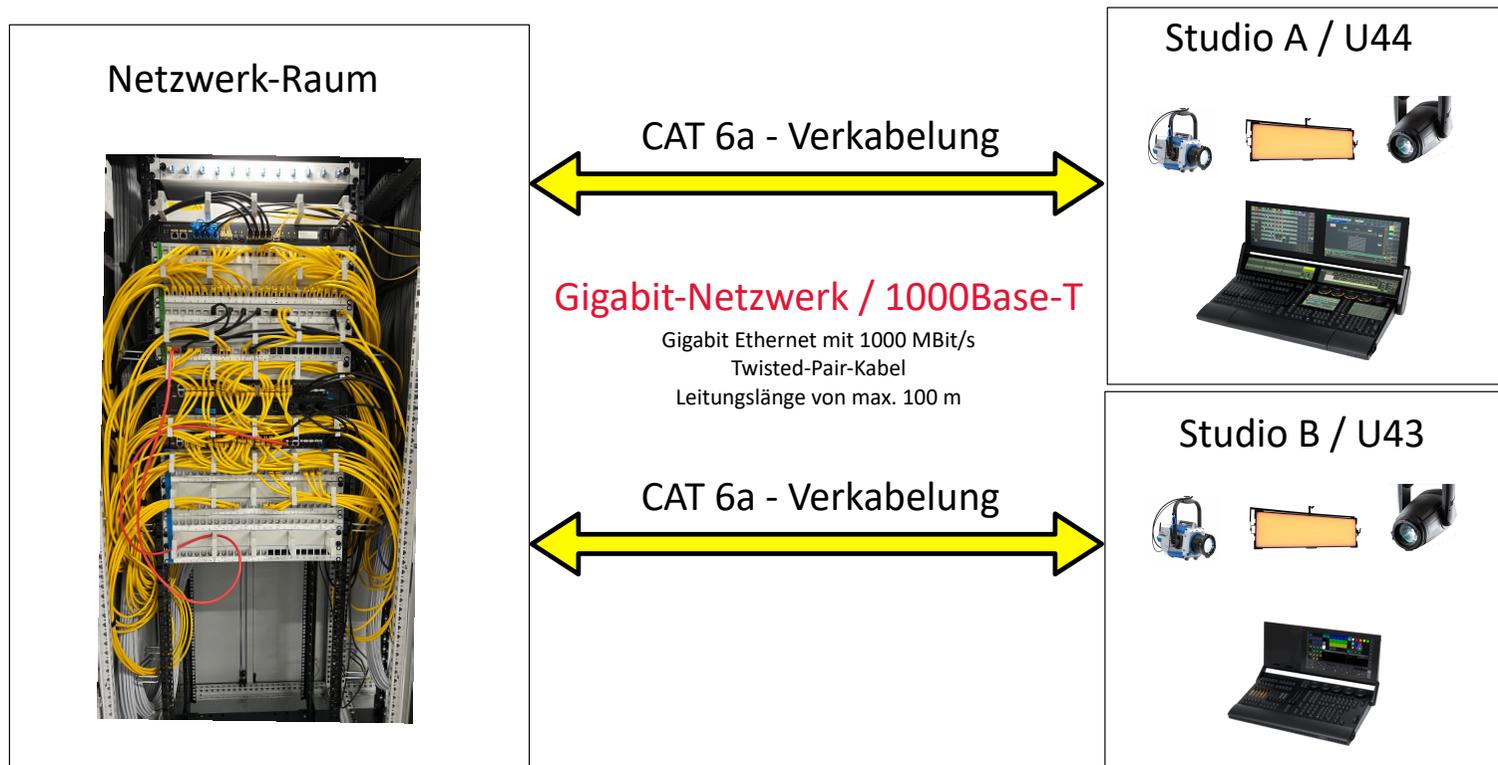
Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

- › Im Netzwerkraum für die beiden Produktionsstudios A und B kommen **10 Gigabit Switche (M4250-Serie) der Firma NETGEAR** zum Einsatz. Diese Switch-Serie wurde speziell für AV-over-IP entwickelt. Die Konfiguration wird vereinfacht durch vorgefertigte Einstellungsprofile für verschiedene AV-Anwendungen wie z.B. Art-net und sACN für spezifische Lichtsteuerung.
- › Ein Switch ist ein Kopplungselement, das mehrere Hosts / Geräte in einem Netzwerk miteinander verbindet. In einem Ethernet-Netzwerk, das auf der Stern-Topologie basiert, dient ein Switch als Verteiler für die Datenpakete.
- › An einem Switch können Dutzende von Geräten angeschlossen werden;
- › Switches schalten Direktverbindungen zwischen den Netzwerk-Geräten (Teilnehmern) und verhindern damit Kollisionen im Datenverkehr;
- › Mit Switches kann gesteuert werden, wer Zugriff auf verschiedene Teile des Netzwerkes hat.



Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

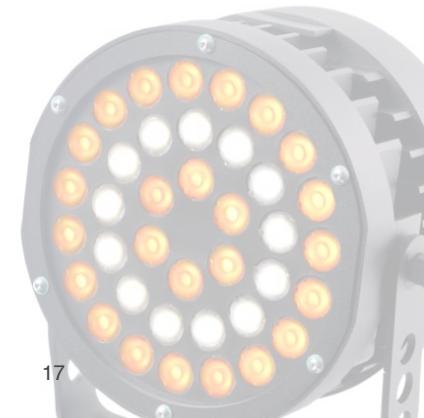
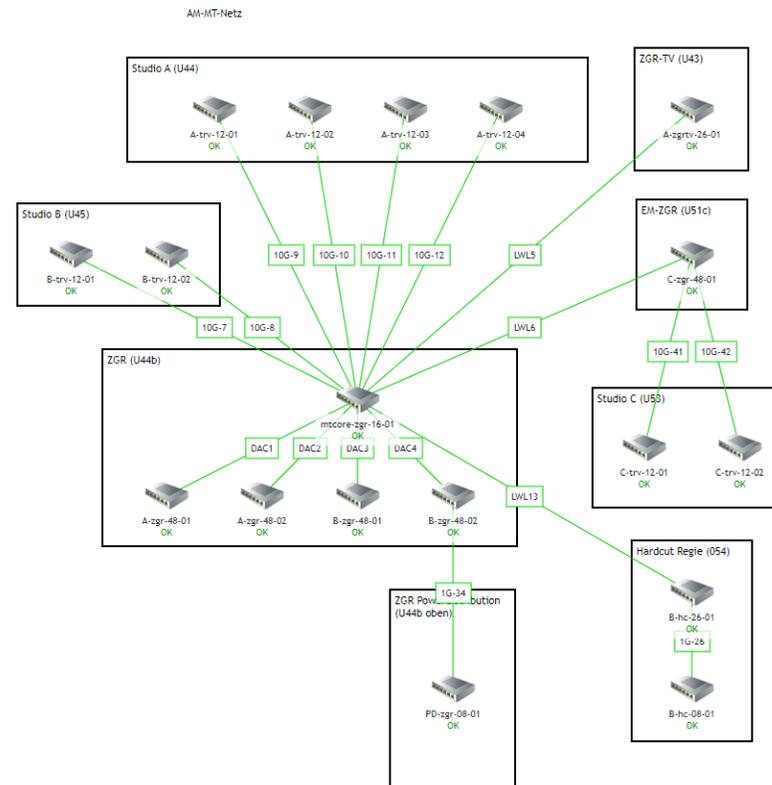
Netzwerkraum mit Switch-Technik



Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

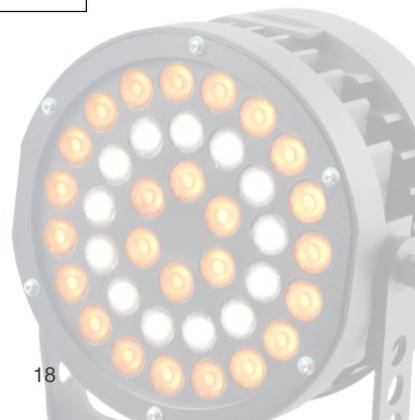
Topologie des Licht-Netzwerks

- Das Licht-Netzwerk entspricht in seiner Struktur einer Stern-Topologie. Im Netzwerkraum befindet sich als zentrale Komponente der CORE-Switch. Von dort aus gehen sternförmig alle physikalischen Verbindungen zu allen Switches und Netzwerkgeräten in den verschiedenen Studios. Jeder Studio-Switch und jeder Scheinwerfer sind über eine eigene Netzwerkleitung mit der zentralen Netzwerk-Komponente, dem CORE-Switch verbunden. Die Switches übernehmen die Funktion der Datenverteilung. Dazu werden die Datenpakete entgegen genommen und an das Ziel weitergeleitet. Netzwerkfähige Geräte können jederzeit hinzugefügt oder entfernt werden. Dies hat keinen Einfluss auf den Betrieb des Netzwerks.



