Glossar

Projektionstechniken

Index

ITWissen
Das große Online-Lexikon für Informationstechnologie

- Datenhelm
- D-ILA-Projektor
- Dichroitischer Filter
- Diffusbildwand
- DLP-Projektor
- DMD-Chip
- Gain-Faktor
- Head-up-Display
- HTPS-Projektor
- ILA-Projektor
- Laserprojektor
- LCD-Projektor
- LCoS-Projektor
- LED-Projektor
- Limesco
- Linedoubler
- Miniprojektor
- Perl-Leinwand
- Projektion
- Projektionswand
- Projektor
- Referenzbild-helligkeitsbreite
- Röhrenprojektor
- Rückprojektion
- Silberleinwand
- Impressum

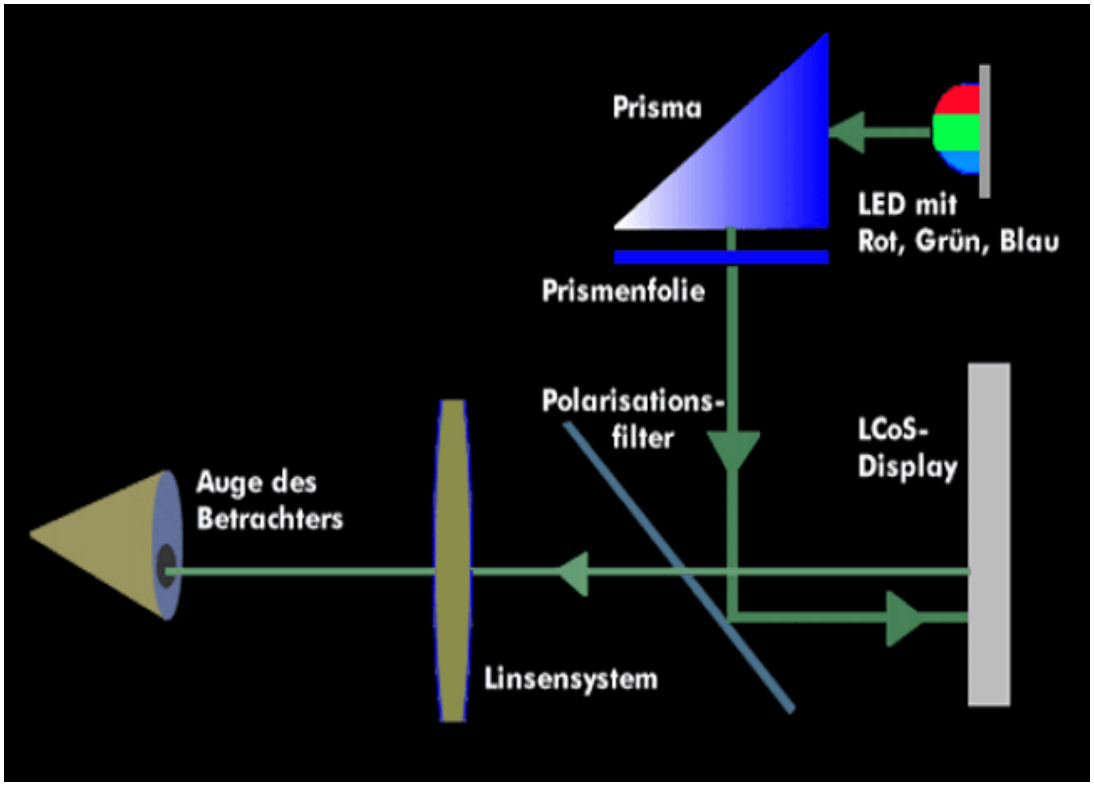
Projektionstechniken

Datenhelm
HMD, head mounted display

Head Mounted Display (HMD), Foto: VR Realities.

Head Mounted Displays (HMD) sind Projektionseinheiten, bei denen die *Projektion* unmittelbar vor den Augen in einem Helm oder einer Brille erfolgt. Die HMD-Technik ist anderen Techniken dadurch überlegen, da sie auf den zwei kleinen Displays, die sich vor den Augen befinden, zwei Bilder mit geringfügig unterschiedlichem Blickwinkel projizieren kann. Dadurch können virtuelle dreidimensionale Projektionen erstellt werden.
Diese Technik kann in der virtuellen Realität (VR) eingesetzt werden, für Designstudien, Forschungsarbeiten in Medizin, Physik und Technik, für militärische Anwendungen und auch, in preiswerterer Form für Computerspiele. Dabei können die Kopfbewegungen des Betrachters über Sensoren ausgewertet und in der Projektion berücksichtigt werden, wodurch der realistische Eindruck verstärkt wird. Diese Technik nennt sich Head Tracking.
Als Projektionstechniken benutzen professionelle HMDs OLED-Displays, LCD- oder *LCoS*-Displays im SVGA-Format. Neben der visuellen Darstellung haben HMDs Kopfhörer für Audio. Bei der HMD-Projektion erzeugen drei Leuchtdioden sequenziell die Primärfarben Rot, Grün und Blau. Diese werden nacheinander über Polarisationsfilter auf das LCoS-Display geworfen, wo sie reflektiert und beim Virtual Retinal Display (VRD) direkt auf die Netzhaut des

Projektionstechniken



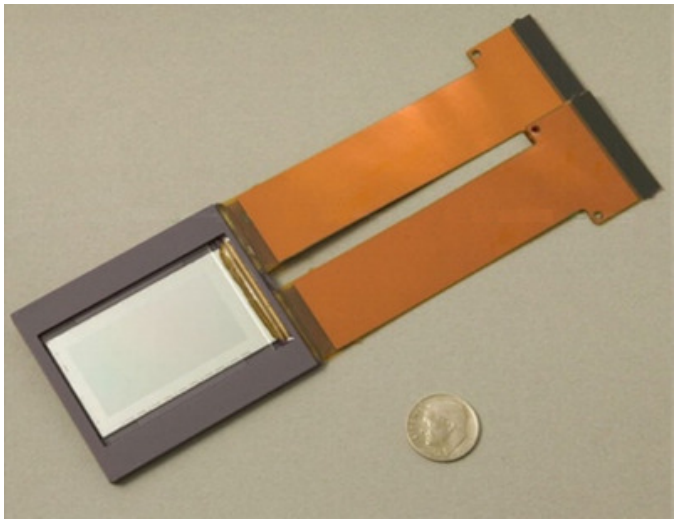
Prinzip der HMD-Projektion

Betrachters projiziert werden. Bei diesem Verfahren wird die Trägheit des menschlichen Auges ausgenutzt, das die aufeinander folgenden farbigen Einzelbilder zu einem farbigen Gesamteindruck integriert. Mit dem Virtual Retina Display (VRD) gibt es noch eine weitere Projektionstechnik bei der das Bild auf die Retina, die Netzhaut, projiziert wird.

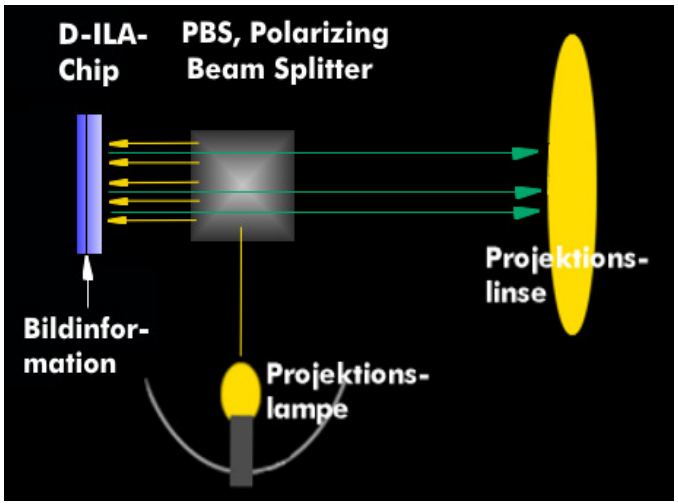
D-ILA-Projektor
D-ILA, direct-drive image light amplifier

Das Prinzip des D-*ILA-Projektors* unterscheidet sich vom ILA-Projektor dadurch, dass das Bildsignal nicht auf elektrostatische Art als Ladungsbild übertragen wird, sondern durch unmittelbare Ansteuerung der Flüssigkeitskristalle. Die D-ILA-Chips werden direkt über arrayförmig angeordnete Steuerleitungen angesteuert, daher auch die Bezeichnung Direct-Drive Image Light Amplifier (D-ILA).

