

ABC DER BÜHNENBELEUCHTUNG

Beleuchten – aber wie ?

Zu Beginn der Beleuchtungsplanung für ein Theaterstück sollte man sich grundsätzlich die Frage stellen, welche Wirkung die geplante Beleuchtung hervorrufen soll.

Die Beleuchtung kann dabei verschiedene Aufgaben wahrnehmen. Zum einen das reine Sichtbarmachen und Vorzeigen der Darsteller und des Bühnenbildes, zum anderen das Erschaffen von Räumen durch akzentuierte Beleuchtung sowie die Unterstützung der Dramaturgie durch die jeweilig emotional passende Atmosphäre.

Welche Aufgabe im Vordergrund stehen soll ist abhängig von Stück und Regiekonzept. Die Beleuchtung muß aber in alle Vorbereitungsarbeiten immer mit einbezogen werden. Ein Alleingang der Beleuchter oder ein späteres reines Anpassen schaden dem Gesamteindruck des Stücks.

Auch mit wenigen Scheinwerfern lassen sich die oben genannten Aufgaben realisieren. Es kommt dabei mehr auf das richtige Sortieren und Plazieren der verschiedenen Lichtquellen als auf den Einsatz großer Mengen von Scheinwerfern an, obwohl das natürlich die Arbeit erleichtert und mehr Möglichkeiten eröffnet.

Wichtig ist hierbei zu verstehen, daß es sich bei der Bühnenbeleuchtung immer um eine Synthese aus Raumbelichtung und Personenbeleuchtung handelt. Die Beleuchtung ausschließlich der darstellenden Personen genügt in der Regel nicht. Um eine Atmosphäre zu erzeugen, wie sie das Bühnenstück oder der Regisseur vorgibt ist immer eine Kombination von Personen- und Raumbelichtung notwendig. Oft genügt auch schon eine wohlüberlegte Raumbelichtung um die Person durch ihre Stellung im Raum wirken zu lassen, ohne eine besonders akzentuierte Personenbeleuchtung schaffen zu müssen. Sinn einer künstlerischen Beleuchtung ist immer den Darsteller zu unterstützen und ihn mit einer Atmosphäre entsprechend der dramaturgischen Aufgabe zu umgeben.

Lichtrichtungen

Licht nur aus einer Richtung wirkt flächig und erzeugt keine illusorische Raumtiefe.

Erst das Zusammenwirken von Licht aus verschiedenen Richtungen erzeugt

dieses Erscheinungsbild, wie sie für künstlerisches Arbeiten typisch ist.

Frontlicht

Beim Frontlicht wird der Scheinwerfer neben oder hinter dem Zuschauer plaziert. Die Folge ist ein relativ geringer Kontrast zwischen einem Objekt auf der Bühne und dem umgebenden Raum. Dadurch erscheint der Raum wenig plastisch und mit geringer Tiefe. Da trotz dieses Nachteils auf das Frontlicht nicht verzichtet werden kann – schließlich dient es dazu, den gesamten Spielablauf erst sichtbar zu machen – sollte aus dieser Richtung kommendes Licht von möglichst niedriger Intensität sein, so daß die gewünschte Atmosphäre zwar erhalten bleibt, die Konturen für den Betrachter aber dennoch klar zu erkennen sind. Entscheidend beim Frontlicht ist außer der Intensität auch der gewählte Einfallswinkel. Empfehlenswert sind Winkel zwischen 30° und 45°. Flachere Winkel werden in der Regel vermieden, da dann kein schattenfreies Ausleuchten der Bühne mehr möglich ist.

Gegenlicht

Wie der Name schon sagt, befindet sich beim Gegenlicht die Lichtquelle hinter dem Objekt und schafft so Tiefe oder dramatisiert die Szene.

Seitenlicht

Die Beleuchtung eines Raumes von der Seite ist eine sehr häufig benutzte Lichtrichtung. Sie bringt die Räumlichkeit eines Objektes am besten zur Geltung.

Oberlicht

Das von oben in den Raum einstrahlende Licht schafft einen weichen Übergang zwischen Seiten-, Front- und Fußrampenlicht.

Fußrampenlicht

Etwas anspruchsvoll im Einsatz ist das von vorne unten kommende Licht. Durch diese unnatürliche Beleuchtungsrichtung wirken Personen und Objekte schnell unrealistisch und surreal übersteigert. Eingesetzt wird dieses Licht nur dann, wenn eben dieser Effekt beabsichtigt ist.

Lichtqualitäten

Entscheidend für eine gelungene Be-

leuchtung sind neben der Auswahl der zur jeweiligen Szene passenden Lichtrichtung auch Farbe, Helligkeit und Kontrastwirkungen.