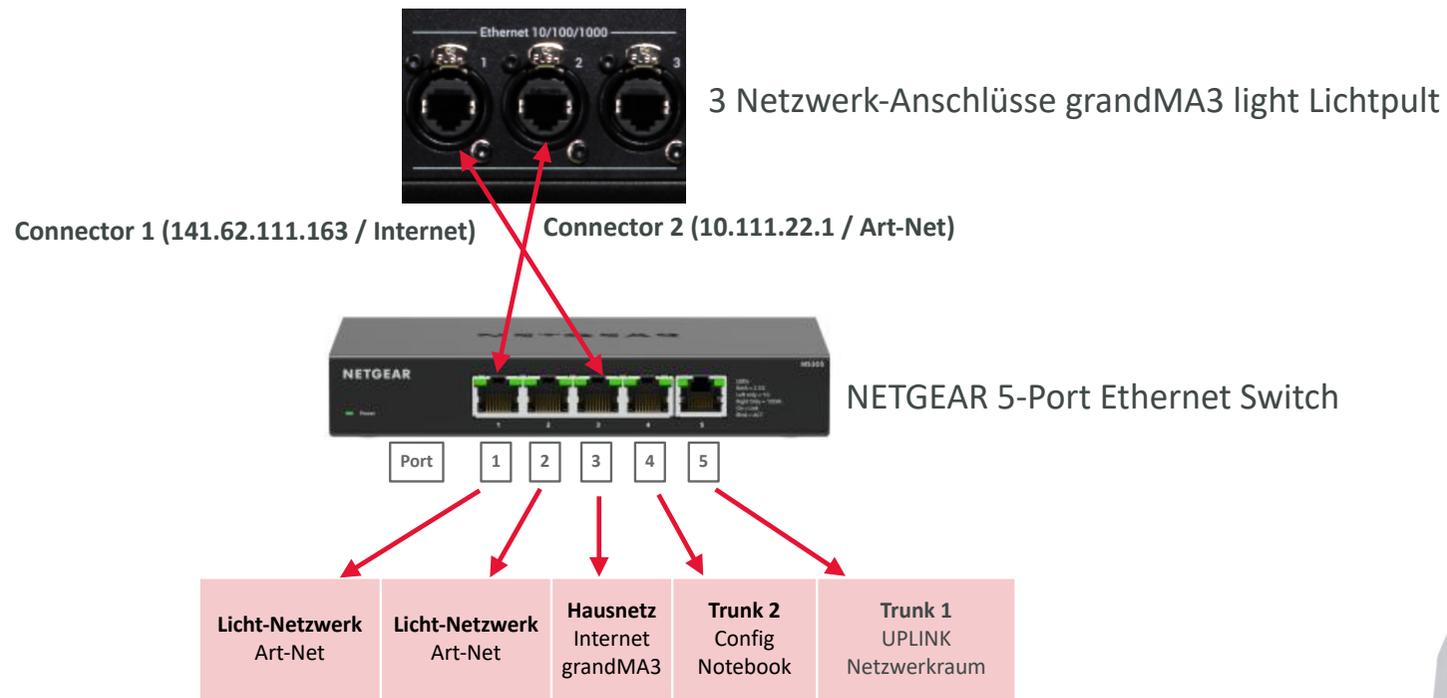
Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

Licht-Netzwerk

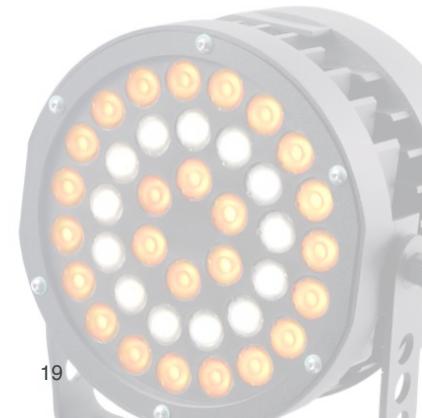


Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

› Netzwerktechnische Infrastruktur am Controller/Lichtpult:



Trunk Ports sind Ports, welche mit anderen Netzwerkgeräten, z.B.Switches im Netzwerkraum verbunden werden können!



Überblick und Struktur Licht-Netzwerk

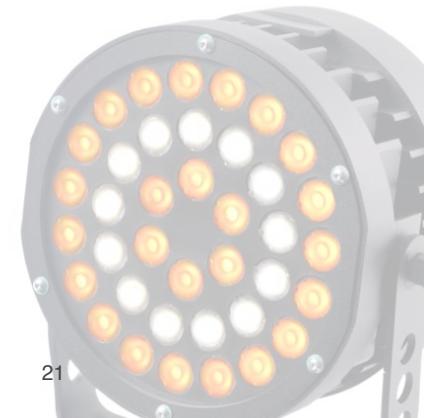
- › **VLANs (Virtual Local Area Network)** sind virtuelle lokale Netze, die standardisiert sind und auf der Schicht 2 des OSI-Schichtenmodells arbeiten.
- › Eine Trennung der Datenströme auf Schicht 2 durch virtuelle LANs sorgt dafür, dass sich Geräte unterschiedlicher Subnetze (auf IP-Ebene) nicht sehen können. Denn VLAN-fähige Switches schalten den Datenverkehr nur zwischen Ports, die zum selben VLAN gehören.
- › Beide Lichtpulte im Film- und Fernsehstudio greifen auf die dieselbe Netzwerk-Infrastruktur zu. Um paralleles Arbeiten zu erlauben – wie z. B. der Programmierung einer Lichtshow im TV-Studio und gleichzeitige Produktion im Filmstudio kann durch VLANs bereits auf der LAN-Seite eine Trennung geschaffen werden, die jegliche gegenseitige Beeinflussung oder Störung im Lichtnetzwerk ausschaltet, und somit völligen Handlungsspielraum jeder Seite zulässt.
- › Diese Technologie ermöglicht die Übertragung verschiedener Daten aus Licht-, Video- und Audiotechnik über ein und dieselbe Übertragungsstrecke.



Netzwerk-Konfiguration

- › Um im Studiobereich ein Lichtnetzwerk aufzubauen, benötigt man neben der geräte- und netzwerktechnischen Infrastruktur eine Definition und Struktur für dieses Netzwerk.
- › Jedes in einem solchen Lichtnetzwerk integrierte Gerät benötigt eine **IP4-Adresse**, damit eine Kommunikation zwischen diesen Geräten überhaupt stattfinden kann.
- › Um ein autarkes AV-Studio-Lichtnetzwerk bilden zu können, werden dafür sog. **private IPv4-Adressen** genutzt. Dieser Adressraum ist für die Nutzung in privaten Netzwerken reserviert und ist im **Internet nicht routbar** und damit von dort aus auch nicht sichtbar.
- › Es handelt sich hierbei um folgende Adressbereiche:

	Klasse A	Klasse B	Klasse C
Subnetzmaske	255.0.0.0	255.255.0.0	255.255.255.0
IP-Adressraum	10.0.0.0 - 10.255.255.255	172.16.0.0 - 172.31.255.255	192.168.0.0 - 192.168.255.255

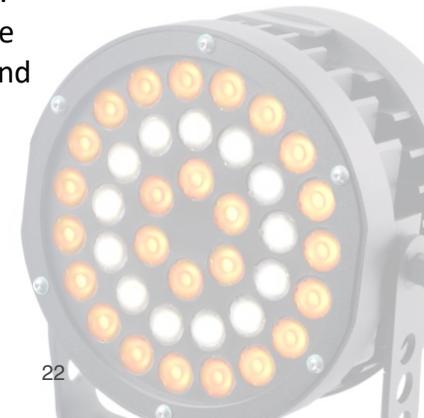


Netzwerk-Konfiguration

- › Damit eine **IPv4-Adresse** von Hardware und Software einfach verarbeitet werden kann, liegt sie in einem Bitcode bzw. einer Bitfolge aus Einsen (1) und Nullen (0) vor. Die Bitfolge hat 32 Stellen bzw. ist 4 Byte (32 Bit) groß.