Projektionstechniken



D-ILA-Chip mit 35 MPixel, Foto: JVC



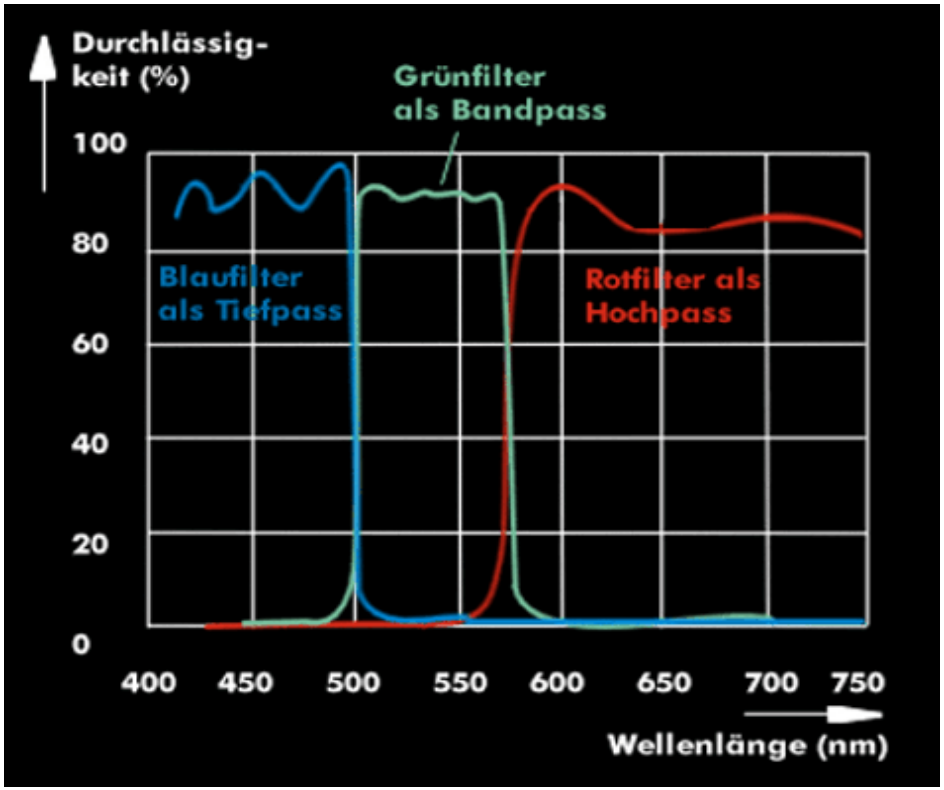
Aufbau eines D-ILA-Projektors

Der D-ILA-Chip besteht aus der Flüssigkeitskristallschicht, die über die Treiber-Elektrode angesteuert wird, und einer reflektierenden Schicht. Das weiße Licht der Projektionslampe wird in einem Hologramm-Farbfilter zerstreut und zu den Flüssigkeitskristallen durchgelassen. Hinter den Flüssigkeitskristallen befinden sich die Farbpixel, die das Licht in der entsprechenden Farbe reflektieren. Die Farbintensität wird durch die Dauer der Farbreflexion bestimmt.
Die D-ILA-Technik hat einen einfacheren Aufbau als die ILA-Projektoren. Die charakteristischen Merkmale sind die hohe Lichtausbeute und Helligkeit, der hohe Kontrast und die enorme Bildauflösung, die durchaus Quadruple UXGA (QUXGA) mit Auflösungen von über 3.000 Pixeln haben kann.
D-ILA-Projektoren gibt es in Ein-Chip- und Drei-Chip-Ausführung.

Dichroitischer Filter
dichroitic filter

Der Begriff Dichroismus kommt aus dem Griechischen und bedeutet in der Physik die Zweifarbigkeit von Kristallen beim

Projektionstechniken



Filterkurven von dichroitischen Filtern für die additive Farbmischung

Lichtdurchgang. Bei den dichroitischen Filtern handelt es sich um Filter für die Farbtrennung, die auf dielektrischen Interferenzen basieren. Diese optischen Filter, die in der optischen Übertragungstechnik, in Displays und in *Projektoren* eingesetzt werden, arbeiten absorptionsfrei, haben eine hohe Lichtdurchlässigkeit und eine ausgezeichnete Farbgenauigkeit. Ihre Trennschärfe ist sehr hoch und erreicht ca. 80 % Durchlässigkeit bei einer Wellenlängenänderung von wenigen als Nanometern. Dichroitische Filter gibt es als Tiefpässe, Hochpässe oder Bandpässe.

Da dichroitische Filter immer nur eine Farbe aus dem Licht ausfiltern, werden in der Projektionstechnik für die Erzeugung der drei Primärfarben (RGB) drei dichroitische Filter benötigt, wobei der mittlere Wellenlängenbereich für Grün durch ein Bandpassfilter realisiert wird.

Projektionstechniken

Diffusbildwand
diffuse prjection screen

Projektionswände haben unterschiedliches Reflexionsverhalten, das sich in der Lichtverteilung des reflektierten Lichts widerspiegelt. In DIN 19045 sind die verschiedenen *Projektionsflächen* spezifiziert, darüber werden sie in Bildwandtypen eingeteilt. Die Diffusbildwand entspricht dem Bildwandtyp D und ist durch die gleichmäßige Lichtreflexion von der Projektionswand gekennzeichnet. Das auf die Diffusbildwand projizierte Licht wird diffus in alle Richtungen verteilt. Der Vorteil ist der, dass Diffusbildwände große Projektions- und Betrachtungswinkel haben. Die *Projektion* und die Betrachtung können aus verschiedenen Winkeln erfolgen. Der Betrachtungswinkel kann dabei bis zu 80° betragen. Diffusbildwände bestehen aus Gewebe oder Kunststoff und haben *Gain-Faktoren* zwischen 1,1 und 1,3. Die Leuchtdichtefaktor-Indikatrix entspricht weitestgehend dem theoretischen Reflexionsverhalten.

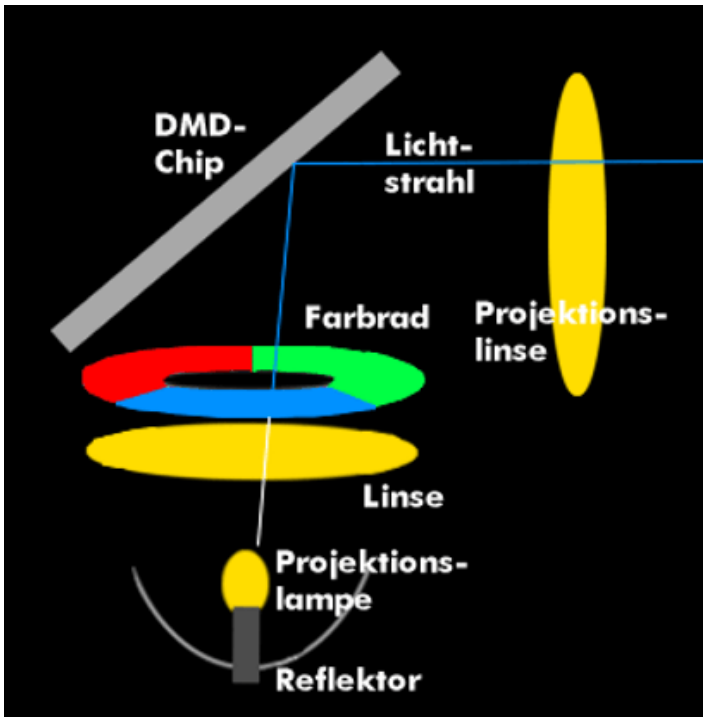
Bildwandtyp	Eigenschaften
B, Kristallbildwand Perbildwand	Bei der Kristallbildwand wird das einfallende Licht in nahezu die gleiche Richtung reflektiert in der es eingefallen ist.
D, Diffusbildwand	Bei der Diffusbildwand wird das einfallende Licht gleichmäßig in alle Richtungen reflektiert.
S, Silberbildwand Metallbildwand	Bei der Silberbildwand wird das einfallende im Spiegelwinkel reflektiert, in dem es eingefallen ist.
R, Rückprojektion	Bei Rückbildwänden wird das Licht transmittiert. Die Vorzugsrichtung der Transmission ist die Projektionsachse.

Bildwandtypen und deren Eigenschaften

Projektionstechniken

DLP-Projektor
DLP, digital light processing

Digital Light Processing (DLP) ist eine von Texas Instruments entwickelte Technologie, die auf der Mikrosystemtechnik basiert und bei der kleinste quadratische Mikrospiegel das Licht der Lichtquelle auf die *Projektionsfläche* reflektieren.
Die als Lichtschalter fungierenden Mikrospiegel befinden sich auf einem *DMD-Chip* und sind jeweils für die *Projektion* eines einzelnen Bildpunktes verantwortlich. Je nach Auflösung kann ein solcher DMD-Chip aus mehreren Millionen Spiegeln bestehen, von denen jeder einzelne mehrere tausendmal in der Sekunde geschaltet werden kann.



DLP-Projektor mit einem DMD-Chip

In Abhängigkeit vom Einsatzgebiet sind DLP-*Projektoren*, die in Besprechungs- und Schulungsräumen, Kongresszentren und Kinos eingesetzt werden, in Ein-, Zwei- oder Drei-Chip-Bauweise aufgebaut. Neben diesen Bauarten gibt es noch den *LED-Projektor* bei dem die Spiegel unmittelbar von drei farbigen Leuchtdioden (LED) beleuchtet werden und das Ein-Spiegel-Konzept, bei dem ein kardanisch aufgehängter Mikrospiegel die roten, grünen und blauen Lichtstrahlen von drei Lasern, ablenkt und zeilenmäßig auf die Projektionswand reflektiert. Diese Ein-Spiegel-Technik kommt in *Miniprojektoren* zum Einsatz. Im Gegensatz zu Ein-Spiegel-Technik wird bei der Ein-Chip-Technologie das farbige Licht über ein Farbrad erzeugt, das aus drei Filtern für die

Projektionstechniken

Primärfarben Rot, Grün und Blau besteht. Das Farbrad dreht sich mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 3.600 U/min im Lichtstrahl und synchron dazu wird der Spiegel zur Reflektion einer bestimmten Farbe geneigt. Soll also beispielsweise grün reflektiert werden, dann kippt sich der Spiegel in dem Moment in dem das Licht der Lichtquelle das Grünfilter passiert und der Strahl auf den Spiegel fällt. Von dort wird er durch den geneigten Spiegel über die Optik auf die Projektionswand reflektiert. Die Farbdarstellung erfolgt also sequenziell.

Die Farbsättigung und der Farbton nutzen die Trägheit des menschlichen Auges und werden durch die Schaltzeiten während der entsprechenden Primärfarben erzeugt. So wird beispielsweise Gelb dadurch erzeugt, dass Rot und das Grün für gleiche Zeiteinheiten durch die Spiegel reflektiert werden, Blau hingegen nicht reflektiert wird.

DLP-Projektor von Predata

Die Zwei-Chip-Technologie filtert über das Farbrad die Sekundärfarben Magenta und Gelb aus und erzeugt aus diesen Farben über ein Farbteiler-Prisma die Primärfarben Rot, Grün und Blau. Ein DMD-Chip ist Rot zugeordnet, der andere für die Farben Grün und Blau.