Direktes und indirektes Licht

Im Gegensatz zu direktem Licht, kann man mit gezielt eingesetztem indirektem (von einer Fläche oder einem Objekt zurückgeworfenes) Licht besonders weiche und diffuse Lichtstimmungen erzeugen. Auch zur Abmilderung der durch direktes Licht immer entstehenden Schlagschatten ist indirektes Licht gut geeignet.

Helligkeit

Die Helligkeit einer Lichtquelle ist immer relativ zu ihrer Umgebung zu sehen. Eine Kerze in einem verdunkelten Raum wirkt relativ hell. Wird aber eine Lampe im Raum eingeschaltet, so verliert die Kerze ihre Effektivität.

Man braucht also nicht unbedingt eine besonders starke Lichtquelle, um einen bestimmten Effekt zu erzielen. Wichtig dabei ist die Lichtintensität. Durch Dimmen der Lichtquelle läßt sich die Intensität verändern. Variationen der Helligkeit auf der Bühne schaffen Stimmungen und unterstützen die szenische Darstellung. Eine flache, nur helle Ausleuchtung mit voller Intensität ermüdet auf längere Zeit den Betrachter.

Farbe

Zur Unterstützung von bestimmten Bühnenszenen ist der Einsatz von Farben unabdingbar. Warme und kalte Farben spielen dabei im Kontrast eine wichtige Rolle.

Lampentypen

Ebenfalls nicht zu vernachlässigen ist der zum Einsatz kommende Lampentyp. Die drei wichtigsten sind Glühlicht (auch Halogen)-, Tageslicht und Leuchtstofflampen.

Der vertrauteste Lampentyp ist die Glühlicht- und Halogenlampe. Ihre Lichtqualität zeichnet sich durch weiche Konturierung und warmen Rotlichtanteil aus. Tageslichtlampen sind immer Entladungslampen mit einem sehr hohen Blauanteil im Spektrum, der Konturen scharf und klar abgrenzt. Problematisch ist Farbwiedergabe von Körperfarben. Leuchtstofflampen erzeugen ein flächiges, konturloses Bild.

Lichttechnische Grundbegriffe

Wie überall in Technik und Wissenschaft sind auch in der Lichttechnik die zur Bewertung der Eigenschaften von Lampen und Beleuchtungsgeräten erforderlichen Begriffe festgelegt und die entsprechenden Maßeinheiten standardisiert. Die wichtigsten davon werden hier kurz erläutert.

Lichtstrom

Maßeinheit: Lumen, *lm*

Der Lichtstrom gibt an, wieviel Licht eine Lampe insgesamt nach allen Richtungen hin aussendet.

Lichtstärke

Maßeinheit: Candela, *cd*

Sie gibt an, wieviel Lichtstrom von einer Lampe oder Leuchte pro Raumwinkel ω (altgriechisch: Omega) in eine bestimmte Richtung ausgesandt wird. Unter Raumwinkel versteht man den Winkel an der Spitze des Lichtkegels. Sein Wert ist definiert als Verhältnis der Fläche A der Kugelkalotte, welche der Kegel aus der Oberfläche einer Kugel mit dem Radius r ausschneidet zum Quadrat des Kugelradius ($\omega = A/r^2$). Der Raumwinkel ω hat den Wert 1 Steradian (abgekürzt: 1sr), wenn der Kegel aus der Oberfläche der Kugel vom Radius $r=1\text{m}$ die Fläche $A=1\text{m}^2$ ausschneidet.

Verkleinert man den Raumwinkel immer mehr, so erhält man im Endergebnis die Lichtstärke in eine Ausstrahlungsrichtung. Die Lichtstärkewerte einer Lampe oder Leuchte in verschiedene Richtungen werden in Polardiagrammen dargestellt. Die Länge des Vektors von der Lichtquelle zur Kurve gibt dabei die Lichtstärke in der jeweiligen Richtung an.

Mit Hilfe von Reflektoren und Linsen kann man den Lichtstrom einer Lampe bevorzugt in eine Richtung lenken und dadurch die Lichtstärke erhöhen.

Beleuchtungsstärke

Maßeinheit: Lux, *lx*

Sie gibt an, wie stark eine Fläche beleuchtet wird, d.h. welcher Lichtstrom in Lumen auf die Flächeneinheit 1m^2 auftrifft.

Kennt man Lichtstärke und Abstand der zu beleuchtenden Fläche von der Lichtquelle, so erhält man die Beleuchtungsstärke nach dem „Photometrischen Entfernungsgesetz“, indem man die Lichtstärke durch das Quadrat des Abstandes dividiert. Dabei ist vorausgesetzt, daß die beleuchtete Fläche senkrecht zur Ausstrahlungsrichtung steht.

