

Kenngrößen von Projektoren

(Lichttechnische Leistungsmerkmale)

1. Ziel des Praktikumsversuches

Ziel soll es sein, die lichttechnischen Parameter eines Projektors (Beamer) zu messen und anschließend auszuwerten. Dabei soll ein Gefühl für die Kenngrößen vermittelt werden. Mit der immer größer werdenden Vielfalt auf dem Gebiet der Home-Cinema-Projektoren ist es wichtig, die einzelnen Kenngrößen miteinander in Verbindung zu bringen.

2. Grundlagen

2.1 Der Lichtstrom

Die wichtigste Kenngröße eines Projektors ist der Lichtstrom ϕ [lm], der den Projektor verlässt. Dieser wird aus dem Mittelwert der Beleuchtungsstärken E_n [lx] (Punkt 1 – 9) und der Bildwandfläche A_2 gebildet.

$$\phi = A_2 \cdot \frac{1}{9} \sum_{n=1}^9 E_n \quad [1]$$

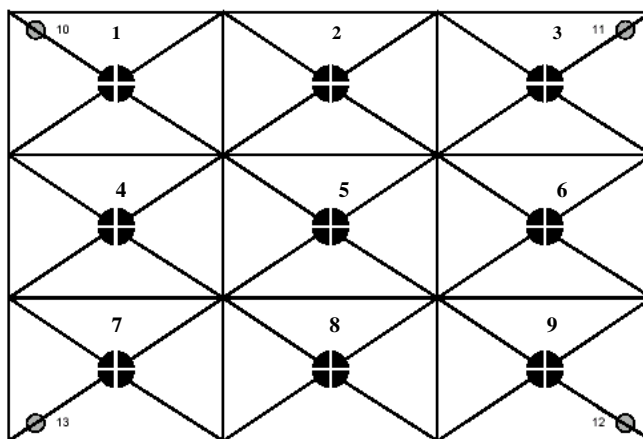


Abb. 1 Testbild Lichtstrom und Gleichmäßigkeit

[1]

2.2 Gleichmäßigkeit der Bildwandausleuchtung

Der Mittelwert aus den neun Messungen der Beleuchtungsstärke E [lx] (Punkt 1 –9, innen) gilt als Bezugswert. Weiterhin werden die zusätzlichen vier Messpunkte (Punkt 10 – 13) gemessen. Aus diesen 13 Messwerten wird somit die maximale Abweichung (zum Mittelwert) als Angabe in Prozent ermittelt. Es ergibt sich somit ein höchster und ein niedrigster gemessener Wert abweichend vom Mittelwert der Beleuchtungsstärke.

2.3 Der völlig schwarze Lichtpegel

Diese Messung wird an den selben Stellen durchgeführt, an denen auch die Messung für den Lichtstrom stattfindet. Das Testbild aber ist ein völlig schwarzes Bild. Dieser schwarze Lichtpegel wird wie folgt angegeben:

$$\phi_{\text{Schwarz}} = A_2 \cdot \frac{1}{9} \sum_{n=1}^9 E_{n_{\text{Schwarz}}}$$

Die Maßeinheit für den schwarzen Lichtpegel ist ebenfalls Lumen.

2.6 Der Kontrast

Der Kontrast ist das Verhältnis zwischen Schwarz und Weiß. Je höher dieser Kontrastunterschied ist, desto besser ist ein Projektor in der Lage, geringe Farbunterschiede darzustellen. Das Testbild besteht aus sechzehn gleichen Rechtecken, auf denen die Beleuchtungsstärke in der Mitte jedes Rechteckes gemessen wird. Der mittlere Wert der Beleuchtungsstärke der hellen Rechtecke wird durch den Mittelwert der Beleuchtungsstärke der dunklen Rechtecke dividiert. Er wird als Verhältnis : 1 ausgedrückt (z.B. 20 lx helle Rechtecke und 0,10 lx dunkle Rechtecke führen zu einem Kontrast 200 : 1).

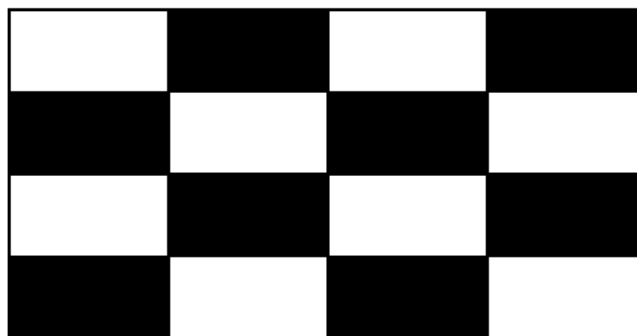


Abb. 2 Kontrastmessungen

2.4 Der Kleinfeldkontrast

Der Kleinfeldkontrast gibt an, wie gut ein Projektor feine Details auf der Bildwand darstellen kann. Das Testbild besteht aus abwechselnden schwarzen und weißen Linien. Diese Linien sind alle ein Pixel breit. Für die Messungen müssen mindestens 5 Linienpaare gemessen werden. Das Verhältnis dieser hellen und dunklen Linien ist der Kleinfeldkontrast (SACR = small area contrast ratio).

$$SACR = \frac{L_{on}}{L_{off}} \quad [1]$$

In jedem Fall wird das Kontrastverhältnis wie folgt angegeben:

$$\mathbf{L_{on} : L_{off}} \quad \rightarrow \quad \frac{L_{on}}{L_{off}} : 1 \quad [1]$$

Der Kleinfeldkontrast wird in der Mitte der Bildwand und an den Ecken der Bildwand gemessen. Aus den Werten wird jeweils der Mittelwert gebildet. Der SACR der Mitte und der schlechtesten Ecke wird angegeben.