Schreibweise	Beispiel: IP-Adresse							
Binär	1000	1101	0011	1110	0110	1111	0001	1111
Umrechnung	↓ 128 64 32 16	↓ ↓ ↓ ↓ 8 4 2 1	↓ ↓ ↓ ↓ 128 64 32 16	↓ ↓ ↓ ↓ 8 4 2 1	↓ ↓ ↓ ↓ 128 64 32 16	↓ ↓ ↓ ↓ 8 4 2 1	↓ ↓ ↓ ↓ 128 64 32 16	↓ ↓ ↓ ↓ 8 4 2 1
Dezimal	141.		62.		111.		31	

- › Der vordere Teil ist die **Adresse für das Netzwerk**, indem sich der Host / das Gerät befindet. Der hintere Teil ist die **Adresse für den Host / das Gerät**. Wo sich die IPv4-Adresse teilt, wird von der **Subnetzmaske bzw. Subnetmask (engl.)** bestimmt.
- › Die **Subnetzmaske** besteht ebenso wie die IPv4-Adresse aus 32 Bit. Die Darstellung der Subnetzmaske entspricht jedoch einer geschlossenen Kette beginnend mit Einsen und abschließenden Nullen. Ein Beispiel: 11111111 11111111 11111111 00000000. Das entspricht in der Dezimaldarstellung 255.255.255.0. Wird die Subnetzmaske mittels logischem AND mit der IP-Adresse verknüpft, ergibt sich die Teilung in Netzadresse und Hostadresse an der Stelle, wo sich der Wechsel von "1" auf "0" befindet.



Netzwerk-Konfiguration

- › Für die Struktur des Studio-Lichtnetzwerks wird folgender Adressraum verwendet:

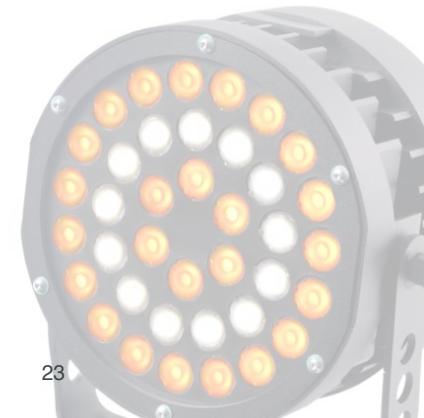
IP-Adressen:	10.111.22.1 - 10.111.23.254
Subnetzmaske:	255.255.254.0

- › 1111 1111 1111 1111 1111 1110 0000 0000 | 255.255.254.0 | Subnetzmaske
 - › 0000 1010 0110 1111 0001 0110 0000 0001 | 10.111.22.1 | IP-Adresse
- Netzwerkanteil | Hostanteil

Maximale Anzahl Netzwerke: $2^{23} = 8.388.608$

Maximale Anzahl Hosts / Geräte: $2^9 = 512 - 2 = 510$

(abzgl. der Netz- und Broadcast-Adresse, die nicht als Geräte-IP vergeben werden darf!)

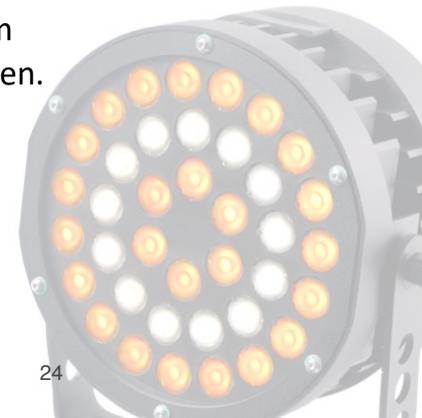


Netzwerk-Konfiguration

- › Um ein Netzwerk per TCP/IP aufzubauen ist es notwendig an jedem Host/Gerät eine IP-Konfiguration vorzunehmen. Für ein TCP/IP-Netzwerk müssen folgende Einstellungen an jedem Gerät vorgenommen werden:
 - › Vergabe einer eindeutigen IP4-Adresse
 - › Zuweisen einer Subnetzmaske (Subnet-Mask)
 - › *Zuweisen des zuständigen Default- bzw. Standard-Gateways - wird nur über die Grenzen des Subnetzes benötigt - in unserem Fall also nicht!*
- › Diese Konfiguration kann automatisiert mit DHCP oder manuell erfolgen.

Erläuterung: *DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol*

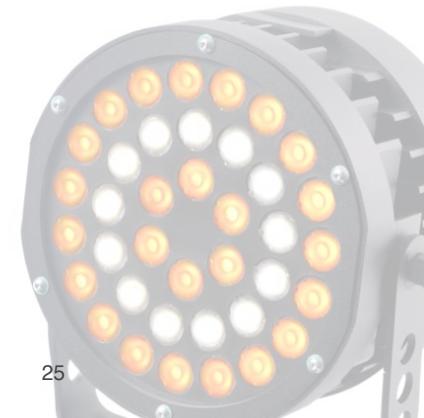
- › DHCP ist ein Protokoll, um IP-Adressen in einem TCP/IP-Netzwerk zu verwalten und an die anfragenden Hosts / Geräte zu verteilen. Mit DHCP wird jedem Netzwerk-Teilnehmer automatisch eine IP-Adresse zugewiesen. Mit DHCP kann jedes im Netzwerk beteiligte Gerät die IP-Adresskonfiguration von einem DHCP-Server anfordern. So müssen IP-Adressen nicht mehr manuell verwaltet und zugewiesen werden.



Netzwerk-Konfiguration

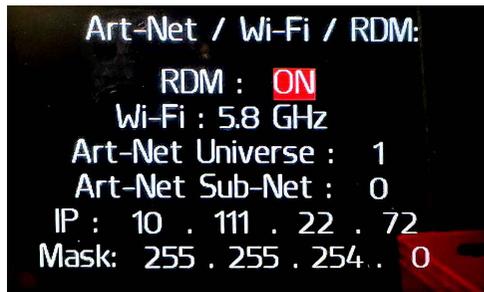
- › Im Studio-Lichtnetzwerk wurde jedem beteiligten Gerät (Lichtsteuerungen, Scheinwerfer, Switches) manuell eine eigene IP4-Adresse entsprechend der definierten Festlegung vergeben:
- › Subnetzmaske: 255.255.254.0
- › IP4-Adressen: 10.111.22.1 - 10.111.22.170

Gerätetyp / Host	IP-Adresse
Lichtsteuerung grandMA3 light / U44	10.111.22.1
Lichtsteuerung grandMA3 Compact / U45	10.111.22.2
ARRI Orbiter	10.111.22.11 bis 10.111.22.56
Rosco Softlight	10.111.22.71 bis 10.111.22.92
Robe Profile T1 / Moving Light	10.111.22.111 bis 10.111.22.118
Robe Tetra2 / Moving Bars	10.111.22.131 bis 10.111.22.136



Netzwerk-Konfiguration

- › Netzwerk-Konfiguration eines Rosco MaxiMix LED-Softlights:



- › Art-Net Universum: 1
- › IP4-Adresse: 10.111.22.72
- › Subnetzmaske: 255.255.254.0
- › DMX-Profil 7: Full 16Bit / 22 DMX-Kanäle
- › DMX-Adressraum: 23-44

- › Fixture-Liste im Lichtpult:

1	Fixture	None	MaxiMix	10 DMG MAXI I 7-Full 16b	1.001
2	Fixture	None	MaxiMix	10 DMG MAXI I 7-Full 16b	1.023
3	Fixture	None	MaxiMix	10 DMG MAXI I 7-Full 16b	1.045

Beim Patchen der verschiedenen Geräte im Lichtpult werden pultintern lokale DMX-Universen vergeben. Alle Scheinwerfer lassen sich so übersichtlich auf mehrere DMX-Universen verteilen.