Bei der Drei-Chip-Technologie erfolgt die Farbaufspaltung über ein Prisma und jede Primärfarbe wird über einen eigenen DMD-Chip geschaltet. Die Farbnuancen werden

Projektionstechniken

wie in der Ein-Chip-Version über die Schaltzeiten erreicht.
Eine DLP-Projektion kann durchaus bis zu 16 Millionen Farbtöne darstellen. Besonders die Projektionen mit der Drei-Chip-Technologie eignet sich für Hochleistungsprojektoren und zeichnen sich durch eine hohe projizierte Helligkeit aus, die bei über 2.000 ANSI-Lumen liegt. Bei professionellen Drei-Chip-Projektoren werden mit *Projektorlampen* von 3.000 Watt Beleuchtungsstärken von 12.000 ANSI-Lumen erreicht.
DLP-Projektoren eignen sich gleichermaßen für Front- und Rückprojektionen von Computerdarstellungen in VGA, SVGA, XGA bis hin zu SXGA und auch für Video- und HDTV im Format von 4:3 und 16:9 in WXGA.

DMD-Chip
DMD, digital micromirror device

Digital Micromirror Device (DMD) ist ein Chip der kleinste Mikrospiegel als Lichtschalter steuert und in *DLP-Projektoren* eingesetzt wird. Der DMD-Chip umfasst über eine oder über zwei Millionen Mikrospiegel in der Größe von ca. 14 µm, die bis zu 5.000-mal in der Sekunde wie eine Wippe gekippt werden können.

DMD-Chip für XGA von Texas Instruments

Die Neigung der Spiegel erfolgt elektrostatisch um etwa 10° in beiden Richtungen und wird von der unter dem Spiegel liegenden Speicherzelle ausgelöst. Je nach Ladung der Speicherzelle wird der Mikrospiegel in der einen oder anderen Position gehalten.
Die projizierte Lichthelligkeit kann dabei durch die Schaltzeiten gesteuert werden. Reflektiert der Spiegel für längere Zeit das einfallende Licht, ist die Helligkeit höher,

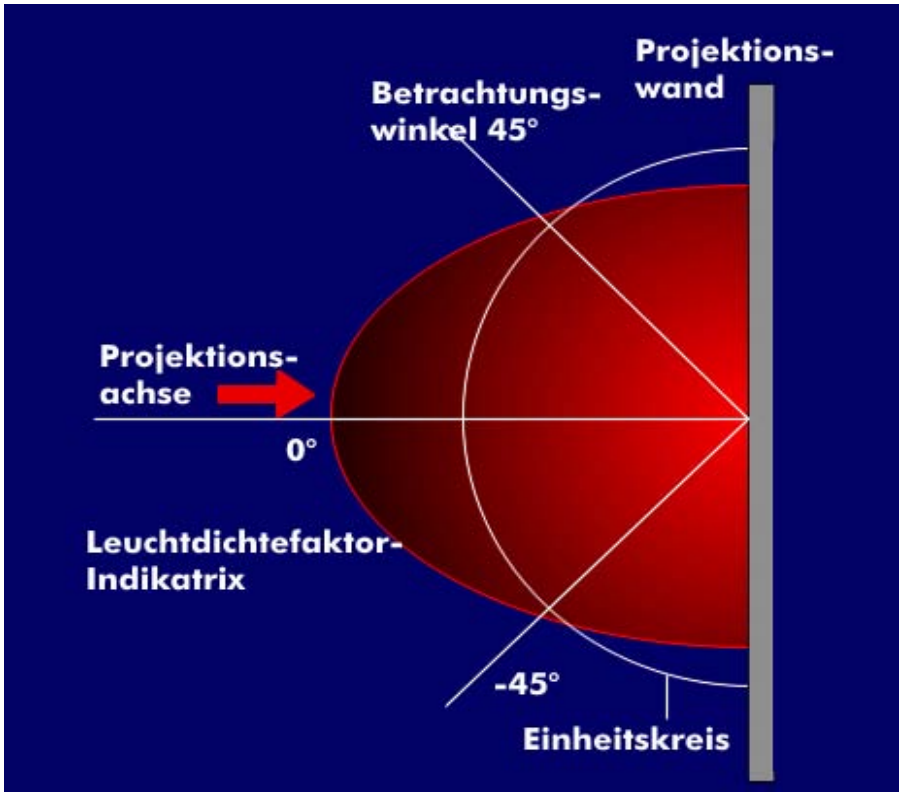
Projektionstechniken

im umgekehrten Fall dunkler. Durch die Schaltzeitsteuerung können durchaus 2exp8 (256) Helligkeitsunterschiede erzielt werden.
Da die Fokussierung des Lichtstrahls mit einem speziellen Objektiv die Mikrospiegel exakt trifft, entsteht nur geringes Streulicht, das auf die benachbarten Spiegel fällt. Dadurch entsteht ein hoher Kontrast mit Kontrastwerten von 2.500:1. Neuere Entwicklungen mit einer weiteren Verminderung des Streulichts sollen für Kontrastwerte von 5.000:1 sorgen.
DMD-Chips werden auch für die punktgenaue Lichtverteilung in Kraftfahrzeug-Scheinwerfern eingesetzt.

Gain-Faktor
gain factor

Die Wiedergabequalität von *Projektionsflächen* oder Bildwänden wird über das Reflexionsverhalten der Projektionswand, deren Lichtausbeute und den Betrachtungswinkel bestimmt. Der Kennwert für das Reflexionsverhalten ist der Gain-Faktor oder Leuchtdichtefaktor. Es ist ein dimensionsloser Wert, in dem sich die Wiedergabeeigenschaften von Auf- und Rückprojektionen widerspiegeln und der als Auswahlkriterium für die verschiedenen Bildwände benutzt werden kann.
Der Gain-Faktor ist das Verhältnis von projiziertem, auf die Projektionswand fallendem Licht, zu dem von ihr reflektierten Licht. Es ist ein Zahlenwert aus dem das Reflexionsverhalten gegenüber einer Referenzfläche hervorgeht. Als Referenz benutzt der Leuchtdichtefaktor eine ebene Norm-Weiß-Projektionsfläche. Bei gebogenen ändert sich der Gain-Wert, da sich das reflektierte Projektionslicht in bestimmten Betrachtungswinkeln heller in anderen hingegen dunkler ist. Generell ist er vom Betrachtungswinkel abhängig, wird allerdings unabhängig von diesem angegeben. Das bedeutet, dass der Gain-Faktor auch etwas über die Lichtverteilung aussagt. Neben dem Leuchtdichtefaktor gibt es noch einen Index, der die Abstrahlrichtung der Projektionsfläche einbezieht: die Leuchtdichtefaktor-Indikatrix. Das ist ein Diagramm aus dem

Projektionstechniken



Leuchtdichtefaktoren bei unterschiedlichen Betrachtungswinkeln

der Gain-Faktor in Abhängigkeit von der Abstrahlrichtung hervorgeht.
Was die Gain-Faktoren betrifft, so wird bei kleinen Gain-Faktoren zwischen 0,7 und 1,1 das Licht von der Bildwand etwa gleichmäßig in alle Richtungen reflektiert, wie bei der *Diffusbildwand*. Der Betrachtungswinkel ist dementsprechend groß. Bei höheren Leuchtdichtefaktoren zwischen 1,5 und 2,0 konzentriert sich das reflektierte Licht in einer Hauptbetrachtungsachse. Der Betrachtungswinkel ist relativ schmal, bei einer seitlichen Betrachtung ist eine starke Helligkeitsminderung erkennbar.
Rückraumprojektionen haben höhere Gain-Faktoren. Sie liegen zwischen 3 und 4 und höher, was auch auf den verminderten Einfluss von Fremdlicht zurückzuführen ist.

Head-up-Display
HUD, head up display

Die Technik der Head-up-Displays (HUD) stammt aus den 40er Jahren des letzten Jahrhunderts und wurde in militärischen Flugzeugen eingesetzt. Gegenwärtig werden sie in

Projektionstechniken

Head-up-Display (HUD), Foto: BMW

der zivilen Luftfahrt und testweise in Pkws eingesetzt. Der Unterschied zwischen den Head-up-Displays und den Head-down-Displays besteht darin, dass der Fahrer beim Head-up-Display seinen Blick nicht vom Luftraum bzw. vom Verkehrsgeschehen abwenden muss, um die wichtigsten Fahrzeuginformationen zu lesen. Dazu gehören die aktuelle Geschwindigkeit, Warnhinweise oder Navigationsinformationen.

Sie werden unmittelbar ins Sichtfeld des Fahrers auf die Windschutzscheibe projiziert. Technisch betrachtet werden die Fahrzeuginformationen auf einem TFT-Display, mittels Laser oder einer anderen lichtstarken Displaytechnik dargestellt. Von dort werden sie über Linsen- und Spiegelsysteme auf die Windschutzscheibe projiziert. Die Spiegeloptiken gleichen die Krümmung der Windschutzscheibe aus und verlängern den Weg, den das Licht vom Display bis zur *Projektionsfläche* zurücklegt. Dieser Weg ist entscheidend dafür, in welchem Abstand der Fahrer die Anzeige wahrnimmt, damit sich die Augenfokussierung während der Fahrt nicht ändern muss.

Ein wichtiger Aspekt für die *Projektion* ist die Beschaffenheit der Windschutzscheibe. Da diese aus zwei voneinander getrennten Glasschichten besteht, zwischen denen sich eine PVB-

Projektionstechniken

Schicht (Butyrol-Polyvinil) befindet, würden bei der Projektion zwei minimal versetzte Darstellungen erscheinen. Dies wird durch eine neu konstruierte Windschutzscheibe mit minimal unterschiedlichen Krümmungen der beiden Glasschichten kompensiert, so dass die Projektionsbilder beider Scheiben übereinander liegen. Ein weiterer Punkt ist die Projektionshelligkeit, die in Abhängigkeit von der Außenhelligkeit und dem Lichteinfall gesteuert wird. Die Außenhelligkeit wird über Umgebungslicht-Sensoren erfasst und regelt die Projektionshelligkeit nach.
Als Alternative zu der Projektionstechnik bieten sich transparente OLEDs, Transparent OLED (TOLED), an, die auf die Windschutzscheibe befestigt werden. Bei allen Techniken muss gewährleistet sein, dass das HUD-Display auch bei starker Sonneneinstrahlung noch gut lesbar ist.