Der horizontale Kleinfeldkontrast ergibt sich aus der Messung vertikaler Linien.

Der vertikale Kleinfeldkontrast ergibt sich aus der Messung horizontaler Linien.

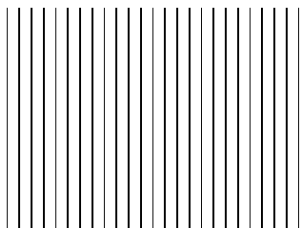


Abb. 3 horizontale Kleinfeldkontrast

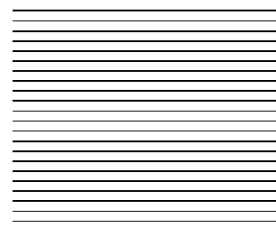


Abb. 4 vertikale Kleinfeldkontrast [1]

2.5 Farbkoordinaten der Farben

Diese werden für die Farben Weiß, Rot, Grün und Blau (alle 100 % der Leuchtdichte) gemessen. Das Testbild entspricht der Abb. 1. Hierbei sind die Farbkoordinaten u' und v' zu ermitteln. Diese lassen sich aus den Normfarbwertanteilen berechnen.

$$u' = \frac{4x}{-2x + 12y + 3} \quad v' = \frac{9y}{-2x + 12y + 3} \quad [1]$$

Für alle Farben werden die Farbkoordinaten u' und v' in den Punkten 1 – 9 nach Abb. 1 gemessen. Aus ihnen werden die Mittelwerte u'_0 und v'_0 für jede Farbe gebildet. Zudem werden die Farbkoordinaten u' v' der Bildmitte angegeben.

2.6 Gleichmäßigkeit der Farben

Hierbei werden zusätzlich die vier äußeren Punkte (10 – 13) nach Abb. 1 gemessen. Aus diesen so entstandenen 13 Messungen für jede Farbe wird dann die maximale Abweichung von den Mittelwerten u'_0 und v'_0 angegeben.

$$\Delta u' v' = \left[(u'_1 - u'_0)^2 + (v'_1 - v'_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad [1]$$

2.7 Farbwiedergabezahl

Für die drei Primärfarben (Rot, Grün, Blau) kann bei gegebenen u' - und v' - Koordinaten zusätzlich die „Effizienz“ der Farbskala als Dreiecksfläche der Primärfarben im $u'v'$ -Farbraum, geteilt durch die dem Ort des Spektrums in diesem Raum entgegengesetzte Fläche definiert werden.

Dieser Wert der Fläche A_{RGB} wird durch 0,1952 geteilt und mit 100 % multipliziert. Man erhält damit den Prozentsatz G_P der Skalenabdeckung [1]. Dieser gibt darüber Auskunft, welchen Zugang der Projektor zu der Fläche innerhalb des Spektrumortes hat.

Als Spektrumort ist die Gesamtfläche des $u'v'$ -Farbraumes zu verstehen. Die Skalenabdeckung ist die Fläche, die von den drei Primärfarben im $u'v'$ -Farbraum gebildet wird. Diese Fläche A_{RGB} des RGB-Dreiecks wird mit folgender Formel berechnet:

$$A_{RGB} = 1/2 * \left[(u'_r - u'_b)(v'_g - v'_b) - (u'_g - u'_b)(v'_r - v'_b) \right] \quad [1]$$

Die Skalenabdeckung G_P stellt somit das Verhältnis der Fläche des RGB-Dreiecks des Projektors zum $u'v'$ -Farbraum dar.