Farbtemperatur

Maßeinheit: Kelvin, *K*

Als Farbtemperatur einer Lichtquelle wird diejenige Temperatur bezeichnet, bei der die spektrale Strahlungsverteilung eines „schwarzen“ (Planck'schen) Strahlers mit der der Lichtquelle übereinstimmt. Das Spektrum von Glühlampen und Halogenglühlampen ist dem des „schwarzen“ Strahlers sehr ähnlich, so daß ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Spektrum und Farbtemperatur besteht.

Entladungslampen haben im Gegensatz zu Temperaturstrahlern kein kontinuierliches sondern ein aus einer Anzahl von Linien bestehendes diskretes Spektrum. Nur wenn dieses dem Planck'schen Spektrum ähnlich ist, kann zur Charakterisierung der Lichtfarbe eine Farbtemperatur herangezogen werden. Dies wird dann als „ähnlichste Farbtemperatur“ bezeichnet.

(mit freundlicher Genehmigung aus OSRAM „Licht an!“)

Über Scheinwerfer

Scheinwerfer

Scheinwerfer lassen sich grundsätzlich in zwei Gruppen einteilen:

- Scheinwerfer für den Theater- und allgemeinen Bühnenbereich
- Scheinwerfer für den Fernseh-, Film- und Videobereich

Die Anforderungen an Scheinwerfer aus diesen beiden Bereichen sind unterschiedlich, so daß die Beleuchtungsindustrie auf die Belange der Anwender zugeschnittene Geräte produziert. Ein wesentliches Kriterium hierfür ist die Art der Beleuchtung. Im Theater wird mit Licht künstlerisch gearbeitet, d. h. man erzeugt Lichtstimmungen, die die Darstellung auf der Bühne unterstützen.

Beim Fernsehen hingegen wird im Regelfall mit gleichmäßiger Ausleuchtung der gesamten Spielfläche gearbeitet. Dies erfordert höhere Qualitätsansprüche an Linsen und

Geräte. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt die verwendete Lampe dar. Es wird zwischen Glühlampen mit "Kunstlichtcharakter" und Entladungslampen mit "Tageslichtcharakter" unterschieden.

Glühlampen mit "Kunstlichtcharakter" werden hauptsächlich im Theaterbetrieb sowie im Fernsehstudio eingesetzt, Entladungslampen dagegen fast nur im Außeneinsatz und dann, wenn in die Beleuchtungsverhältnisse sog. "Mischlicht" einfließt.

Im Theaterbetrieb werden vorzugsweise Verfolgerscheinwerfer mit Tageslichtlampen verwendet, diese setzen sich schon durch die höhere Farbtemperatur des Lichtes von der sonstigen Beleuchtung der Bühne ab.

Die Charaktere der Lampen sind über die Farbtemperatur definiert. Kunstlichtlampen sind im Bereich zwischen 2900K und 3400K angesiedelt;

Entladungslampen im Bereich zwischen 4400K und 6000K. Diese Festlegung ist notwendig, da das Filmmaterial und die Kameras nur auf einen eng tolerierten Bereich geeicht werden können. Normale Filmmaterialien sind entweder auf Kunstlicht entsprechend 3200K oder auf Tageslicht entsprechend 5550K festgelegt.

Lampen mit "Kunstlichtcharakter" besitzen eine Wendel und sind über den gesamten Bereich dimmbar. Lampen mit "Tageslichtcharakter" sind in der Regel Entladungslampen mit zwei Elektroden. Sie erzeugen einen Lichtbogen, sind nur eingeschränkt dimmbar und müssen zusammen mit einem Vorschaltgerät betrieben werden. Wenn man diese Art von Lampen verdunkeln will, so hat man nur die Möglichkeit der mechanischen Verdunklerblende. Auch hier gestatten elektronische Vorschaltgeräte die

Regelung in einem eingegrenzten Bereich. Entladungslampen werden typischerweise in Verfolgerscheinwerfern und den meisten Moving Lights verwendet.

Bühnscheinwerfer

Von Bühnscheinwerfern spricht man bei allen Arten von Scheinwerfern, mit denen künstlerisches Licht erzeugt werden kann.

1. Stufenlinsen und Plankonvexlinsenscheinwerfer

Diese beiden Scheinwerferarten sind universell einsetzbar, jeder für sich erzeugt eine ganz besondere Lichtqualität.



Im Bezug auf die Größe des Lichtausfallwinkels sind sich Plankonvexlinsen- und Stufenlinsenscheinwerfer sehr ähnlich, beim ersteren wird jedoch ein härtere, scharf abgegrenzter Lichtkreis und somit härterer Übergang erreicht.

Eine erweiterte Bauform ist als "Pebble Convex"-Linsenscheinwerfer bekannt. Die Rückseite der Linse ist hier strukturiert, somit wird die randscharfe Abbildung aufgelöst.

Bei beiden Typen wird der Lichtkreisdurchmesser durch die Bewegung der Einheit Lampe/Reflektor relativ zur Linse verändert, die Begrenzung des Lichtkreises erfolgt durch Torblenden.