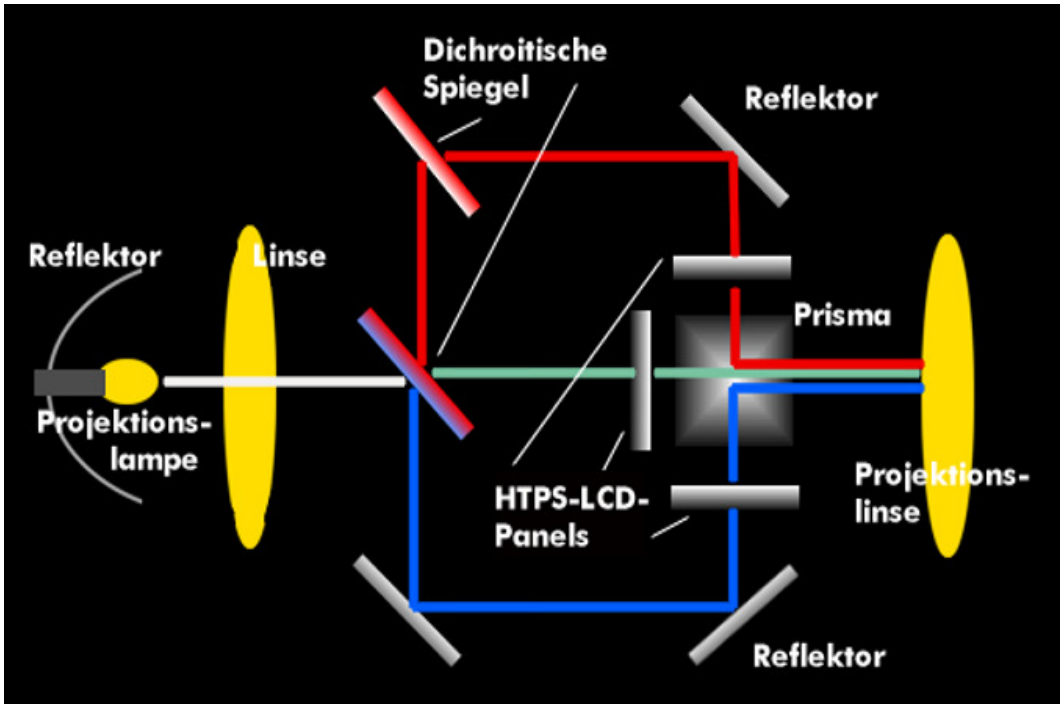
HTPS-Projektor
HTPS, high temperature polysilicon

Hochtemperatur-Polysilizium (HTPS) ist eine Halbleitertechnologie, die bei Temperaturen von 1.000 °C hergestellt wird. Mit ihr können kleinste Strukturen für TFT-Displays als Aktivmatrixen hergestellt werden. Diese Technik wird auch für hochauflösende Durchlicht-LCD-Panels für Großbildprojektion eingesetzt.

HTPS-LCD-Projektor von Sony

Projektoren in Hochtemperatur-Polysilizium-Technologie sind in der Regel als *LCD-Projektoren* mit 3-TFT-Panels aufgebaut und haben eine Auflösung, die Full-HD entspricht, also von 1.920 x 1.080 (1.080p) Bildpunkten. Bei der 3LCD-Technik benutzt man drei LCD-

Projektionstechniken



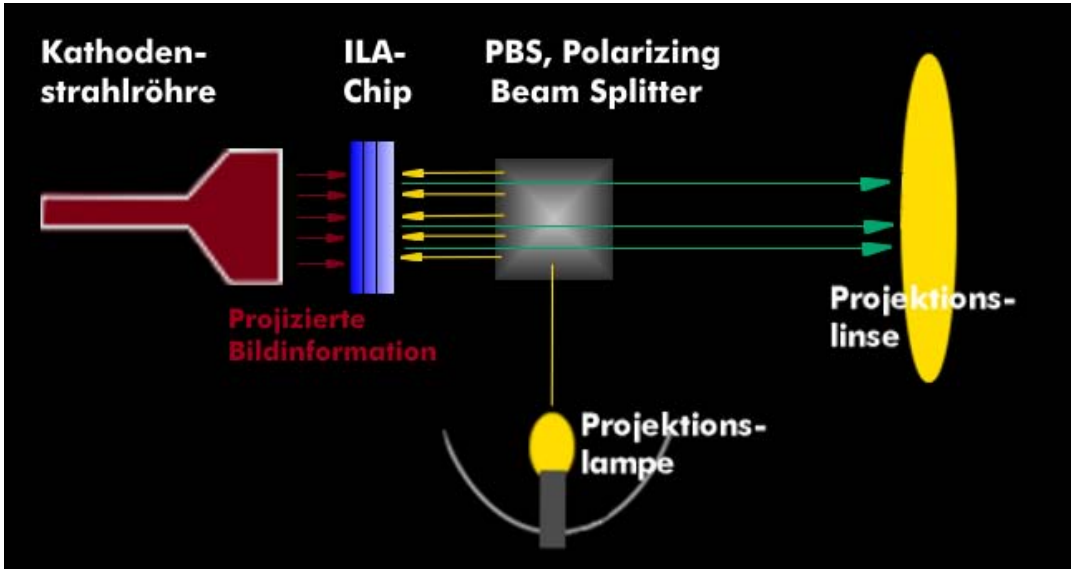
Aufbau eines HTPS-LCD-Projektors

Panels mit einer Bilddiagonalen von 0,7 Zoll. Das bedeutet bei einer Auflösung von 1.920 x 1.080 Pixel einen Pixelabstand von etwa 8 Mikrometer (µm).
Technisch wird bei den HTPS-Projektoren das von einer Projektorlampe erzeugte Licht über *dichroitische Filter* in die Farben Rot, Grün und Blau zerlegt. Mit diesen Lichtstrahlen werden die drei LCD-Panels, auf denen die RGB-Farbauszüge dargestellt werden, durchleuchtet. Die drei Farbstrahlen werden danach über ein Prisma zu einer Bildinformation vereint und auf die *Projektionswand* projiziert.
HTPS-Projektoren zeichnen sich durch eine hohe Lichtausbeute aus, weil sie ein günstiges Verhältnis zwischen Pixel und Leiterbahnen haben. Darüber hinaus benötigen sie eine relativ geringe Projektionsleistung und haben einen hohen Kontrast von über 500:1. Je nach Treiber können sie mehrere Milliarden Farben auflösen.

Projektionstechniken

ILA-Projektor
ILA, image light amplifier

Das Prinzip des ILA-*Projektors* basiert auf einem Lichtventil mit Lichtverstärkung. Der zentrale ILA-Lichtverstärker moduliert polarisiertes Licht mit Bildinformationen. Der ILA-Chip ist von einer Seite aus lichtdurchlässig, von der anderen lichtundurchlässig und reflektierend.
Die lichtdurchlässige Seite des ILA-Chips besteht im Wesentlichen aus einer fotoelektrischen Halbleiterschicht, auf die ein hochauflösendes Bild von einer Kathodenstrahlröhre als Ladungsbild projiziert wird. Dieses Ladungsbild wird elektrostatisch von der Halbleiterschicht über die lichtdichte Schicht auf die Flüssigkristallschicht übertragen und richtet die Flüssigkeitskristalle dem Ladungsbild entsprechend aus.
Die lichtundurchlässige Seite besteht aus einem schützenden Glas hinter dem sich die Flüssigkristallschicht und eine dielektrische Schicht befinden. Letztere ist verspiegelt und reflektiert das auftreffende Licht. Diese Seite des ILA-Lichtverstärkers wird mit dem Licht einer *Projektorlampe* beleuchtet, das vorher durch Polarisation in eine Schwingungsebene gefiltert wurde.
Dieses polarisierte Licht wird, wenn es die Flüssigkristallschicht passiert, mit der

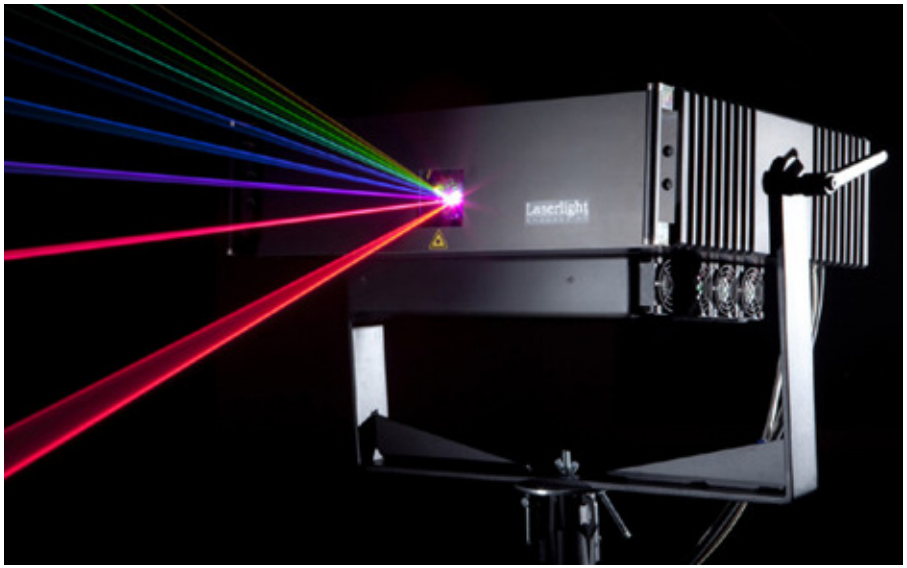


Aufbau eines 1-Chip-ILA-Projektors

Projektionstechniken

Bildinformation phasenmäßig moduliert. Danach trifft das polarisierte und phasenmodulierte Licht auf den dielektrischen Spiegel von dem es reflektiert wird und ein weiteres Mal die Flüssigkristallschicht passiert und auch ein weiteres Mal phasenmoduliert wird. Das aus dem ILA-Lichtverstärker reflektierte und modulierte Licht passiert den Polarisationssplitter (PBS), der in dieser Richtung nur noch vertikal polarisiertes Licht durchlässt, und wird über die Projektionslinse auf die *Projektionswand* projiziert.
Wie andere Projektionstechniken gibt es ILA-Projektoren mit einem ILA-Chip aber auch als Drei-Chip-Projektor, bei denen die drei Primärfarben über *dichroitische Filter* erzeugt werden.
Eine Weiterentwicklung der ILA-Technik ist *D-ILA*, Direct-Drive Image Light Amplifier.
ILA-Projektoren haben eine aufwendige Technik, sie sind lichtstark, zeichnen sich durch einen hohe Kontrast und Auflösung aus, die SXGA, UXGA und Super UXGA (SUXGA) übersteigen kann, und eignen sich für Großbildprojektion.