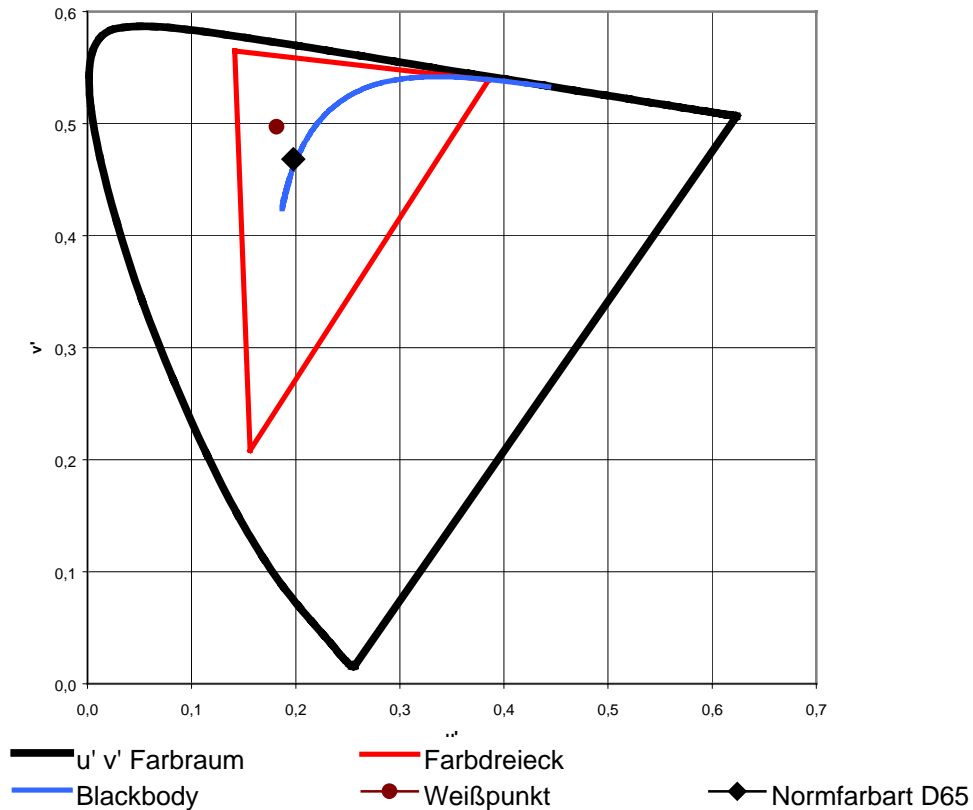


Abb. 5 u'v'-Farbraum mit Farbdreieck der Skalenabdeckung G_P und einem möglichen Weißpunkt (Davis DLX 650 Litebeam) eines Projektors

3. Der Messaufbau

Zum Messaufbau gehört eine höhenverstellbare und verkippbare Bildwand. An der Unterseite der Bildwand sind die 3 Photometerköpfe und ein Farbmesskopf (CH 60) angebracht. Deren Daten werden an das Colormeter C 1210 gesendet. Dieses übergibt dann die Daten an die Auswerte-Programme (LabView). Der Videogenerator Astro VG-823 liefert die zur Messung notwendigen Testbilder. Die Testbilder sind unter **C:\Beamer-Messplatz\Testbilder** abgespeichert. Die Testbilder für die Einstellung von Helligkeit und Kontrast findet man unter **C:\Beamer-Messplatz\Testbilder\H_&_K**.

4. Der Messablauf

Zunächst wird der Projektor zur Bildwand ausgerichtet. Hierzu wird über den Videogenerator Astro VG-823 das **Testbild Nr. 018** geladen. Durch die Höhenverstellung der Bildwand kann

das Bild ausgerichtet werden. Die Unter- und Oberseite des Bildes sollten parallel zur Unterkante der Bildwand ausgerichtet sein.

- 4.1 Überprüfen Sie als erstes die Einstellung von Helligkeit und Kontrast.
- 4.2 Messung der ähnlichsten Farbtemperatur mittels „CCT.VI“.
- 4.3 Messung der Farbkoordinaten mit den Farben Weiß, Rot, Grün und Blau an den 13 Messpunkten.

!!! Schließen Sie statt des Farbmesskopfes nun die drei Photoelemente an das Colormeter C 1210 an. Die Anzeige am Colormeter C 1210 ist dann auf NULL abzugleichen. Dabei bleiben die Photoelemente abgedunkelt!!!

- 4.4 Auswertung des horizontalen und vertikalen Kleinfeldkontrastes jeweils von der Bildmitte.
- 4.5 Messung des Lichtstromes, der Gleichmäßigkeit und des völlig schwarzen Lichtpegels.
- 4.6 Messung des Kontrastes.
5. Auswertung in Excel

6. Fragen

- 6.1 Wie kann aus den Normfarbwerten X, Y, Z die ähnlichste Farbtemperatur CCT [K] berechnet werden? (s. u.a. DIN EN 61947-1:2002, S. 7)
- 6.2 Was ist ein DLP-Projektor? Wie ist sein Aufbau?
- 6.3 Für einen Projektor ist in seinen Herstellerdaten ein Lichtstrom von 1500 lm angegeben. Bei einer Vermessung wurde auf einer Fläche von $A_2 = 2,1 \text{ m}^2$ eine mittlere Beleuchtungsstärke von $\frac{1}{9} \sum_{n=1}^9 E_n = \bar{E} = 495 \text{ lx}$ gemessen. Wie groß ist der daraus resultierende Lichtstrom? Wie erklären Sie sich die Unterschiede zu den Herstellerangaben?

7. Quellen

- [1] DIN EN 61947-1:2002, Messung und Dokumentation wichtiger Leistungsmerkmale, Teil 1: Projektoren fester Auflösung
- [2] Baer R., Grundlagen der Beleuchtungstechnik, 2. Aufl., 1996