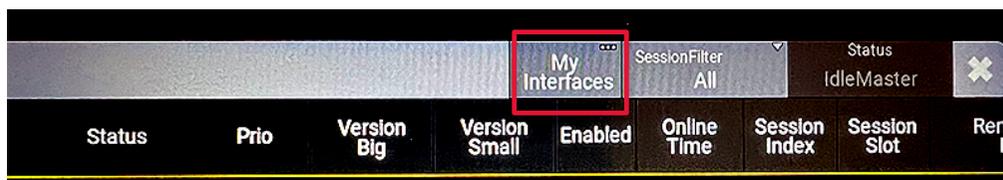


Netzwerk-Konfiguration

- › Konfiguration der Netzwerk-Schnittstellen am Lichtpult:
- › Über den Menü-Button am Lichtpult gelangt man zur Auswahl **Network**:



- › In der Kopfzeile befindet sich der Button „My Interfaces“:

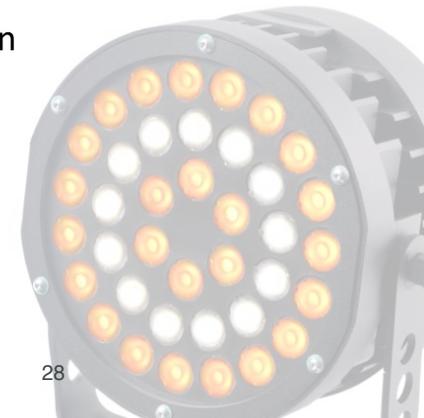


Netzwerk-Konfiguration

- › Konfiguration der Netzwerk-Schnittstellen am Lichtpult:
- › Mit Klick auf diesen Button zeigt sich eine Liste mit allen Netzwerk-Schnittstellen des Lichtpultes:

Lock	No	Name	Link	DHCP	Slow	IP	Mask	Gateway	MAC
S	1 (1)	Con1	Yes	No	No	141.62.111.163	255.255.254.0	141.62.111.254	E4:4F:29:01:42:02
S	2 (1)	Con2	Yes	No	No	10.111.22.1	255.255.254.0		E4:4F:29:01:42:01
S	3 (1)	Con3	No	Yes	No	No Cable	255.0.0.0		E4:4F:29:01:42:00
S	4 (1)	loopback	Yes	No	No	127.0.0.1	255.0.0.0		

- › In der Spalte „Name“ sieht man die Bezeichnungen der Netzwerkschnittstellen:
Ethernet Connector 1 / Ethernet Connector 2 / Ethernet Connector 3
- › In der Spalte „Link“ lässt sich sofort erkennen, daß Con1 und Con2 bereits verkabelt sind (Yes), Con3 hat keinerlei physikalische Verbindung (No).
- › In der Spalte „DHCP“ ist für Con1 und Con2 **No** eingetragen. Das bedeutet, daß die IP-Adressen nicht dynamisch über einen DHCP-Server vergeben werden, sondern manuell statische IP-Adressen für die Netzwerk-Konfiguration verwendet werden.



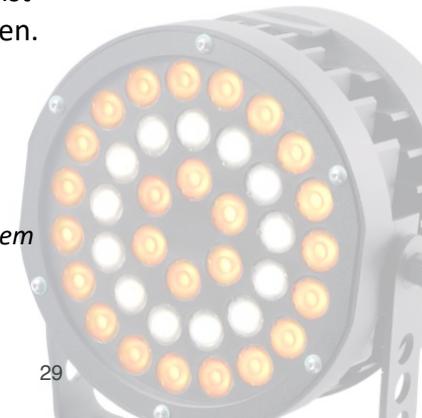
Netzwerk-Konfiguration

- › Konfiguration der Netzwerk-Schnittstellen am Lichtpult:
- › In den Spalten „IP“, „Subnet-Mask“ und „Gateway“ können nun manuell die IP-Adressen gemäß der definierten Netzwerk-Struktur eingetragen werden:

Lock	No	Name	Link	DHCP	Slow	IP	Mask	Gateway	MAC
S	1 (1)	Con1	Yes	No	No	141.62.111.163	255.255.254.0	141.62.111.254	E4:4F:29:01:42:02
S	2 (1)	Con2	Yes	No	No	10.111.22.1	255.255.254.0		E4:4F:29:01:42:01
S	3 (1)	Con3	No	Yes	No	No Cable	255.0.0.0		E4:4F:29:01:42:00
S	4 (1)	loopback	Yes	No	No	127.0.0.1	255.0.0.0		

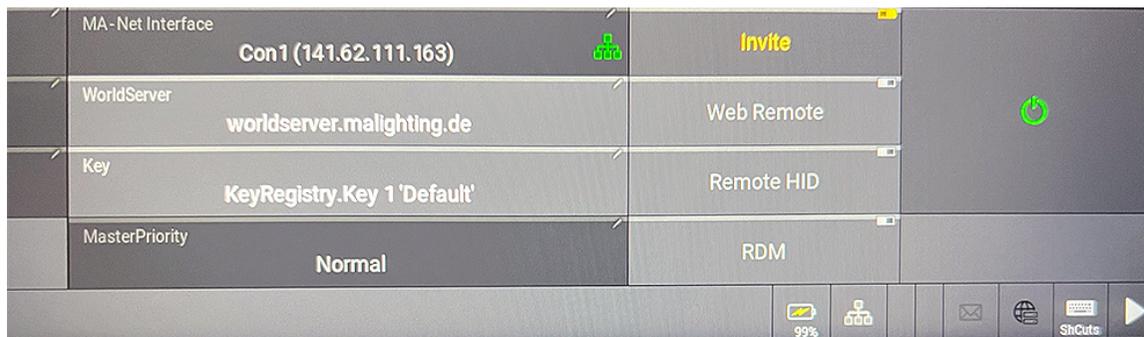
Netzwerk-Schnittstelle	IP-Adresse	Subnet-Mask	Gateway	MAC-Adresse
Con1	141.62.111.163	255.255.254.0	141.62.111.254	E4:4F:29:01:42:02
Con2	10.111.22.1	255.255.254.0		E4:4F:29:01:42:01
Con3				E4:4F:29:01:42:00

- › Con1 ist mit dem Internet verbunden. Dafür wird die IP-Adresse des entsprechenden Gateways benötigt. Con2 ist mit dem autarken Licht-Netzwerk (10er Netz) verbunden - so können DMX-Daten via Art-Net ausgegeben werden. Con3 ist nicht verbunden und wird nicht konfiguriert. Hinter jeder Netzwerk-Schnittstelle befindet sich eine Netzwerkkarte mit einer eindeutigen physischen Netzwerkadresse oder **MAC-Adresse (Media Access Control)**.
- › *Jeder Host in einem Ethernet-basierten Netzwerk hat eine eigene 48-Bit lange Adresse. Sie wird einmalig hardwareseitig vom Hersteller konfiguriert und lässt sich im Regelfall nicht verändern. Diese Adresse identifiziert den Host weltweit eindeutig. In jedem Ethernet-Frame (Datenpaket) befinden sich die MAC-Adressen von Sender (Quelle) und Empfänger (Ziel).*

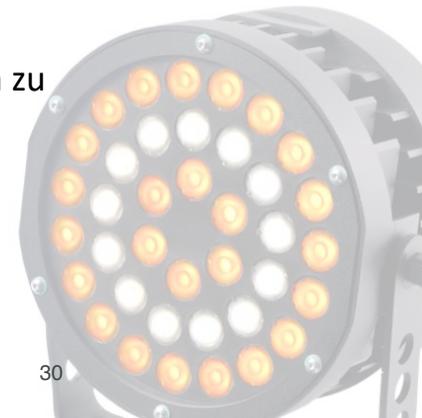


Netzwerk-Konfiguration

- › Verbindung des Lichtpults mit dem Internet:
- › Ist das Lichtpult mit dem Internet verbunden, kann beim Patchen von Scheinwerfern online mit einer Suchmaske (Name des Scheinwerfers, Hersteller) nach dem gewünschten Gerät in der stets aktualisierten Bibliothek des World Servers von MA Lighting gesucht werden. Dazu muss im Network-Menü unter WorldServer worldserver.malighting.de ausgewählt sein.

