

Spektralmessungen an Lampen

1. Ziel des Praktikums

Ziel dieses Versuches soll es sein, mit einem Strahldichte- und Bestrahlungsstärkemessgerät die Spektren im sichtbaren Wellenlängenbereich gebräuchlicher Lampen zu vermessen.

2. Grundlagen

2.1. Spektralradiometrie

Zur Bestimmung spektraler Strahldichte- und Bestrahlungsstärkeverteilungen muß das Licht in seine spektralen Komponenten zerlegt werden.

Eine einfache Zerlegung in eng begrenzte Wellenlängenbereiche (zwischen 5nm und 20nm) läßt sich mit Interferenzfiltern realisieren. Diese beruhen auf dem Prinzip des Fabry-Perrot-Interferometers. Eine beidseitig mit teildurchlässigen Silberschichten bedampfte dielektrische Schicht lässt nur die Maxima der Interferenzordnungen hindurch. Durch den Einsatz verschiedener Farbglasfilter wird die gewünschte Interferenzordnung herausgefiltert. Die Wellenlänge wird dabei von der optischen Dicke der dielektrischen Schicht beeinflusst. Mit Interferenzfiltern lassen sich Transmissionsgrade im Maximum der Wellenlänge von bis zu 80% erzielen.

Eine kontinuierliche Zerlegung der polychromatischen Strahlung erreicht man dagegen mit Monochromatoren. Diese werden nach Art des verwendeten dispergierenden Mediums als Gitter- oder Prismenmonochromatoren bezeichnet.

Beim Prisma wird die Abhängigkeit der Brechzahl von der Wellenlänge ausgenutzt. Dabei ist es im Allgemeinen so, dass mit abnehmender Wellenlänge die Brechzahl ansteigt. Blaues Licht wird demnach stärker gebrochen als rotes Licht.

Am Gitter finden Beugung und Interferenz statt, so dass Interferenzmaxima entstehen, deren Abstrahlungswinkel von der Wellenlänge abhängt. Zu beachten sind hierbei die höheren Interferenzordnungen, die wie bei Interferenzfiltern durch entsprechende Farbfilter unterdrückt werden müssen.

Die Wellenlänge, bei der die maximale spektrale Empfindlichkeit des Gitters gegeben ist, nennt man Blaze-Wellenlänge. Der Arbeitsbereich eines Gitters wird durch den Spektralbereich festgelegt, in dem die spektrale Empfindlichkeit größer als 50% vom Maximalwert ist.

Gittermonochromatoren haben gegenüber Prismenmonochromatoren den Vorteil, dass die Dispersion über den gesamten Wellenlängenbereich konstant ist. Diese Dispersion wird üblicherweise als reziproke lineare Dispersion mit der Einheit nm/mm angegeben (Beispiel: 1nm/mm bedeutet eine spektrale Auflösung von 1nm bei einer Austrittsspaltbreite von 1mm). Da auch die Herstellung von Gittern mit bis zu 2400 Linien pro Millimeter technologisch keine Probleme mehr bereitet, haben sich die Gitter gegenüber den Prismen in den meisten Monochromatoren durchgesetzt.

Dies ermöglicht eine einfache Zuordnung der Wellenlänge zur Einstellgröße und schafft die Grundlage für den Einsatz ortsauflösender Empfänger wie Diodenzeilen oder CCD-Arrays, wie sie z.B. im Spectrascan (Bild 1) oder PC-Spektrometer vorkommen.

Diese ortsauflösenden Empfänger bieten folgende Vorteile:

- jegliche beweglichen Teile, wie sie zur Wellenlängeneinstellung (Drehung des Gitters oder eines Spiegels) erforderlich wären, entfallen
- dies ermöglicht eine kompakte Bauweise des Spektrometers für einen transportablen Einsatz
- alle Wellenlängen werden gleichzeitig erfasst, so dass zeitliche Intensitätsschwankungen der Lichtquelle keine Auswirkungen auf den Spektralverlauf haben