Laserprojektor
laser projector



Laserprojektor, Foto: Laserlight.de

Laserprojektoren sind Hochleistungsprojektoren für Großbildprojektionen und auch für das Heimkino. Als *Projektionsfläche* dienen alle ebenen und unebenen Flächen und auch Körper.
Vom Aufbau her bestehen Laserprojektoren aus einer

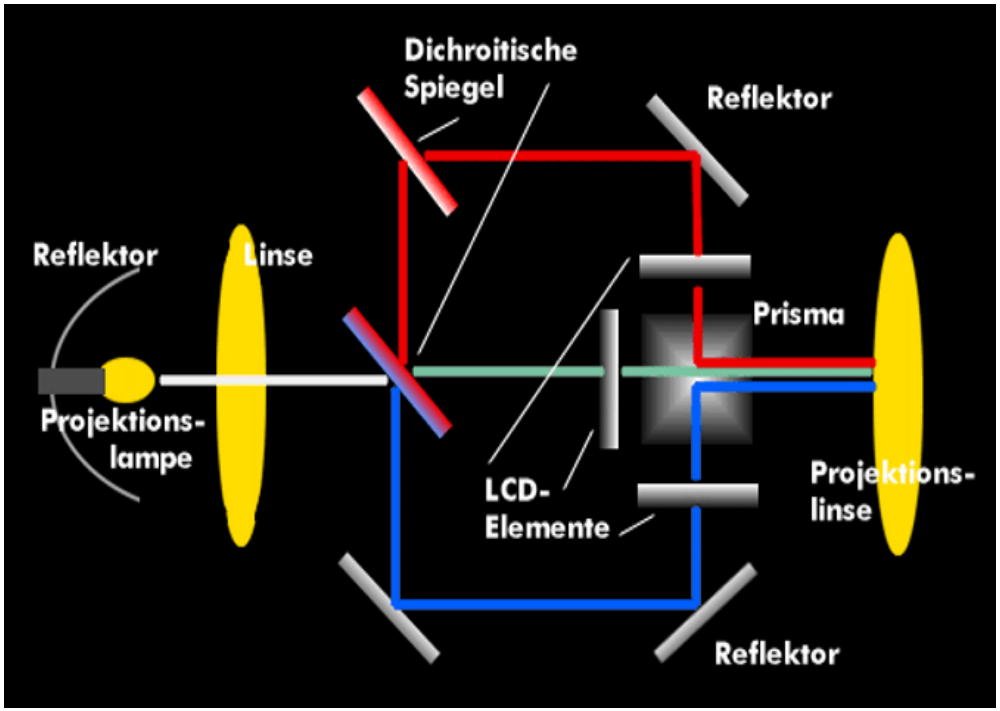
Projektionstechniken

Modulationseinheit mit drei Festkörperlasern für die Primärfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B). In einem akustooptischen Modulator werden die Laserstrahlen mit den drei Signalen der Primärfarben moduliert und über *dichroitische Filter* zu einem Strahl vereint. Dieser wird über einen Lichtwellenleiter zur eigentlichen Projektionseinheit übertragen. Ein mechanisch mit den Zeilen- und Bildsynchronimpulsen gesteuerter Spiegel, ein so genannte Polygonscanner, lenkt den Laserstrahl zeilenweise ab; gleichzeitig sorgt ein weiteres Spiegelsystem für die bildsynchrone Ablenkung in der Vertikalen.
Vorteile dieser auf laserbasierten *Projektoren* liegen in der hohen Helligkeit, dem enormen Kontrastverhältnis von bis zu 1.000:1 und der Möglichkeit auf ebenen und unebenen Flächen und Körpern zu projizieren.

LCD-Projektor
LCD projector

LCD-*Projektoren* dienen der Großbild-Präsentation von Bildschirmdarstellungen. Ihr Einsatz empfiehlt sich bei Schulungen, auf Kongressen oder bei anderen Präsentationen in Messe-, Flug- und Bahnhofshallen.
Sie arbeiten wie TFT-Displays mit Flüssigkristallen, die bei Anlegen eines elektrischen Feldes ihre Struktur in eine bestimmte Richtung ausrichten und dadurch den Lichtdurchfluss steuern. Es gibt zwei unterschiedliche Technologien mit einem und mit drei TFT-Elementen. Bei der Ein-TFT-Panel-Technologie hat der LCD-Projektor ein TFT-Element, das von einer *Projektorlampe* kontinuierlich angestrahlt und dessen Licht über Mikrolinsen und Farbfilter gleichmäßig und auf das LCD-Element verteilt wird, ohne sichtbare Beeinträchtigung durch die Steuerleitungen der Dünnschichttransistoren. Das TFT-Element besteht aus den einzelnen Schichten mit den Flüssigkristallen, die von der Signalquelle gesteuert werden. Vor dem LCD-Element befindet sich eine Projektorlinse für die Fokussierung des Lichtstrahls.
Der 3-TFT-Panel-Projektor hat drei TFT-Elemente für die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau.

Projektionstechniken



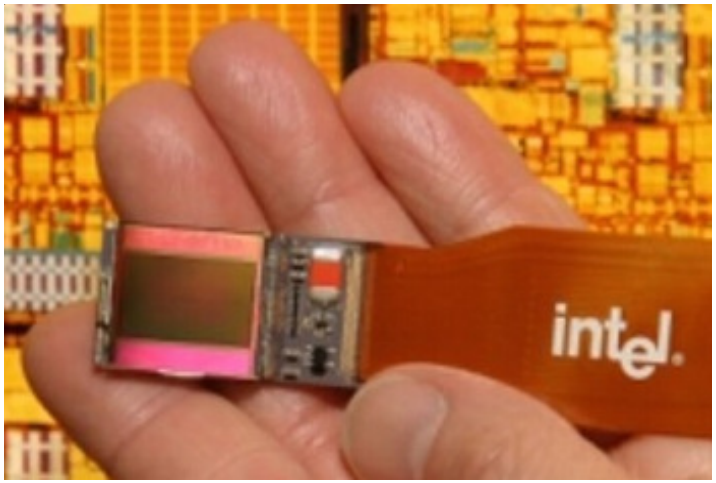
LCD-Projektion mit Farbteilung über dichroitische Spiegel

Das Licht der Projektorlampe wird dabei über *dichroitische Filter* gleichmäßig auf alle drei TFT-Elemente verteilt. Die Farbaufteilung der monochromatisch arbeitenden TFT-Elemente werden über Farbfilter generiert. Über eine nachgeschaltete Fokussierungseinrichtung und die Projektorlinse wird das Licht auf die *Projektionsfläche* projiziert. Dieser Aufbau entspricht dem des *HTPS*-Projektors, wobei die Dünnfilmtransistoren in Hochtemperatur-Silizium-Technologie realisiert werden.
Die Auflösung von LCD-Projektoren liegt zwischen 100.000 Pixel bis hin zu 1,5 Millionen Pixel. Wobei der letztgenannte Wert durchaus für alle drei Farben gelten kann, also einer effektiven Bildpunktanzahl von 500.000 entspricht. Mit dieser Pixelzahl können Darstellungen in XGA und SXGA mit 1.280 x 1.024 Bildpunkten erzeugt werden. Für Video-Darstellungen gibt es neben dem Bildseitenverhältnisse von 4:3 auch Projektoren für ein Format von 16:9. Die Lichtstärken von LCD-Projektoren liegen zwischen 1.000 und 3.000 ANSI-Lumen.

Projektionstechniken

LCoS-Projektor
LCoS, liquid crystal on silicon

LCoS-*Projektoren* arbeiten nach dem reflektiven Verfahren mit LCoS-Displays. Dabei wird das Projektionslicht über einen speziellen Spiegel auf das LCoS-Display projiziert, wo es von jeder einzelnen LCoS-Zelle (Liquid Crystal on Silicon) reflektiert wird.
Vom Aufbau her besteht ein LCoS-Projektor aus der Projektorlampe, deren Strahl über ein Linsensystem, bestehend aus einer Sammellinse und *dichroitischen Filtern*, auf einen Polarizing Beam Splitter (PBS) gestrahlt wird. Diese Projektoren benutzen anstelle der sonst üblichen Prismen den Polarizing Beam Spitter. Da LCoS-Projektoren nach dem RGB-Farbmodell mit additiver Farbmischung arbeiten, wird das Licht in die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau zerlegt und über Polarisierer auf die drei reflektierenden LCoS-Chips geworfen. Die Strahlreflektionen der drei LCoS-Chips werden in der Projektorlinse gebündelt und auf die *Projektionsfläche* projiziert.
LCoS-Chips bestehen aus drei Schichten: die oberste Schicht ist eine transparente Elektrode, auf der mittleren Schicht, die etwa 3 µm dünn ist, befinden sich die Flüssigkeitskristalle. Und die unterste Schicht sind die als Array angeordneten Elektroden mit ihren Adressleiterbahnen für die Ansteuerung der einzelnen Pixel. Die Leiterbahnen befinden sich hinter der reflektierenden Schicht und absorbieren dadurch kein Licht.



LCoS-Chip mit 1.280 x 786 Pixel, Foto: Intel

LCoS-*Projektionen* eignen sich für qualitativ hochauflösende Großbildprojektion mit einer Auflösung, die noch über UXGA liegen kann. Das hängt mit den kleinen LCoS-Zellen

Projektionstechniken

zusammen, die einen Durchmesser von nur 8 µm haben. Sie zeichnen sich durch ein hervorragendes Kontrastverhältnis von über 10.000:1 aus und haben eine hohe Helligkeit.