Die Stufenlinse wurde ursprünglich für die Bündelung des Lichtstrahles in Leuchttürmen entwickelt. Sie verfügt über die gleiche Vergrößerung wie eine PC-Linse, ist aber aus konzentrischen Ringen gleicher Materialstärke aufgebaut. Die Ringe haben die gleiche Brennweite einer PC-Linse, sind aber viel dünner.

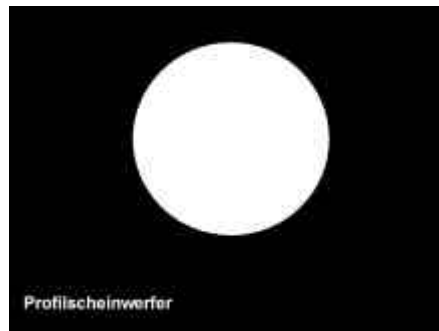
Das von der Lampe erzeugte Licht wird gleichmäßig nach vorn abgestrahlt. Mit Hilfe eines Reflektors, der vor der Lampe sitzt, wird das Licht nach vorn geführt. Vor dem Reflektor befindet sich die Abbildungsoptik. Die Linse der Optik sammelt die Abstrahlung des Filaments, die vom reflektierten Licht des Reflektors ergänzt wird und projiziert es auf die Bühne. Wird die Einheit Lampe/Reflektor in die Nähe der Linse bewegt, wird das Licht breit ausgestrahlt. Bei Bewegung dieser Einheit nach hinten verengt sich der Abstrahlwinkel. Eingesetzt werden diese Scheinwerfertypen hauptsächlich zur Ausleuchtung der Spielfläche, da bei der Verwendung im Zuschauerraum das typische Streulicht störend wirkt.

2. Profil- und Verfolgerscheinwerfer

2.1 Profilscheinwerfer

Profilscheinwerfer erzeugen eine scharfe, kreisförmige Abbildung, es tritt kein Streulicht aus.

Die Namensgebung beruht auf der Möglichkeit, eine Kontur (Profil) in einer Öffnung abzubilden. Diese wird Abbildungsebene genannt.



Profilscheinwerfer sind mit vier Blendschiebern ausgestattet, mit deren Hilfe der Lichtkreis oben, unten und seitlich "abgeschnitten" werden kann. Dadurch lässt sich der Lichtstrahl des Scheinwerfers exakt auf eine Fläche begrenzen. Weitere Hilfsmittel zur Begrenzung/ Beeinflussung des Lichts

sind Irisblenden und Gobos, die in die Abbildungsebene eingesetzt werden können.



Gobos sind Scheiben aus gehärtetem Stahl oder Glas, in die ein Muster geätzt, geschnitten oder aufgetragen wird. Sie stehen in verschiedenen Varianten zur Verfügung, z. B. um ein einfaches Muster oder auch komplexere Strukturen wie z.B. Stadtshilouetten zu projizieren.



Durch den Einsatz von nach Kundenwünschen gefertigten Gobos ist nahezu jede (auch farbige) Projektion möglich.

2.2. Verfolgerscheinwerfer

Sie sind den Profilscheinwerfern technisch gleich, verfügen jedoch über erweiterte mechanische Vorrichtungen zum Bewegen und Verändern des Lichtes.

Bei der Optik von Profil- und Verfolgerscheinwerfern unterscheidet man zwischen Reflektor- und Kondensoptik.

Bei der Kondensoptik wird das von einem kugelförmigen Spiegel allseitig abgestrahlte Licht von einem Linsensystem gebündelt und auf die Abbildungsebene konzentriert. Die Abbildungsebene hat eine runde Öffnung und erzeugt die typische, scharfe Abbildung des Scheinwerfers. Eine vorgesetzte, hochwertige Linse, bzw. Linsensystem vergrößert die

Abbildung der Abbildungsebene und dient zusätzlich auch zur Scharfstellung und Brennweitenveränderung.

2.3. Bühnenprojektoren

Spezielle, extrem lichtstarke Projektoren werden auf professionellen Bühnen und im audiovisuellen Bereich eingesetzt, um die Dekoration zu ergänzen.

Das optische Prinzip ist wie in einem Profilscheinwerfer, allerdings ist bei den Projektoren eine Kondensoptik eingesetzt, um die Ausleuchtung der Abbildungsebene bei den geforderten Diagrößen gleichmäßig zu halten.

Es werden auf Glas gedruckte oder sog. Filmdias eingesetzt. Die Diaabmessungen sind 13 x 13 cm und 24 x 24 cm. Weiterhin können Laufwerke für Effektscheiben (Feuer, Wasser, Schnee etc.) und Filmlaufwerke zur Erzeugung bestimmter Effekte vorgegeben werden, die Lampenleistungen sind dann entsprechend hoch. Im Kunstlichtbereich werden Leistungen von 1 kW und 5 kW, im Tageslichtbereich von 1,2 kW bis 12 kW angeboten. Mit Hilfe von Hochleistungs-Projektionsoptiken lassen sich Entfernungen bis zu 1000 m überbrücken.