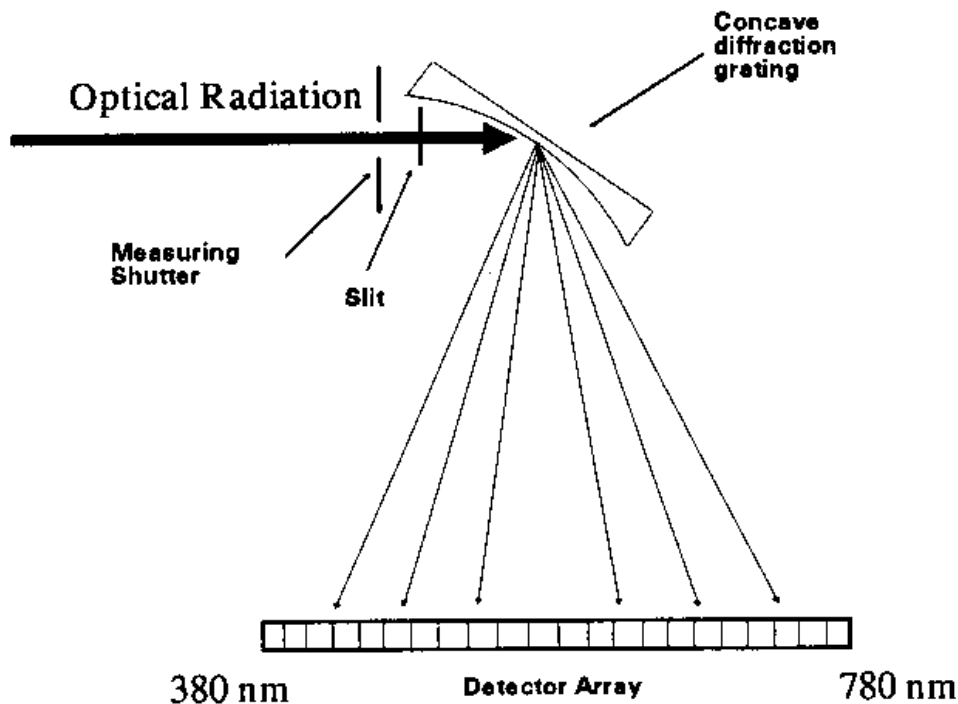


Bild 1: Prinzipskizze Spectrascan

2.2. Messgeräte

2.2.1. Spectrascan PR-705

- Messung der spektralen Strahldichte mit dem Objektiv MS-55
Messfeldgröße: 1° , $1/2^\circ$, $1/8^\circ$ einstellbar
Leuchtdichten bis ca. 100.000 cd/m^2 sind messbar
- Messung der spektralen Bestrahlungsstärke mit dem cos- angepassten Messvorsatz CR-55
- 201 Messwerte im Bereich von 380nm bis 780nm (Auflösung 2nm)
- Berechnung von Farbtemperatur, Farbwertanteilen, Farbwiedergabeindex

2.2.2. PC-Spektrometer

- Messung der spektralen Bestrahlungsstärke
- 1000 Messwerte im Bereich von 200nm bis 800nm (Auflösung 0.6nm)
- Berechnung von Farbtemperatur und Farbwertanteilen
- Messung mittels Lichtleiter auch an weniger zugänglichen Stellen
- Apertur des Lichtleiters ca. 20°

3. Durchführung und Auswertung

3.1. Messaufgaben mit dem Spectrascan

Achten Sie darauf, dass kein Fremdlicht (Licht von anderen Lichtquellen wie vom Tageslicht oder der Raumbelichtung) auf den Empfänger fällt!

Das Spectrascan-Messgerät wird mit der PC-Software gesteuert.

Dabei muss dem Programm mitgeteilt werden, mit welchem Messvorsatz gearbeitet wird:

Messvorsatz (Objektiv MS-55 oder Streuscheibe CR-55) dem Programm mitteilen:

Setup, Instrument, MS 55 oder CR 55 auswählen

Messen Sie die spektrale Bestrahlungsstärke unter Verwendung folgender Lampen :

(mit Messvorsatz CR-650; ca. 2 min Einbrennzeit der Lampen beachten)

- Xenonlampe des Kfz-Scheinwerfer (weißer Bereich)
- Halogenglühlampe 50W
- Leuchtstofflampe (Raumbelichtung)

Messen Sie die spektrale Bestrahlungsstärke nach dem Start (t=0) und nach 5 min für folgende Lampen:

- Quecksilberdampfhochdrucklampe
- Halogenmetaldampflampe HQI 70W
- Natriumdampfhochdrucklampe

Messen Sie die spektrale Strahldichte von den Monitorfarben:

- rot, grün, blau, weiß

Wechseln Sie dafür zuvor das Objektiv (MS-55 für CR-55) und ändern Sie die Einstellung im SETUP dementsprechend.

Verwenden Sie zur Erzeugung der Monitorfarben das Programm c:\additiv.exe.

Auswertung der Spectrascan-Messungen:

Stellen Sie die Farbwertanteile x und y der verschiedenen Lampen im CIE Farbdiaagramm dar.

Vergleichen Sie, sofern es möglich ist, auch die Farbtemperaturen der Lampen!

3.2. Messaufgaben mit dem PC-Spektrometer

Messen Sie die spektrale Bestrahlungsstärke einer grünen und roten LED in Abhängigkeit vom LED-Strom! Setzen Sie dabei die Empfängerfläche des PC-Spektrometer direkt vor die Diode in Richtung der Flächennormalen der Diodenfläche.

Der LED-Strom ist in 10mA-Schritten von 0 bis 50mA zu erhöhen. Anschließend werden noch 2 Messungen bei 100mA und 200mA durchgeführt, wobei die LED jeweils nur für die Zeit der Messungen diesen Strömen ausgesetzt sein sollte, um ein Überhitzen der Diode zu vermeiden!

Bestimmen Sie jeweils

- den Diodenstrom
- die Wellenlänge im Maximum der Bestrahlungsstärke,
- die integrale Bestrahlungsstärke von 400nm bis 800nm,

- die Beleuchtungsstärke
- und die LED-Spannung.

Auswertung der Messungen mit dem PC-Spektrometer

Stellen Sie die Abhängigkeiten der Wellenlängen im Maximum der Bestrahlungsstärke, die integrale Bestrahlungsstärke und die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit vom Diodenstrom grafisch dar.

Tragen Sie die Farbwertanteile von allen Diodenströmen in ein CIE-Farbdreieck ein.

Welche Aussagen lassen sich treffen?

4. Literatur

/1/ Beleuchtungstechnik: Grundlagen. Roland Baer, Verlag Technik Berlin, 1996