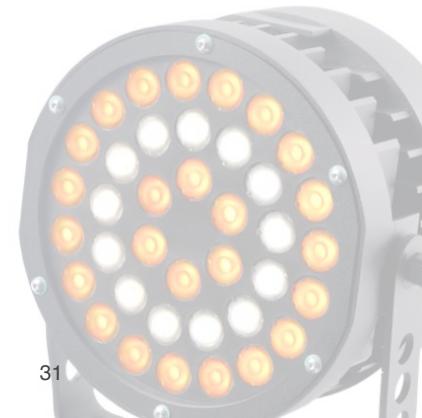


- › Im Menü „*MA-Net Interface*“ muss das Netzwerk-Interface Con1 ausgewählt werden und der Button „*Invite*“ aktiv sein, um die lokale Station (Lichtpult) zu einer Netzwerk-Session einladen zu können. Dann mit dem „*Start-Button*“ die Netzwerk-Session, d.h. Verbindung zum Internet starten! Ist die Verbindung vorhanden, wechselt der Button auf Grün!



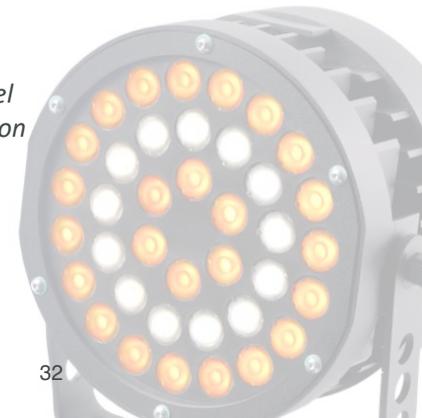
Überblick und Konfiguration Art-Net

- › In der Veranstaltungstechnik und im Studiobereich sind für eine netzwerkbasierte Ansteuerung von lichttechnischen Geräten folgende Lichtsteuer-Protokolle weit verbreitet:
 - › **ArtNet (Artistic Licence)**
 - › sACN (streaming Architecture for Control Networks)
 - › MA-Net (MA Lighting)



Überblick und Konfiguration Art-Net

- › **Art-Net** beschreibt die Übertragung von DMX-Steuersignalen via IP-basiertem Netzwerkprotokoll. Die Datenübermittlung erfolgt mittels **UDP/IP-Protokoll**.
- › Das **User Datagram Protocol** arbeitet wie das **Transmission Control Protocol** auf der Schicht 4, der Transportschicht des OSI-Schichtenmodells. Allerdings arbeitet UDP verbindungslos und damit nicht zuverlässig.
- › So besitzt UDP keinerlei Methoden, die sicherstellen, dass ein Datenpaket beim Empfänger ankommt. Ebenso entfällt die Nummerierung der Datenpakete. UDP ist nicht in der Lage die Datenpakete in der richtigen Reihenfolge zusammenzusetzen. Statt dessen werden die UDP-Pakete direkt an die Anwendung weitergeleitet. Für eine zuverlässige Datenübertragung ist deshalb die Anwendung zuständig.
- › UDP eignet sich für Anwendungen, die fehlertolerant sind und Daten mit niedriger **Latenz** senden und empfangen möchten, wie das zum Beispiel bei großen und komplexen Lichtshows der Fall ist.
- › **Latenz (engl.: Latency)** bezeichnet im IT-Umfeld die Zeit, die eine Information oder ein Datenpaket von ihrer Quelle bis zum Ziel benötigt. Sie setzt sich aus verschiedenen Verzögerungszeiten zusammen, die beispielsweise durch die Zwischenspeicherung von Daten, die Prüfung von Datenpaketen oder die Laufzeit der Signale entstehen.

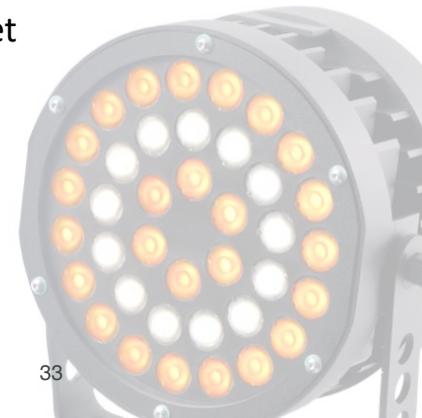


Überblick und Konfiguration Art-Net

- › Konfiguration Art-Net:
- › Über den Menü-Button am Lichtpult gelangt man zur Auswahl **DMX Protocols**:



- › Hier wird festgelegt, mit welchem Protokoll die DMX-Daten im Lichtnetzwerk verteilt werden. Ganz links kann das gewünschte Protokoll (in unserem Fall **Art-Net!**) ausgewählt werden. Wichtig ist natürlich die Auswahl der richtigen Netzwerk-Schnittstelle (in unserem Fall **Con2!**). Mit dem Button „**Enable Output**“ wird ermöglicht, daß Art-Net Daten vom Lichtpult überhaupt gesendet werden können.
- › Das Lichtpult im Fernsehstudio ist das einzige Pult (IdleMaster!), daß DMX-Daten via Art-Net sendet - deshalb muss der Button „**Send Art-Net If IdleMaster**“ eingeschaltet sein!

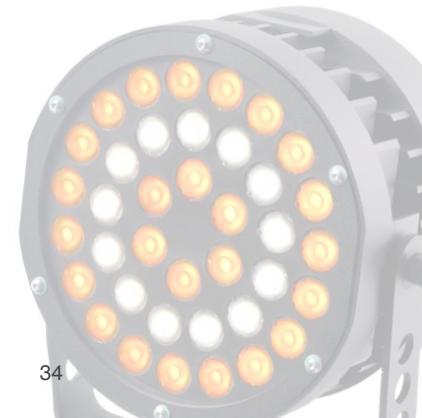


Überblick und Konfiguration Art-Net

- › Konfiguration Art-Net:
- › In der nächst folgenden Zeile können für Art-Net wichtige Einstellungen gemacht werden. Hier die Hauptaspekte in der Konfiguration für das Lichtnetzwerk:

Lock	No	Name	Note	Enabled	Mode	Destination IP	Subscribed Nodes	Local Universe	Amount	Net	Art-Net Sub-Net	Universe	Art-Net Absolute	Packet Delay	Merge Mode
	1	Art-Net-Data LiveTV New Art-Net-Data		Yes	Broadcast			1	11	0	0	1	1	0.10	

- › Unter **Name** kann dem Eintrag Art-Net Data noch zusätzliche Informationen beigefügt werden. Wenn Art-Net Daten gesendet werden, dann erscheint der Eintrag **grün blinkend!**
- › Die Spalte **Enabled** muss mit **Yes** aktiviert sein, damit Art-Net Daten korrekt gesendet werden können.
- › In der Spalte **Mode** wird **Broadcast** ausgewählt. Das bedeutet, daß DMX-Daten via Art-Net an alle im Lichtnetzwerk angeschlossenen Geräte gesendet werden.

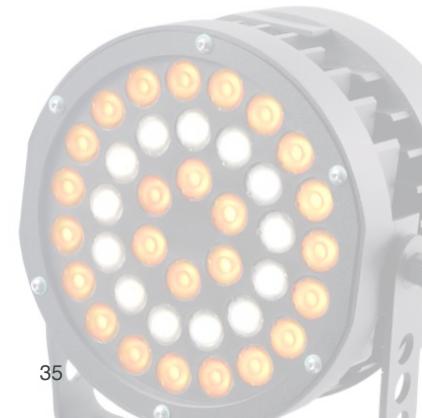


Überblick und Konfiguration Art-Net

- › Konfiguration Art-Net:
- › Weitere Einstellungen für Art-Net:

Lock	No	Name	Note	Enabled	Mode	Destination IP	Subscribed Nodes	Local Universe	Amount	Net	Art-Net Sub-Net	Universe	Art-Net Absolute	Packet Delay	Merge Mode
	1	Art-Net-Data LiveTV New Art-Net-Data		Yes	Broadcast			1	11	0	0	1	1	0.10	

- › In der Spalte *Local Universe* wird das erste DMX-Universum angegeben, in dem die ersten Fixtures / Geräte gepacht sind - in diesem Fall Universum 1!
- › In der Spalte *Amount* wird die Anzahl der Universen, die dem Local Universum 1 folgen, definiert. In unserem Fall sind es 11 Universen - Geräte können somit von Universum 1 bis Universum 12 gepacht werden.
- › In der Spalte *Art-Net Absolute* wird jeweils 1 eingetragen, damit die Zählweise von DMX- und Art-Net-Universen identisch ist!
- › Zur genauen Erläuterung der Historie und Zählweise bei Art-Net siehe:
<https://vfx-web.hdm-stuttgart.de/dokuwiki/doku.php?id=dreh:licht:lichtsteuerung:grundlagenartnet>