LED-Projektor
LED projector

Unter LED-*Projektoren* versteht man *DLP-Projektoren*, bei denen drei leistungsstarke, farbige LEDs direkt die Mikrospiegel (MEM) des DLP-Chips beleuchten.
Diese Power-LEDs leuchten in den Primärfarben Rot, Grün und Blau. Das Beleuchtungslicht wird also nicht mehr über rotierende Scheiben oder *dichroitische Filter* gewonnen, sondern direkt aus der Lichtstärke der Power-LEDs.

Limesco
line memory scan converter

Die Limesco-Technologie (Line Memory Scan Converter) ist eine von Philips entwickelte Technologie für *LCD-Projektoren*. Mit dieser Technik, die mit einem speziellen Limesco-Chip arbeitet und bei der ganze Zeilen gespeichert werden, können Grafiken mit höherer Grafikauflösung projiziert werden.

Linedoubler

Die klassischen Fernsehstandards arbeiten mit Zeilensprungverfahren und zwei Halbbildern, die beim PAL-Fernsehstandard nur jeweils 312,5 Zeilen haben. Bei großflächigen Darstellungen und *Projektionen* macht sich das insofern negativ bemerkbar, als dass die relative Geschwindigkeit des projizierten Lichtstrahls mit der Größe der *Projektionswand* abnimmt. Außerdem stört die niedrige Zeilenstruktur, weil die dunklen Zwischenzeilen des jeweils anderen Halbbildes als schwarze Linien sichtbar sind.
Diese Einschränkungen können durch Verdoppelung der Zeilenzahl behoben werden. Die entsprechenden Geräte arbeiten mit Videoprozessoren und heißen Linedoubler oder De-Interlacer, weil sie das Interlacing aufheben.
Es gibt drei technische Lösungsansätze: Das Line Insert, die Interpolation und das Field

Projektionstechniken

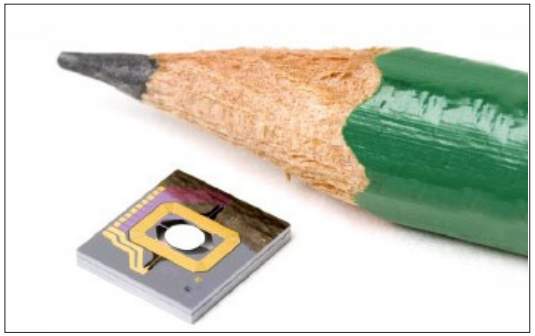
Linedoubler, Foto: Philips

Insert. Beim Line Insert wird der Zeileninhalt einer Zeile wiederholt; die zweite Zeile hat also den gleichen Zeileninhalt wie die erste. Bei der Interpolation berechnet der Videoprozessor die Zwischenzeilen aus dem Mittelwert zwischen zwei Zeilen eines Halbbilds. Die Interpolationstechnik eignet sich für bewegte Szenen.
Für statische Videosequenzen ohne große Bewegungsdynamik arbeitet man mit der Technik des Field Insert. Dabei werden zwei Halbbilder miteinander kombiniert: die ungeraden Zeilen des ersten Halbbilds mit den geraden des folgenden.
Bei allen Techniken verdoppelt sich die Zeilenzahl von 312,5 Zeilen pro Halbbild auf 625 Zeilen.

Miniprojektor
mini projector

Miniprojektoren, auch als Minibeamer bezeichnet, sind netzbetriebene Kleinstprojektoren in der Größe von etwa 15 x 10 x 5 cm. Noch kleinere Ausführungen in der Größe eines Handys oder einer Zigarettenschachtel werden als Mikroprojektoren oder Mikrobeamer bezeichnet und sind batteriebetrieben. Manchmal werden sie auch als Picoprojektoren bezeichnet. Die kleinsten von ihnen wiegen nur um die 100 g.
Die Kleinstprojektoren arbeiten mit den bekannten Projektionstechniken, mit Leuchtdioden, *Digital Light Processing* (DLP) oder *Liquid Crystal on Silicon* (LCoS). Zusätzlich zu der bekannten DLP-Projektionstechnik mit Millionen kleiner Mikrospiegel, bietet sich für

Projektionstechniken



Monolithischer Chip mit kardanisch aufgehängtem Spiegel, Foto: Microvision

Mikroprojektoren als Alternative mikromechanisches Verfahren mit nur einem kardanisch aufgehängten Mikrospiegel. Da dieser eine äußerst geringe Masse hat, können die Lichtstrahlen von den drei Lasern mit Rot, Grün und Blau zeilenweise über die *Projektionsfläche* abgelenkt werden, und zwar mit der Wiederholrate eines normalen Fernsehbildes. Die Lichtstrahlen des roten, grünen und blauen Lasers werden über den Mikrospiegel abgelenkt und auf die Projektionsfläche projiziert.

Werden Miniprojektoren mit Batterien betrieben, können diese Winzlinge auch nur einen Bruchteil des Lichtstroms von klassischen *Projektoren* liefern. Dieser liegt bei den meisten bei 10 bis 15 Lumen, im Gegensatz zu ca. 2.000 Lumen von normalen Projektoren. Mit diesem relativ geringen Lichtstrom kann eine Projektionsfläche von etwa 1 m ausgeleuchtet werden. Die Auflösung von Miniprojektoren ist unterschiedlich, so bringen es die mit dem elektronischen Spiegeln arbeitenden DLP-Miniprojektoren mit 480 x 320 Pixeln auf die halbe VGA-Auflösung, LCoS-Miniprojektoren auf das volle VGA-Format.

LCoS-Mini-Projektor PocketCinema von Aiptek

Die Miniprojektortechnik ist auch für den embedded Einsatz in mobilen Kleinstgeräten und Handys vorgesehen. Für diese Anwendungen gibt es auch spezielle Entwicklungen, die mit nur einem Spiegel arbeiten, der in zwei Achsen geschwenkt wird.

Projektionstechniken

Damit wird das Projektionsbild pixel- und zeilenweise aufgebaut.
Miniprojektoren sind mit Lithium-Ionen-Akkus ausgestattet und nutzen leistungsstarke Power-LEDs. Im Batteriebetrieb können sie etwa 2 Stunden betrieben werden.

Perl-Leinwand
perl screen

Die Perl-Leinwand oder Kristallleinwand ist eine von vier verschiedenen Bildwandtypen. Sie entspricht dem Bildwandtyp B und unterscheidet sich von den anderen *Projektionsflächen* dadurch, dass die kristalline Oberflächenstruktur, die winzige Glaskügelchen enthält, den größten Teil des projizierten Lichts in die gleiche Richtung reflektiert, aus der es gekommen ist. Der Ausfallwinkel des reflektierten Lichts entspricht damit dem des einfallenden Lichts. Perl-Leinwände haben eine stärkere Ausprägung in der Projektionsachse, die sich in der

Bildwandtyp	Eigenschaften
B, Kristallbildwand Perbildwand	Bei der Kristallbildwand wird das einfallende Licht in nahezu die gleiche Richtung reflektiert in der es eingefallen ist.
D, Diffusbildwand	Bei der Diffusbildwand wird das einfallende Licht gleichmäßig in alle Richtungen reflektiert.
S, Silberbildwand Metallbildwand	Bei der Silberbildwand wird das einfallende im Spiegelwinkel reflektiert, in dem es eingefallen ist.
R, Rückprojektion	Bei Rückbildwänden wird das Licht transmittiert. Die Vorzugsrichtung der Transmission ist die Projektionsachse.

Bildwandtypen und deren Eigenschaften

Projektionstechniken

Reflexionscharakteristik zeigt. Ihre *Gain-Faktoren* liegen in der Vorzugsrichtung zwischen 1,5 bis 1,7. Am Bildwandrand liegen sie allerdings nur noch zwischen 0,5 und 0,7. Daraus ist abzulesen, dass Perl- oder Kristallbildwände gegenüber *Diffusbildwänden* nur über einen eingeengten Betrachtungswinkel verfügen.

Projektion
projection

Bei der Projektion geht es darum Bilder oder Videos mit einem *Projektor* auf eine *Projektionswand* zu projizieren. Erfolgt die Projektion von vorne auf die Projektionswand, also von Betrachtungsseite aus gesehen, dann spricht man von Aufprojektion oder Frontprojektion. Bei dieser Projektionstechnik werden die projizierten Videos von der Projektionsfläche reflektiert. Es kommt also darauf an, dass die Reflexionsfläche die projizierten Videos möglichst stark reflektiert.
Anders verhält es sich mit der *Rückprojektion*. Bei dieser Projektionstechnik wird das Video aus der dem Betrachter entgegengesetzten Richtung auf eine halbtransparente Projektionsfläche projiziert. Um Kontrasteinbußen durch Streulicht zu vermeiden kann die Rückprojektion von einem abgedunkelten Raum aus von hinten auf die Projektionsfläche erfolgen. Hierbei hängt die darstellbare Helligkeit stark von der Lichtabsorption und -durchlässigkeit der Projektionswand ab. Da die Rückprojektion seitenverkehrt ist, müssen die Projektoren eine entsprechende Darstellung unterstützen.