2.4. Fluter

Fluter sind Leuchten, die Licht in einem durch die Abstrahlung des parabolischen Reflektors begrenztem Winkel abstrahlen. Man unterscheidet Fluter mit symmetrischem und asymmetrischem Reflektor.

Die ersteren werden vorzugsweise als Allgemeinbeleuchtung, Arbeitslicht oder Frontlicht verwendet, letztere werden zur Horizontbeleuchtung, also zur Ausleuchtung des Bühnenhintergrundes eingesetzt. Oft findet man auch die Zusammenfassung einzelner Fluter zu sogenannten Rampen.

2.5. PAR-Scheinwerfer

Dieser Scheinwerfer-Typ hat sich dank seiner einfachen, robusten Konstruktion zum Arbeitspferd der Bühnenbeleuchtung im Veranstaltungsbereich entwickelt, besonders im Rock- und Popmusikgeschäft findet man PAR-Scheinwerfer in großer Menge. Die Bezeichnung "PAR" steht für "Parabolic Reflector".

Die Beliebtheit des PAR-Scheinwerfers ergibt sich aus seinem geringen Gewicht, denn der Scheinwerfer selbst verfügt über keine eingebaute Optik. Es kann daher viel Material installiert werden, ohne übergroße mechanische Belastungen in Kauf zu nehmen.

Die fehlende Optik des PAR-Scheinwerfers wird durch die Lampe selbst (Leuchtmittel) bereitgestellt. PAR-Lampen enthalten einen großflächigen Reflektor, der den austretenden Lichtstrahl bündelt.

Das optische Verhalten des Gesamtsystems wird daher ausschließlich von der Lampe bestimmt, die in verschiedenen Leistungen und Streuwinkeln erhältlich ist.

Beim Einsatz von sogenannten „Raylight Reflektoren“ sind Reflektor und Lampe getrennt. Hier bestimmt der Reflektor den Abstrahlwinkel (zumeist Spot).

PAR-Scheinwerfer gibt es in verschiedenen Größen und Formaten, d. h. in den Abmessungen: PAR 16, 20, 30, 36, 46, 56 und 64, wobei die Zahl den Lampen-Durchmesser in 1/10 Zoll angibt. Ein PAR 64-Scheinwerfer hat somit einen Lampen-Durchmesser von 6,4" oder 162,55 mm. In der Ausführungsform unterscheiden sich die Scheinwerfer insbesondere in der Tubus-Länge. Ein kurzer Tubus (bei wenig Raumbedarf) empfiehlt sich z.B. für Bodenscheinwerfer, ein längerer Tubus ermöglicht eine bessere Abschattung unerwünschter Streustrahlung.

2.6. Moving-Lights

Unter Moving Lights versteht man generell automatisierte Scheinwerfer mit fernbedienbaren Funktionen (z.B. Position, Farbe, Gobos, etc.). Zur Fernbedienung werden entweder spezielle Steuerungen, einfache Lichtstellpulte oder Lichtstellpulte mit integrierter Steuerungsmöglichkeit für Moving Lights benutzt. Zur Übertragung des Steuersignals wird fast immer das DMX-512 Protokoll benutzt.

Man unterscheidet folgende Arten von Moving Lights:

Scanner

Scanner bedienen sich zur Positionierung des Lichtstrahls eines Ablenkspiegels. Hauptsächlich werden

Scanner als Effektlicht oder multifunktionelle Projektoren eingesetzt. Das optische Prinzip ist dem des Profilscheinwerfers gleich oder ähnlich. Es sind unzählige Variationen verschiedenster Hersteller erhältlich, beginnend von kleinen Geräten für den Discothekenbetrieb bis zu sehr großen und dann oft nur noch als Projektoren genutzten Geräten.

Washlights

Unter Washlights versteht man in Bewegung, Farbe und Abstrahlwinkel fernsteuerbare Scheinwerfer. Die Scheinwerfer werden meistens zur flächigen Ausleuchtung benutzt. Fast alle Typen verfügen über ein eingebautes Farbmischsystem, mit dem unzählige Farben erzeugt werden können. Das optische Prinzip ist dem des Linsenscheinwerfers vergleichbar.

Kopfbewegte Effektscheinwerfer

Dieser Scheinwerfertyp bietet grundsätzlich ähnliche Funktionen wie die oben beschriebenen Scanner. Statt eines Ablenkspiegels wird aber hier zur Positionierung der ganze Scheinwerfer(kopf) gedreht. Dadurch erweitert sich der Schwenkbereich und der Scheinwerfer wirkt eleganter.