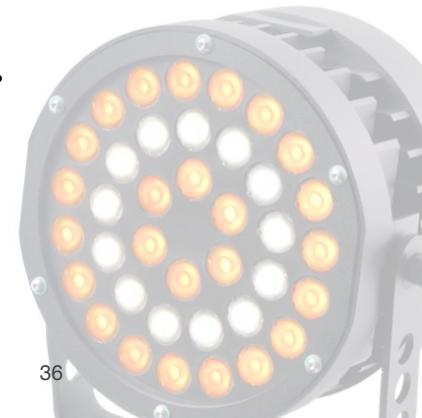


Überblick Datenkommunikation

- › Moderne Lichtsteuerungen bestehen aus in sich geschlossenen Local Area Networks basierend auf dem Ethernet Netzwerkstandard.
- › Bei Ethernet spricht man von einer paketvermittelnden Netzwerktechnik, deren Standards auf den Schichten 1 und 2 des OSI-Schichtenmodells die Adressierung und die Zugriffskontrolle auf unterschiedliche Übertragungsmedien definieren. Die Nutzdaten (DMX-Werte) kommen bereits in Datenpaketen von den darüber liegenden Protokollen (Art-Net via UDP). Diese Datenpakete werden mit einem Header versehen und anschließend im Ethernet-Netzwerk übertragen.

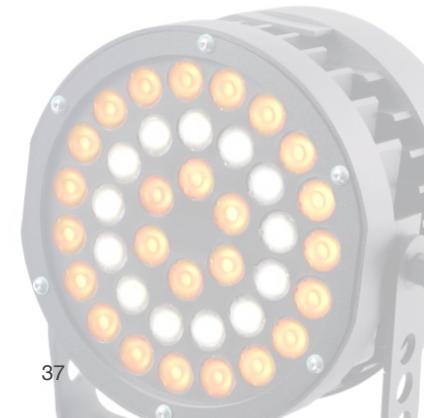
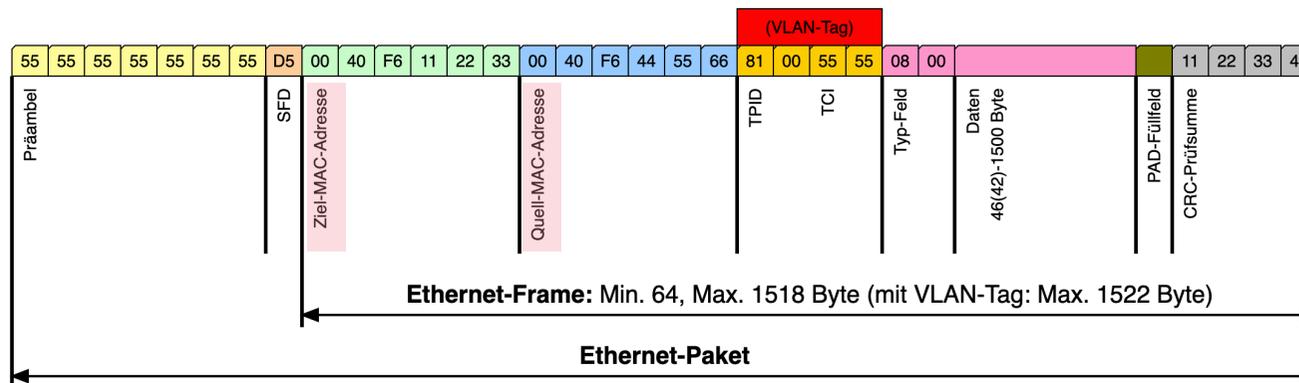
2		802.2 Logical Link Control (LLC)			
	802.1 Internet-Working	802.1 Media Access Control (MAC)			
1		802.3 Ethernet	802.4 Token-Bus	802.5 Token-Ring	802.11 Wireless LAN

- › *OSI: Open Systems Interconnection* - es handelt sich dabei um ein theoretisches Referenzmodell, welches die Kommunikation und den Datenaustausch in Netzwerken beschreibt.



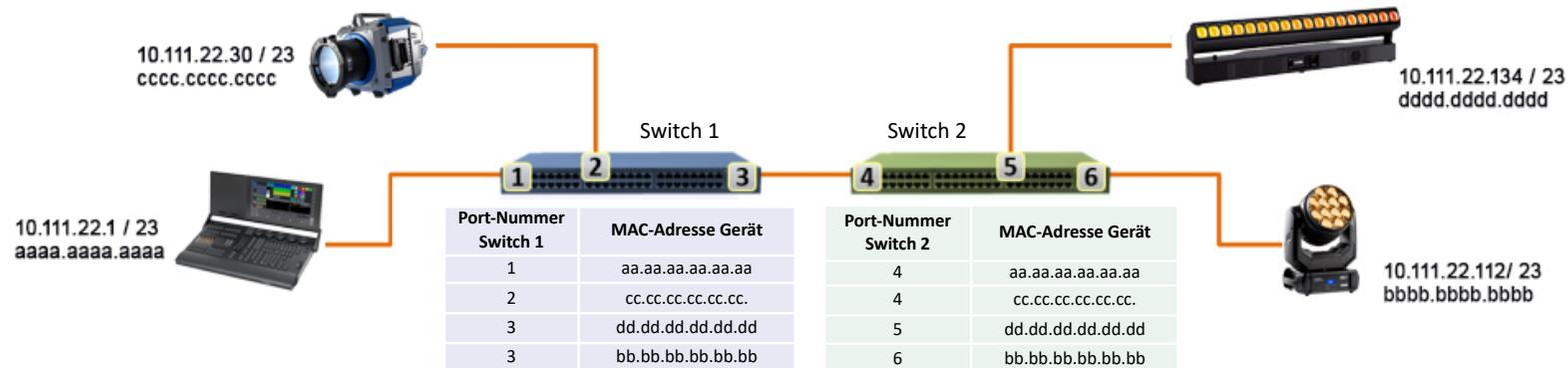
Überblick Datenkommunikation

- › Die Netztechnologie Ethernet verpackt IP-Pakete in bis zu maximal ca. 1522 Byte lange Ethernet-Rahmen (**Ethernet-Frame**) und adressiert die Empfänger mit Hilfe von hardware-spezifischen MAC-Adressen. Das Konzept der virtuellen LANs (VLAN) ermöglicht es zudem, den Datenverkehr auf Layer 2 zu segmentieren.



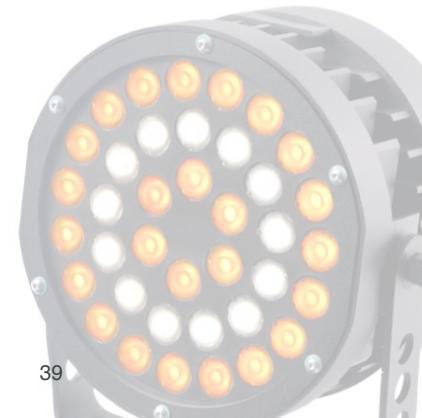
Überblick Datenkommunikation

- › Die primäre Funktion eines Layer 2 Switches ist es, den Netzwerkverkehr von Geräten innerhalb eines LANs zu regeln. Ein Layer 2 Switch entscheidet mittels der **MAC Adresse**, über welchen Pfad die Datenpakete zu übermitteln sind.
- › Empfängt der Switch ein Ethernet-Frame nach dem Einschalten, speichert er die MAC-Adresse des Senders (Quell-Adresse) in der sog. **Source Address Table (SAT)**. Wenn wiederum ein Empfänger Daten zurücksendet, kann die zugehörige MAC-Adresse dieses Empfängers ebenfalls in der SAT gespeichert werden. So „lernt“ ein Switch die MAC-Adressen aller an den zugehörigen Ethernet-Interfaces (Ports) angeschlossenen Netzwerk-Geräten. Im Datenverkehr werden die Ethernet-Frames dann an die jeweiligen Ports weitergeleitet.