Projektionswand
projection screen

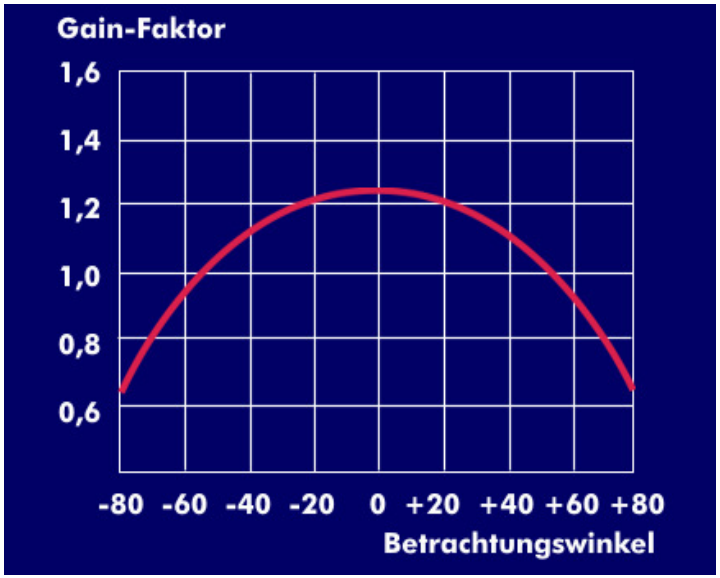
Eine Projektionswand ist eine weiße oder in Weißtönen gehaltene Fläche, die im Falle der Aufprojektion Licht reflektiert oder bei der Rückprojektion Licht teiltransparent durchlässt. Es kann sich um eine feste, gerade oder gewölbte Fläche handeln auf der projizierte Bilder möglichst unverfälscht, verzerrungsfrei und lichtstark reflektiert werden. Eine Projektionswand oder Bildwand kann aus Folie oder Stoff bestehen, aus beschichtetem Spezialmaterial oder

Projektionstechniken

Projektionswand, Foto:Leinwand-shop.info

glasfaserverstärktem Gewebe. Sie sollte eine glatte, stark reflektierende Oberfläche haben, die nicht wellig ist. Eingesetzt werden solche Projektionsflächen oder -wände auf Messen, in Seminaren und Kongressen, aber auch im Privatbereich im Heimkino.
Die Beschaffenheit und die Oberflächenstruktur der Projektionswand sind entscheidend für die Lichtreflexion mit der ein von einem *Projektor* auf die Projektionswand projiziertes Bild reflektiert wird. Die Güte einer Projektionsfläche wird als Gain-Wert angegeben. Es ist der Faktor, der das Verhältnis von projiziertem zu reflektiertem Licht angibt. Der *Gain-Faktor* oder Leuchtdichtefaktor bezieht sich auf eine ebene Projektionsfläche in Norm-Weiß. Wird die Projektionsfläche gebogen, ändert sich der Gain-Wert, da das reflektierte Licht in einem bestimmten Hot-Spot heller ist.
Um eine ebene Projektionsfläche zu erhalten kann diese durch Gewichte oder Spannrahmen gespannt werden. Das Projektionstuch besteht häufig aus Vinylfolie und Glasfiber und hat bei winkelfreier Betrachtung eine Totalreflexion. Bei der Ausführung gibt es viele Facetten in Bezug auf die *Projektion* bei hellen oder abgedunkelten Räumen ebenso wie auf den möglichen Blickwinkel. Ebenso auf die mechanischen Ausführungen und die Art und Weise der Steuerung. Eine Motorleinwand für das Heimkino kann mit einem Ethernet-Anschluss ausgestattet sein und mittels Fernbedienung im Decken- oder Bodenbereich versenkt werden.

Projektionstechniken



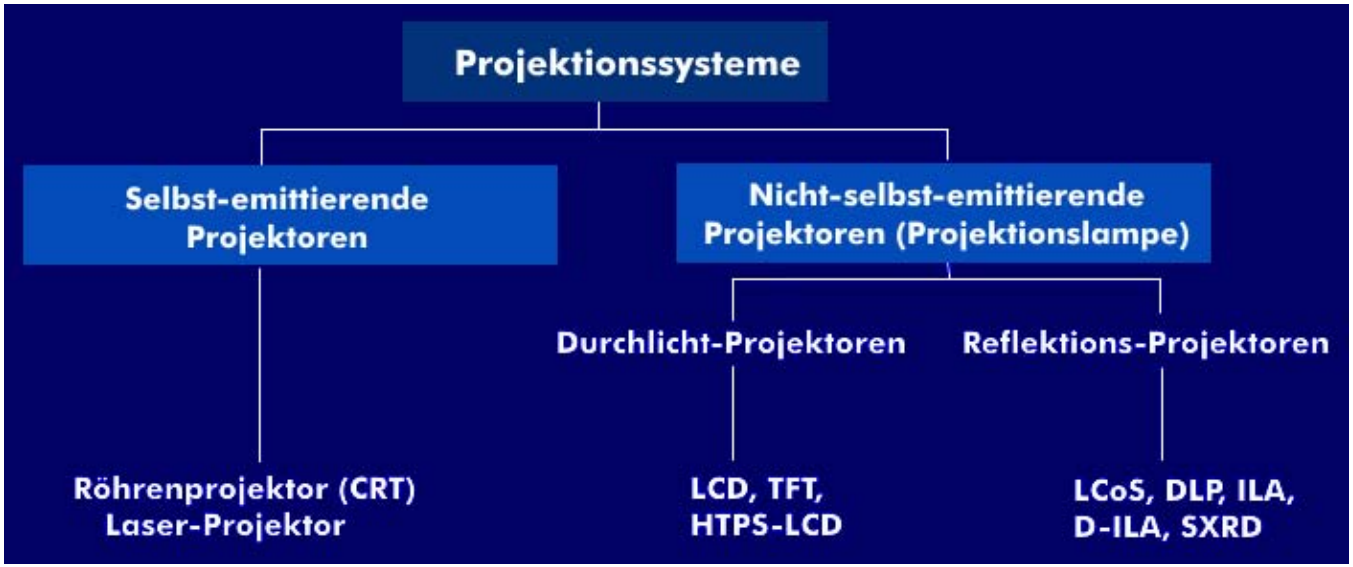
Gain-Faktor einer Bildwand in Abhängigkeit des Betrach-tungswinkels

Das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) hat in DIN 19045-4 mit dem Titel „Projektion von Steh- und Laufbild" die verschiedenen Projektionswände in reflektierende, transmittierende und diffuse Bildwandtypen klassifiziert und in verschiedene Bildwandtypen eingeteilt. Danach gibt es die *Diffusbildwand*, die Kristall- oder *Perl-Leinwand*, die Metall- oder *Silberleinwand* und die Bildwand für die Rückprojektion. Mit den verschiedenen Bildwandtypen kann man die Projektionstechnik an die räumlichen Gegebenheiten, an die Raumgröße und die Sitzanordnung der Betrachter anpassen.

Projektor
projector

Projektoren sind Projektionsgeräte für die Großbildprojektion von Bildschirminhalten und Video. Einsatz finden *Beamer* in Besprechungs- und Schulungsräumen, in Kongresszentren, Flughäfen, Bahnhöfen, auf Messeständen, in Kinos und Heimkinos. Sie sind direkt anschließbar an Personal Computer (PC) und Videoquellen und können den Bildschirminhalt großformatig mit einem Bildseitenverhältnis von 4:3 aber auch von 16:9 darstellen. Die Bilddiagonale kann bis zu mehrere Meter betragen. Die *Projektion* kann von vorne auf eine reflektierende Fläche erfolgen, dabei handelt es sich um eine Aufprojektion, oder von hinten auf eine matte halbtransparente Fläche, das ist dann eine *Rückprojektion*.
Die projizierte Helligkeit, die in Lux angegeben wird, ist abhängig von der Lichtstärke des

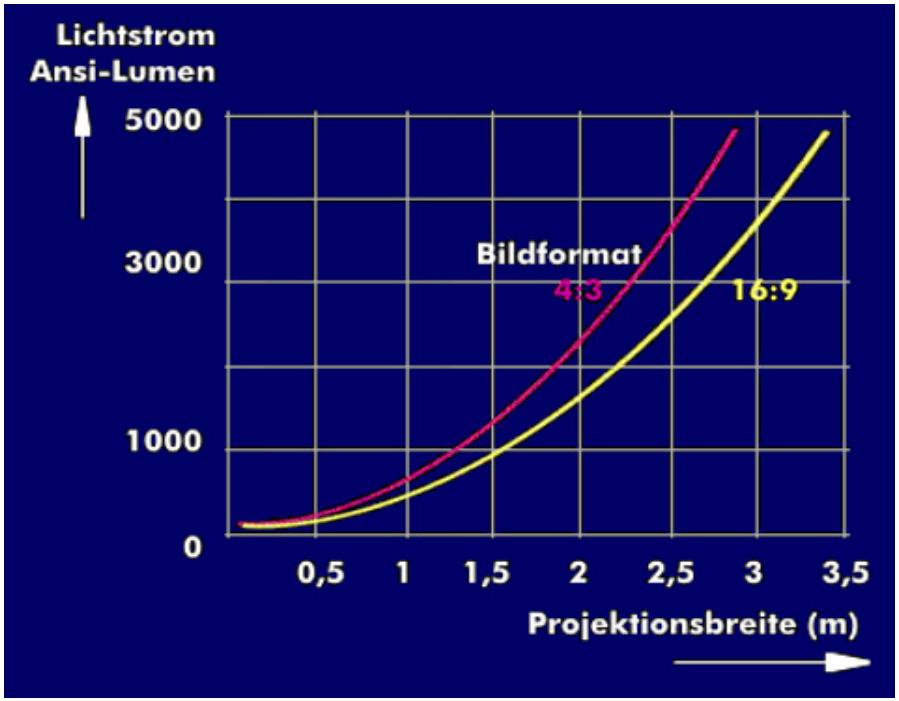
Projektionstechniken



Klassifizierung von Projektionssystemen

Projektors, die in ANSI Lumen angegeben wird, und der Größe der *Projektionsfläche*. Als Bewertungsgröße wurde dafür die *Referenzbildhelligkeitsbreite* (RHB) entwickelt.
In Abhängigkeit vom Projektionsverfahren kann die Lichtleistung der Projektoren zwischen einigen hundert ANSI-Lumen bis zu über 10.000 ANSI-Lumen betragen. Das bedeutet, dass man ohne weiteres bei hell erleuchteten Räumen Großbilder projizieren kann.
Die Auflösung der projizierten Darstellung entspricht der Grafikauflösung von Personal Computern und umfasst diverse VGA-Formate: VGA, SVGA, XGA, SXGA, WXGA. Darüber hinaus auch die CIF-Darstellformate und die Videodateiformate. Entsprechend ihrem Einsatzgebiet haben Projektoren, die im Heimkino eingesetzt werden, eine Auflösung von Full-HD mit 1.920 x 1.020 Bildpunkten.
Für Kinos hat die Digital Cinema Initiative (DCI) zwei CDI-Standards definiert: 2K und 4K, was

Projektionstechniken



Lichtstärke in Abhängigkeit vom Projektionsformat

einer horizontalen Auflösung von 2.048 und 4.096 Bildpunkten entspricht.