Motorisierte Scheinwerfer

Statt des Einsatzes der oben beschriebenen Seriengeräte ist auch eine kundenspezifische Modifikation und Motorisierung eines vorhandenen Scheinwerfers (z.B. Profil- oder Linsenscheinwerfer) möglich. Dabei kann der Grad der Motorisierung von reiner Schwenk- und Kippbewegung bis zur Fernbedienung von Fokus und Torblende beim Linsenscheinwerfer und Iris und Zoom beim Profilscheinwerfer selbst bestimmt werden. Die Farben können durch das Aufsetzen eines Rollenfarbwechslers fernbedient werden.

(Anlehnung an Textauszüge des VPLT, Verband für professionelle Licht- und Tontechnik e. V., Hannover, mit freundlicher Genehmigung)

Steuertechnik

Analogsteuerung

Bereits hinreichend bekannt ist die Steuerung von Beleuchtungseinrichtungen über Analogsignale (wie 0 bis +10V oder 0 bis -10V). Dabei erfordert jeder Stellkreis eine eigene Leitung, was bei größeren Stellanlagen zu einem immensen Material- und Verkabelungsaufwand führt. Obendrein ist die maximale Kabellänge auf etwa 500m beschränkt. Diese schwierigen Umstände konnten erst durch die Einführung der digitalen Signalübertragung behoben werden.

Digitale Steuerung

Mit dem Einzug der Digitaltechnik ist der oben beschriebene Verkabelungsaufwand nicht mehr nötig. Hier genügt ein 2-(4-)adriges Kabel, um alle Endgeräte anzusteuern. Es wird dabei steuerungsseitig- bzw. pultseitig eine Information erstellt, die in großer Packungsdichte bei hoher Geschwindigkeit seriell -also nacheinander- gesendet wird. Den Endgeräten, die die digitalen Informationen empfangen, wird über eine "Adresse" mitgeteilt, welcher Teil der Infos für sie bestimmt ist. Alle angeschlossenen Geräte sind nur über **eine** durchgehende Leitung miteinander verbunden.

Multiplex-Steuerungen sind relativ einfach zu installierende Systeme, die schnell und preiswert ein- und aufgebaut werden können. Die Digitalinformationen können nicht nur mit verschiedenen Übertragungsverfahren übermittelt werden, sondern auch unterschiedliche Wirkung erzielen. Die Folge und Bedeutung der digitalen Infos sind anhand eines Protokolls festgelegt.

Einige der auf dem Markt verfügbaren Standards werden nur herstellerbezogen verwendet. Allgemeine Standards für serielle Datenübertragung sind DMX-512, D54 (analog Multiplex für 1 bis 384 Kanäle), AMX-192 (analog Multiplex für 1 bis 192 Kanäle), CMX (DMX mit Rückmeldung).

1. DMX-512

1.1 Spezifikation

Bei der digitalen Übertragung von Signalen wird die Information in einzelne Datenpakete verpackt und seriell (also nacheinander) gesendet. Es sind also alle Daten prinzipiell überall verfügbar. Dabei sind die Steuerbefehle jeweils mit der Adresse des betreffenden Empfängers versehen. Jeder einzelne Empfänger spricht nur auf die Befehle an, die mit seiner Adresse versehen

sind. Es wird also ein sogenanntes BUS-System verwirklicht.

Mitte der 80er wurde dann von der USITT (United States Institute for Theatre Technology) ein Standard zur digitalen Datenübertragung in der Lichttechnik vorgelegt, denn bis dahin hatten viele Hersteller ihre eigenen Protokolle verwendet. Heute ist dieser Standard unter dem Namen DMX-512/1990 bekannt.

Basis des DMX-512 ist der sog. RS485 Standard (ein aus der Computertechnik übernommener Standard für die serielle Übertragung von Daten). Die Datenübertragung erfolgt seriell asynchron mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 250 Kbits. Übertragen werden pro DMX-Linie max. 512 Steuerkanäle. Pro Kanal wird ein Stellwert von 0-255 übermittelt. Das entspricht linear übertragen auf das 0-10V Analogsignal einer Schrittweite von 40mVolt.

Die Datenrefreshrate ist mit 44,1 Hz nicht besonders hoch, so daß es bei langen Leitungen oder vielen Endgeräten (maximal 32 pro DMX-Linie) zu zeitlichen Verzögerungen kommen kann. Ebenfalls sinnvoll ist der Einsatz eines Abschlußwiderstandes (entweder als „Endstecker“ oder im Gerät zuschaltbar) um „Datenreflexionen“ zu vermeiden.