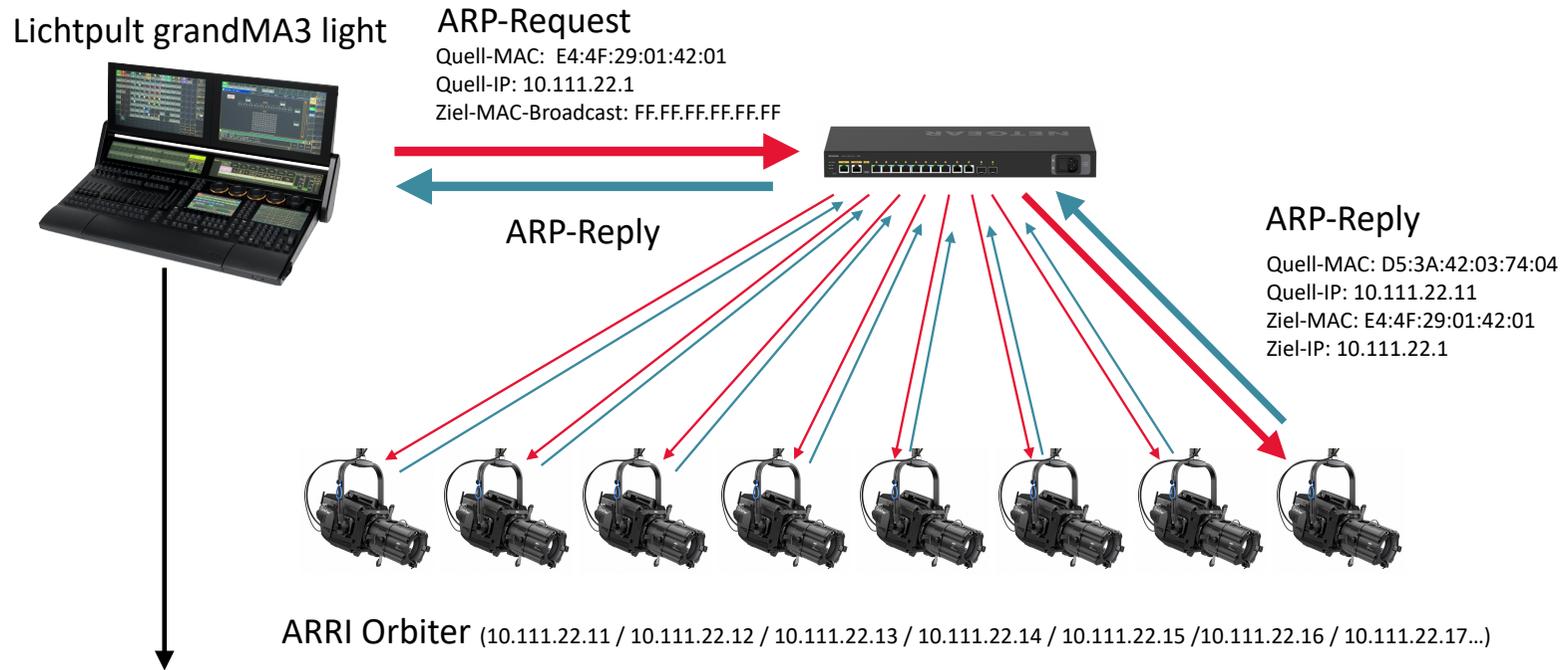


Überblick Datenkommunikation

- › IP-Adressen und ARP
- › Layer 2 Switching ermöglicht die Kommunikation über fest hinterlegte Hardware- / MAC-Adressen. Die Nutzung von IP-Adressen wird durch das **Address Resolution Protocol (ARP)** ermöglicht, welches eine Zuordnung zwischen der MAC-Adresse und IP-Adresse herstellt. Die Zuordnung der IP-Adresse zur MAC-Adresse wird in einer Tabelle, meist als ARP-Cache bezeichnet, auf allen Geräten (Lichtpult, Scheinwerfer) gespeichert.
- › Bevor nun ein Datenpaket verschickt werden kann, muss durch ARP eine Adressauflösung erfolgen. Dazu sendet der Sender / Lichtpult einen **ARP-Request** mit der MAC-Adresse "FF-FF-FF-FF-FF-FF". Das ist ein **MAC-Broadcast** an alle Systeme im Netzwerk. Diese Meldung wird von jedem Netzwerk-Interface entgegengenommen und ausgewertet. Das Ethernet-Frame enthält die IP-Adresse des gesuchten Gerätes. Fühlt sich ein Gerät mit dieser IP-Adresse angesprochen, schickt es ein **ARP-Reply** an den Sender zurück. Die gemeldete MAC-Adresse wird dann im lokalen ARP-Cache des Senders / Lichtpultes gespeichert. Dieser Cache dient zur schnelleren ARP-Adressauflösung und damit zur Entlastung des Netzwerks.



Überblick Datenkommunikation



ARP-Tabelle Lichtpult

IP-Adresse im Licht-Netzwerk	MAC-Adresse / Physische Adresse
10.111.22.11	D5:3A:42:03:74:04
10.111.22.12	A7:2C:32:02:49:01
10.111.22.13	A5:3D:04:32:58:05

: :

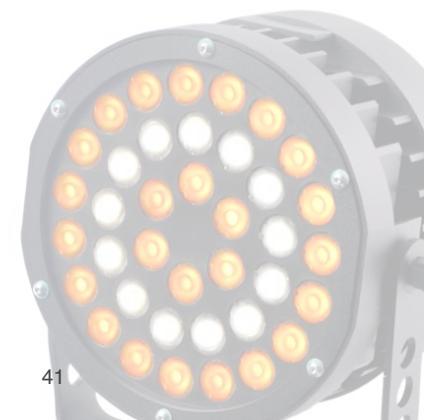


Überblick Datenkommunikation

User Datagram Protocol

- › Auf Layer 2 wird der Netzwerk-Traffic auf der Grundlage von MAC-Adressen organisiert. Mit dem Address Resolution Protocol (ARP) wird die Nutzung von IP-Adressen auf Layer 3 im Netzwerk ermöglicht. Auf dieser Netzwerkstruktur baut nun auf Layer 4 das Transportprotokoll UDP auf.
- › Das **User Datagram Protocol** arbeitet wie das **Transmission Control Protocol** auf der Schicht 4, der Transportschicht des OSI-Schichtenmodells. In der Regel wird UDP in Medien-Netzwerken für Anwendungen wie Art-Net, Audio- und Video-Streaming verwendet.

Schicht	Dienste / Protokolle / Anwendungen			
Anwendung	HTTP	IMAP	DNS	SNMP
Transport	TCP		UDP	
Internet	IP (IPv4 / IPv6)			
Netzzugang	Ethernet, WLAN, ...			

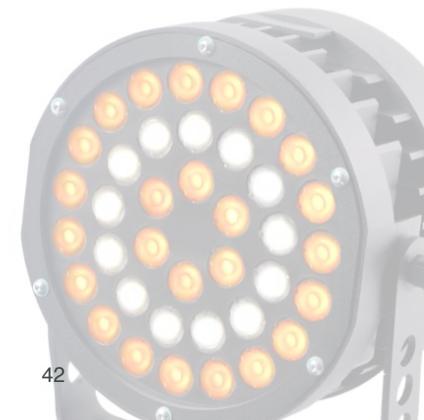


Überblick Datenkommunikation

User Datagramm Protocol

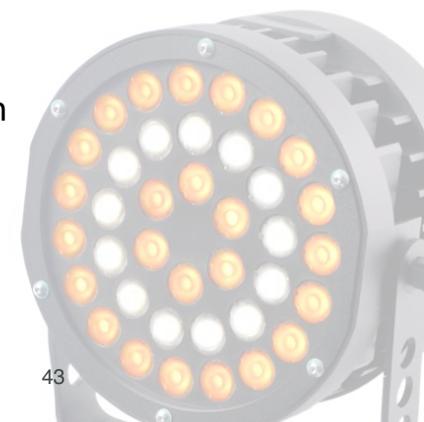
- › Die Gemeinsamkeit von UDP und TCP ist die **Port-Struktur**, die mehreren Anwendungen gleichzeitig mehrere Verbindungen über das Netzwerk ermöglicht. Mit dieser Port-Struktur wird sichergestellt, dass die Datenpakete an die richtige Anwendung übergeben werden..
- › UDP-Pakete setzen sich aus dem **Header-Bereich** und dem Daten-Bereich zusammen. Im Header sind alle Informationen enthalten, die eine Datenübertragung zulässt und die ein UDP-Paket als ein solches erkennen lassen.
- › Der Quell-Port (16 Bit) definiert, von welcher Anwendung das UDP-Paket verschickt wird. Der Ziel-Port (16 Bit) definiert, an welche Anwendung das UDP-Paket zugestellt wird.