Technisch gesehen handelt es sich bei der Projektion um eine additive Farbmischung der Primärfarben Rot, Grün und Blau, gemäß dem RGB-Farbmodell. Dabei kann die Farbdarstellung in den meisten Techniken mit einer Farbquelle und vor- oder nachgeschalteten Farbfiltern erfolgen, oder mit drei Farbquellen für die drei Primärfarben, was immer zu einer besseren Lichtausbeute führt.

Die älteste Projektionstechnik sind die *Röhrenprojektoren*, die mit Kathodenstrahlröhren arbeiten. Von dieser Technik wurde der Begriff Beamer abgeleitet. Dabei erzeugen drei Kathodenstrahlröhren jeweils den Rot-, Grün- und Blauauszug eines Farbbildes, die dann über eine oder drei getrennte Optiken auf die Projektionsfläche projiziert werden. Andere Projektionsverfahren arbeiten mit Durchlichttechnik, wie der *LCD-Projektor* und der TFT-Projektor, und wieder andere mit einer Reflektionstechnik wie der *LCoS-Projektor*, *DLP-Projektor*, *Laserprojektor* und der *ILA-Projektor*. Neben den Projektoren für Großflächenprojektion gibt es noch die kleinen *Miniprojektoren* und Picoprojektoren und die *Head Mounted Displays* (HMD), bei denen die Projektion unmittelbar

Projektionstechniken

vor dem Auge in einer speziellen Brille oder einem Helm, oder wie beim Virtual Retinal Display (VRD) direkt auf die Netzhaut des Betrachters erfolgt.

Referenzbild-helligkeitsbreite, RHB

Die Referenzbildhelligkeitsbreite (RHB) ist ein Maß für die Helligkeit eines projizierten Bildes auf eine *Projektionswand*. Sie ist abhängig von der in ANSI-Lumen angegebenen Lichtleistung des *Projektors* und der Größe der Bildprojektion.

$$\text{Beleuchtungsstärke} = \frac{\text{Lichtstärke des Projektors (ANSI Lumen)}}{\text{Projizierte Bildgröße (qm)}}$$

Referenzbeispiel:

$$\frac{\text{1000 ANSI Lumen}}{\text{3 qm}} = \text{333 Lux}$$

Zusammenhang zwischen Projektionshelligkeit, Lichtstärke und Projektionsfläche

Die Referenzbildhelligkeitsbreite wurde zur Vergleichbarkeit von Projektoren mit unterschiedlichen Lichtstärken entwickelt. Als Referenz wurden 1.000 ANSI Lumen gewählt und eine Bildbreite von 2 m. Das ergibt bei einem Bildseitenverhältnis von 4:3 eine *Projektionsfläche* von 3 qm und eine Projektionswandhelligkeit von 333 Lux.
Dieser Zusammenhang verdeutlicht, dass die Projektionshelligkeit direkt von der Größe der Projektionsfläche abhängt. So hat eine Verdoppelung der Fläche eine Halbierung der Helligkeit zur Folge und mit einer doppelt so großen Lichtleistung kann eine doppelt so große Fläche mit gleicher Projektionshelligkeit ausgeleuchtet werden.

Röhrenprojektor
beamer

Von den Röhrenprojektoren stammt ursprünglich die Bezeichnung Beamer, die zwischenzeitlich für alle Projektionsgeräte benutzt wird.

Projektionstechniken

Röhrenprojektor mit den drei Projektionsröhren, Foto: Spatz-tech.de

Diese Technik wurde bereits in den Anfangsjahren der Fernsehtechnik für die Rückprojektion eingesetzt. Die Röhrenprojektion arbeitet mit drei Kathodenstrahlröhren für die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau. Jede Kathodenstrahlröhre erzeugt den entsprechenden Farbauszug und projiziert diesen auf die *Projektionsfläche*. Da die drei Kathodenstrahlröhren in einem gewissen Abstand voneinander angeordnet sind, ergeben sich Konvergenzverzerrungen zwischen den einzelnen Farbbildern. Da sich die Lichtenergie der Röhren auf die gesamte Projektionsfläche verteilt, müssen die Röhren mit höchster Helligkeit betrieben werden. Dies drückt sich nicht zuletzt in der Lebenserwartung der Röhren aus. Trotz aller technischer Finessen, erreichen solche Röhrenprojektoren lediglich projizierte Helligkeiten von unter 500 ANSI-Lumen.
Die Darstellung auf den Kathodenstrahlröhren erfolgt wie beim Fernsehen und beim Video zeilen- und bildmäßig. Bedingt durch verbesserte Technologien und die relativ geringe Helligkeit, die *Projektionen* nur in abgedunkelten Räumen zulässt, wird die Röhrenprojektion von anderen Projektionstechniken abgelöst.

Rückprojektion
rear projection

Bei den Projektionstechniken unterscheidet man zwischen der Aufprojektion oder Frontprojektion und der Rückprojektion. Die erstgenannte Technik basiert auf der

Projektionstechniken

Lichtreflexion, die Rückprojektion hingegen auf einer Transmission. Bei der Fronttechnik erfolgt die Projektion von vorne auf die Projektionswand, also von der Seite des Betrachters aus, im andern Fall von hinten auf die lichtdurchlässige Projektionswand, des Bildwandtyps „R".

Das Prinzip der Rückprojektion ist relativ alt und wurde zu Beginn des letzten Jahrhunderts bereits für die Projektion von Bildern und Filmen eingesetzt. In den 50er Jahren gab es auch Fernseher, die das Bild von hinten auf die Projektionsfläche projizierten. Bei modernen in Heimkinos eingesetzten Projektionstechniken werden beide Verfahren benutzt, das der Reflexion und das der Transmission. Bei der Transmission wird das Bild des Projektors von hinten auf eine teiltransparente Rückprojektionsbildwand projiziert. Da die Projektionswand selbst Licht absorbiert und damit das transmittierende Licht beeinträchtigt, sind für die Rückprojektion lichtstarke *Projektoren* erforderlich, die

Rückprojektion, Foto: hardscreen.de

Projektionstechniken

Lichtstärken von 40.000 und mehr Lumen erzeugen. Die Lichtausbeute der Rückprojektion ist um einiges höher als die der Aufprojektion. Rückprojektionstechniken arbeiten häufig mit Umlenkspiegeln die dafür sorgen, dass das projizierte Bild über den Umlenkspiegel auf die Projektionsfläche projiziert wird. Die Umlenkspiegel haben den Vorteil, dass der Rückraum-Projektor dicht an der Projektionswand stehen kann. Da das Bild von hinten auf projiziert wird, ist es seitenverkehrt. Die meisten Projektoren können das aber korrigieren.
Die Projektionsflächen können aus teiltransparentem Kunststoff bestehen, aus Glas, Folie oder einem Projektionstuch. Die Lichtausbeute der Projektionsfläche wird als *Gain-Faktor* angegeben. Es handelt sich dabei um das Lichtverhältnis von dem projizierten Licht zu dem Lichtanteil, der auf der Betrachterseite der Projektionswand sichtbar ist. Die Gain-Werte für Rückraum-Projektionswände sind um Faktor 3 bis 4 höher als die für die Frontprojektion, was auf den geringen Einfluss von Fremdlicht zurückzuführen ist. Handelt es sich bei der Projektionswand um eine Scheibe, dann ist diese normalerweise aus etwa 3 mm bis 6 mm dickem Kunststoff und in einem Rahmengestell befestigt. Bei Folien ist es so, dass sich diese zum Aufbringen auf Scheiben oder Schaufensterscheiben eignen und in der Größe flexibel angepasst werden können. Als weitere Alternative gibt es das Projektionstuch, das häufig aus Vinylfolie oder Glasfiber besteht und mit einem Spannrahmen gespannt wird.

Silberleinwand
silver screen

Für Projektionstechniken gibt es verschiedene Lichtbildwände wie die *Perl-Leinwand*, die *Diffusbildwand* und die Metall- oder Silberleinwand. Sie haben unterschiedliche Reflexionseigenschaften und sind in Bildwandtypen klassifiziert. Die Silberleinwand entspricht dem Bildwandtyp „S“. Sie reflektiert einfallendes Licht, wie ein Spiegel: Der Ausfallswinkel entspricht dabei dem Spiegelwinkel des einfallenden Lichts.
Die Silberleinwand besteht aus einem Gewebe auf das eine Metall- oder Silberschicht

Projektionstechniken

aufgebracht ist. Diese Schicht arbeitet wie eine Speigelschicht und reflektiert das einfallende Licht gespiegelt. Die *Projektion* kann dabei aus einem gewissen Winkel erfolgen, bei der sich der *Projektor* ober- oder unterhalb der senkrechten Bildwandachse befindet. Der *Gain-Faktor* zeigt eine stärkere Ausprägung zur Projektionsachse, fällt aber im Randbereich stark ab.

Impressum

Herausgeber

Klaus Lipinski
Datacom-Buchverlag GmbH
84378 Dietersburg

ISBN: 978-3-89238-218-8

Projektionstechniken
E-Book, Copyright 2011

Trotz sorgfältiger Recherche wird für die angegebenen Informationen keine Haftung übernommen.

Dieses Werk ist unter einem Creative Commons Namensnennung-Keine kommerzielle Nutzung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenzvertrag lizenziert.

Erlaubt ist die nichtkommerzielle Verbreitung und Vervielfältigung ohne das Werk zu verändern und unter Nennung des Herausgebers. Sie dürfen dieses E-Book auf Ihrer Website einbinden, wenn ein Backlink auf www.itwissen.info gesetzt ist.

Layout & Gestaltung: Sebastian Schreiber
Titel: © Avner Richard – Fotolia.com

Produktion: www.media-schmid.de
Weitere Informationen unter **www.itwissen.info**