1.2 Verkabelung

Ein DMX-Kabel sollte aus 2 Aderpaaren aufgebaut sein, wobei in jeweils einem Aderpaar dieselbe Information übermittelt wird. Eine Gesamtschirmung des Kabels ist unbedingt notwendig. Aus der folgenden Tabelle können Sie den Pincode und die Belegung des Kabels entnehmen:

PIN Code	Funktion
1	Masse, 0V
2	DATA -
3	DATA +
4	DATA -
5	DATA +

Zur Leitung der Signale kommt in der Regel ein 2- (besser 4-) adriges, geschirmtes Kabel zur Anwendung. Das Kabel sollte eine definierte Impedanz von 110 Ohm aufweisen. Standard-Steckverbinder sind AXR-5pol Stecker (obwohl einige Hersteller immer noch 3polige Steckverbinder verwenden).

2. Ethernet

2.1 Spezifikation

Ethernet ist seit über 20 Jahren Standard in der Computer-Netzwerktechnologie und findet seine Hauptanwendung in der Vernetzung von Büro-Computern, bei denen viele Benutzer auf dieselben Datenbestände zugreifen müssen. Entwickelt wurde dieses sogenannte LAN (= Lokal Area Network) im Jahre 1975 von Xerox. Dabei bildet das physikalische „Rückgrat“ (= Backbone) einen durchgehenden Datenstrang, an den die verschiedenen Geräte über T-Abzweigungen angeschlossen sind.

Bei Netzwerken mit maximalen Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 10 MBps (= MegaBit per second) genügt eine Verkabelung mit Hilfe von Koaxialkabeln. Moderne Ethernet-Netzwerke basieren auf einer sogenannten Kategorie 5 (CAT-5) Verkabelung. Dabei unterscheidet man FTP (= Foiled Twisted Pair), UTP (= Unshielded Twisted Pair) und Glasfaserkabel. Damit lassen sich Übertragungsraten bis 100 MBps erzielen.

2.2 Twisted Pair-Verkabelung

Ein TP-Kabel ist aus 4 Aderpaaren aufgebaut, wobei in jeweils einem Aderpaar dieselbe Information übermittelt wird.

Aus der folgenden Tabelle können Sie den Farbcode und die Steckverbinderpinbelegung der TP-Kabelage entnehmen:

Aderpaar	PIN Code	Farbcode
Paar 1	5	weiß/blau
	4	blau
Paar 2	1	weiß/orange
	2	orange
Paar 3	3	weiß/grün
	6	grün
Paar 4	7	weiß/braun
	8	braun

Als Steckverbinder kommen die gebräuchlichen 8-poligen RJ45 Steckverbinder zum Einsatz.

2.3 Datenübertragung

Die Datenübertragungsgeschwindigkeit hängt in der Hauptsache von der Dateninformation und von der verwendeten Kabelage ab. Das in der Beleuchtungstechnik bisher eingesetzte Ethernet arbeitet (zur Zeit noch) mit einer Datenübertragungsrate von 10MBps, 10.000.000 Bits pro Sekunde. Ein DMX Signal läuft mit maximal

250.000 Bits pro Sekunde. Theoretisch arbeitet also das Ethernet 40mal schneller als DMX.

Um die Geschwindigkeit der Datenübertragung noch zu erhöhen werden alle Daten, unabhängig ob DMX-Linien oder andere Informationen, von den Sende- (Pult) und Empfangsgeräten (Ethernet/DMX-Umsetzer u.ä.) ge-, bzw. wieder entpackt. Das führt zu kleineren Datenpaketen und somit sind höhere Übertragungsgeschwindigkeiten möglich.

Um Verwirrung vorzubeugen: das Ethernet wird benötigt um *verschiedene* Daten möglichst schnell zu versenden. Dadurch wird DMX nicht überflüssig, es wird jedoch nicht mehr als alleiniger Informationsträger eingesetzt, sondern nur noch als Teil der übertragenen Daten verstanden.

Auch die Verwendung eines Ethernet-Netzwerks macht eine Standard DMX-Verkabelung nicht überflüssig. Zur Ansteuerung der Endgeräte muß man zur Zeit immer noch auf serielle Signale zurückgreifen. Dazu gehören z.B.: DMX, High-End oder CMX. Diese Signale basieren jedoch alle auf der Grundlage des RS485-Signals. Daher kann für die Umsetzung von Ethernet auf Seriell dieselbe Hardware benutzt werden.