Quell-Port	Ziel-Port
Länge	Check-Summe
Daten...	



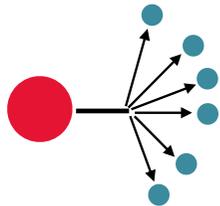
Art-Net Daten

- › Im Daten-Bereich des UDP-Datenpaketes befinden sich die Daten der Anwendung Art-Net.
- › Wenn das Licht-Netzwerk das erste Mal verbunden wird, kennt das Lichtpult (Controller) noch nicht alle im Netzwerk befindlichen Netzwerkknoten (Nodes), die ebenfalls Art-Net sprechen und verstehen. Um das Vorhandensein anderer Lichtpulte, Scheinwerfer oder Medienserver zu erkennen, sendet das Lichtpult ein sog. **ArtPoll-Datenpaket** via **Directed Broadcast** an alle Geräte im Netzwerk.
- › Beim Direct Broadcast in unserem Licht-Netzwerke ergibt sich folgende Broadcast-Adresse: im Netz 10.111.23.0 mit einer Subnetzmaske von 255.255.254.0 ergibt sich die Broadcast Adresse 10.111.23.255.
- › Bei Art-Net wird am UDP-Port 0x1936 ein ArtPoll an die Broadcast-Adresse 10.111.23.255 gesendet. In der Spezifizierung von Art-Net ist festgelegt, daß ein Lichtpult alle 3 Sekunden ein ArtPoll-Datenpaket via Broadcast sendet. Das stellt sicher, daß neue oder abgemeldete Netzwerk-Geräte erkannt werden.

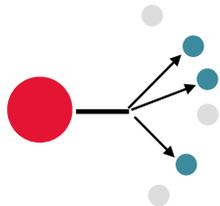


Überblick Datenkommunikation

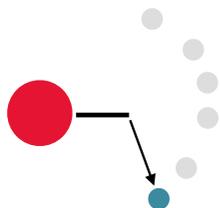
Verschiedene Arten der Netzwerk-Kommunikation



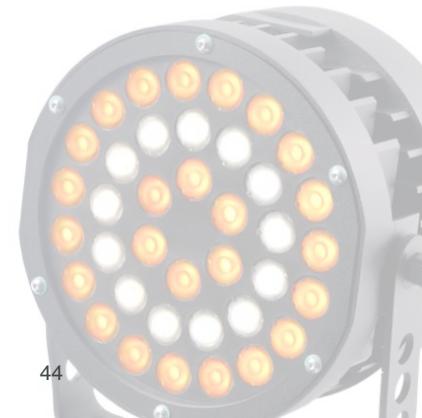
- › Mit dem Modus **Broadcast** sendet das Lichtpult Art-Net Datenpakete an alle im Netzwerk verfügbaren Geräte.



- › **Multicast** definiert eine Übertragung von Daten an eine Gruppe von Empfängern/Geräten.



- › Bei **Unicast** können nur zwei Stationen oder Geräte miteinander kommunizieren.



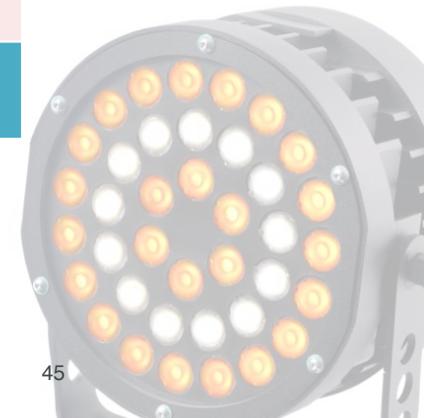
Überblick Datenkommunikation

Wie lautet die Broadcast-Adresse im Licht-Netzwerk?

- › In jedem Netzwerk wird eine Broadcast-IP **nur einmal vergeben**. Sie ist immer **die letzte IP-Adresse** des Subnetzes und alle Host-Bits sind auf „1“ gesetzt mit Subnetzmaske: 255.255.254.0

Beispiel: Geräte-IP dezimal	10.	111.	22.	90
Umrechnung	128 64 32 16 8 4 2 1	128 64 32 16 8 4 2 1	128 64 32 16 8 4 2 1	128 64 32 16 8 4 2 1
Geräte-IP binär	0 0 0 0 1 0 1 0	0 1 1 0 1 1 1 1	0 0 0 1 0 1 1 0	0 1 0 1 1 0 1 0
Subnetzmaske binär	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 0	0 0 0 0 0 0 0 0
AND-Verknüpfung				
Netz-IP binär	0 0 0 0 1 0 1 0	0 1 1 0 1 1 1 1	0 0 0 1 0 1 1 0	0 0 0 0 0 0 0 0
Netz-IP dezimal	10.	111.	22.	0
Broadcast Binär	0 0 0 0 1 0 1 0	0 1 1 0 1 1 1 1	0 0 0 1 0 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1
Broadcast dezimal	10.	111.	23.	255

Der IP-Adressraum des Licht-Netzwerkes reicht von 10.111.22.1 bis 10.111.23.254. Die letzte IP-Adresse lautet also 10.111.23.255 und ist die Broadcast-Adresse!



Überblick Datenkommunikation

Lichtpult grandMA3 light

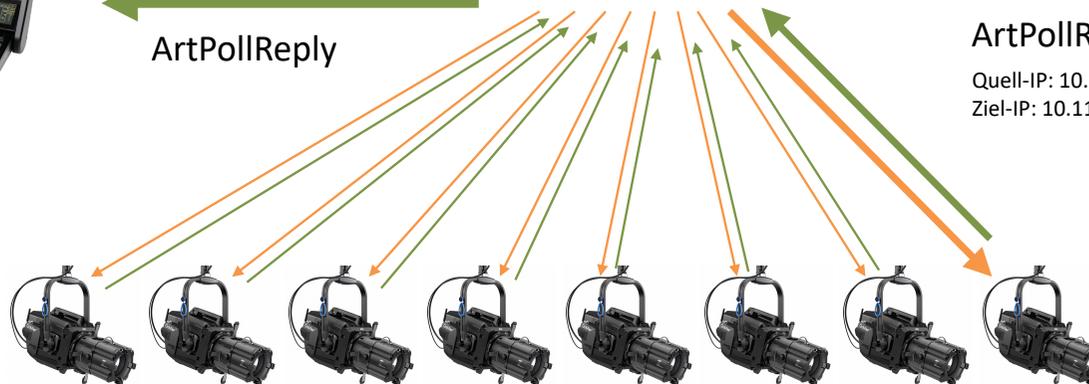


ArtPoll

Quell-IP: 10.111.22.1
Directed Broadcast: 10.111.32.255



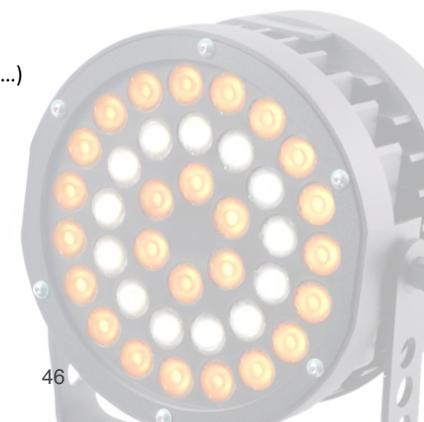
ArtPollReply



ArtPollReply

Quell-IP: 10.111.22.11
Ziel-IP: 10.111.22.1

ARRI Orbiter (10.111.22.11 / 10.111.22.12 / 10.111.22.13 / 10.111.22.14 / 10.111.22.15 / 10.111.22.16 / 10.111.22.17...)



STUDIERN. WISSEN. MACHEN.



NETZWERKBASIERTE LICHTSTEUERUNG