2.4 Sinnvoller Einsatz

Ab einer gewissen Größenordnung oder wenn allgemein größere Datenmengen übertragen und verarbeitet werden müssen, spricht vieles für eine Ethernetlösung. Man sollte diese Lösung ins Auge fassen, wenn:

- mehr als zwei oder drei DMX-Linien benötigt werden

- mehrere Lichtstellpulte zum Einsatz kommen sollen
- intelligente Havarielösungen verlangt werden
- Rückmeldungen von Endgeräten verarbeitet werden sollen
- Bildschirminformationen an verschiedenen Orten benötigt werden
- eine zentrale Kontrolle und evtl. eine Anbindung an ein Büronetzwerk realisiert werden soll
- verschiedene Protokolle (TCP/IP, DMX, MIDI) über dieselbe Datenleitung gesendet werden sollen
- Lichtdesigner-Software eingesetzt werden soll

Nicht immer ist der Einsatz eines Ethernets sinnvoll. Es lassen sich auch ohne Ethernet allein mit DMX und entsprechenden Datenverteilern sinnvolle und praktikable Lösungen realisieren. Jedoch sollten diese folgenden Voraussetzungen entsprechen:

- Maximal zwei bis drei DMX-Linien (vor der Aufsplittung, also 1536 DMX-Kanäle)
- Die Einzelkabelängen sollten 100m (ohne den Einsatz eines Verstärkers) nicht überschreiten.
- Die Kosten sollen niedrig gehalten werden
- Das System soll bewußt einfach und durchschaubar bleiben.

Leider existiert für das Ethernet in der Beleuchtungstechnik zwar der aus der Computertechnik übernommene Hardwarestandard, jedoch noch kein allgemeingültiger Softwarestandard wie bei DMX-512. Es können derzeit somit nur Geräte desselben Herstellers miteinander kommunizieren.

Der US-amerikanische ESTA-Verband beschäftigt sich jedoch mit Unterstützung von PLASA und VPLT mit der Schaffung eines Standardprotokolls.

3. MIDI und SMPTE

MIDI

Die MIDI-Schnittstelle (Musical Instrument Digital Interface) wurde primär zur Kommunikation von unterschiedlichen elektronischen Instrumenten untereinander entwickelt. In der Lichttechnik geht es dabei mehr um die interne Kommunikation verschiedener Steuerungen oder den synchronen Ablauf bei komplexen Produktionen

SMPTE-Zeitcode

Bei bestimmten Produkten ist es erforderlich, verschiedene technische Abläufe über einen Zeitcode miteinander zu synchronisieren. Der bekannteste Standard für Zeitcodes ist der SMPTE-Code.

Ursprünglich wurde der SMPTE-Code für den Schnitt von Videobändern entwickelt. Jedes Video-Halbbild war mit einer Zeitinformation versehen. Im Show- und AV-Bereich benutzt man die durch SMPTE bereitgestellten Zeitinformationen zur Synchron-Steuerung von szenischen Abläufen (z.B. Licht Pyrotechnik, Videoprojektion, Laser).

Sind die Pulte lediglich MIDI-fähig, kann über einen Sequenzer (Hardware-Sequenzer oder Sequenzer-Programm) und einen SMPTE-t-MIDI-Konverter gearbeitet werden, der die SMPTE-Informationen in MIDI-Block-Befehle umsetzt.

HF - und NF-Störungen

Geräte, die nach dem Prinzip der Phasenschnittsteuerung arbeiten, erzeugen Störspannungen, die bis in den Tonfrequenzbereich einwirken können. Die zulässigen Störspannungswerte über 150 kHz sind nach Störgrad N in VDE 0875/7.1 festgelegt. Lichtsteueranlagen sind mit entsprechenden Schutzfiltern ausgerüstet, die Entstörung von Anlagen im NF-Bereich ist jedoch sehr aufwendig. Bei der Installation der Mikrofon- und Lautsprecherleitungen sind die nachstehend aufgeführten Empfehlungen zu beachten:

Bei der Installation dürfen Mikrofonleitungen nicht mit phasenschnittgesteuerten Licht- oder Kraftleitungen parallel geführt werden. Je kleiner der

Abstand zwischen Mikrofonleitung und Licht- bzw. Kraftleitung und je größer die Länge der Parallelführung ist, umso höher wird der eingekoppelte Störpegel auf der Mikrofonleitung. Zwischen parallel geführten Mikrofonleitungen und den phasenanschnittgesteuerten Licht- bzw. Kraftleitungen sollte ein Mindestabstand von 0,5 m eingehalten werden. Rechtwinklige Kreuzungen bringen im Verhältnis nur einen geringen Störpegel. Mikrofonleitungen müssen gut abgeschirmt sein. Die Erdung der Abschirmung ist am Verstärker vorzunehmen.

Bei der Installation und beim Anschluß der Geräte ist darauf zu achten, daß keine Erdschleifen gebildet werden. Erdschleifen werden vermieden, wenn

die Erdleitungen der Lichtsteueranlage und der geerdeten ELA-Anlage mit gesonderten Leitungen sternpunktartig an der gemeinsamen Betriebserde anliegen. Dadurch ist sichergestellt, daß leitende Gehäuseteile der Lichtsteuer- und ELA-Anlage nicht durch unterschiedliche Erdungswiderstände unterschiedliches Potential erhalten. Durch dieses unterschiedliche Potential könnten über die Erdverbindung Ausgleichsströme fließen.