

Beugung und Divergenz von Licht

1 Zielsetzung

- Bestimmung der Gitterkonstante eines Transmissionsgitters.
- Bestimmung der Wellenlänge von 3 verschiedenen LEDs.
- Bestimmung der Divergenz der Laserstrahlung.

2 Theoretische Grundlagen

Optische Gitter sind örtlich periodische Strukturen (parallele Linien), die auf Amplitude oder Phase der Lichtstrahlung einwirken. Die Gitterkonstante g ist die Periodenlänge (z.B. in μm), d.h. der Abstand benachbarter gleichartiger Linien. An den Gitterstrukturen tritt Beugung auf. Das wird beim Beugungsgitter ausgenutzt. Die an den zahlreichen gleichen Gitterlinien gebeugten Wellen überlagern sich (Vielstrahlinterferenz) und geben dadurch in bestimmten Richtungen scharfe Intensitätsmaxima. Bezeichnet man den Einfallswinkel mit ε und die Beugungswinkel mit β , wobei m die Beugungsordnung ist (Abbildung 1), dann gilt:

$$\sin \beta = \pm \left(\frac{m \cdot \lambda}{g} + \sin \varepsilon \right)$$

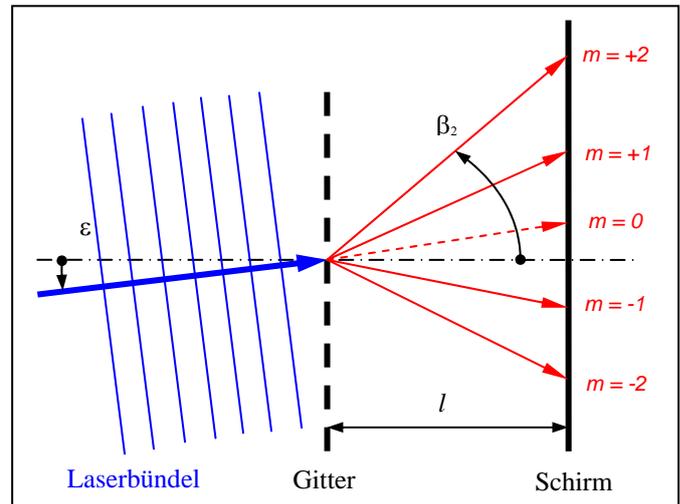


Abbildung 1 Richtungen der Beugungsmaxima bei einem Transmissionsgitter. Einfallende Wellenfront, Beugungsmaxima für die Ordnungen $m = \pm 1$ und $m = \pm 2$

Das positive Zeichen gilt für Transmissionsgitter, das negative für Reflexionsgitter.

In der Resonatormitte des Lasers hat der Laserstrahl den geringsten Durchmesser D_0 („Strahltaille“). Mit zunehmendem Abstand von der Taille nimmt der Strahldurchmesser zu, d.h. der Strahl ist geringfügig divergent. Der Divergenzwinkel δ ergibt sich aus:

$$\delta = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\lambda}{D_0}$$

3 Messanleitung

- a) Mit Hilfe des in Abbildung 2 dargestellten Aufbaus und bekannter Wellenlänge des Lasers kann die Gitterkonstante des Transmissionsgitters bestimmt werden. Dazu sollen möglichst viele Beugungsmaxima (in beide Richtungen) ausgemessen werden. Auf genaue Ausrichtung des Laserstrahlbündels zur Messschiene mit dem Schirm ist zu achten. Das Transmissionsgitter muss mit der korrekten Durchtrittslage auf dem Justiertisch ausgerichtet werden. Nutzen Sie die volle mögliche Messlänge der Messschiene aus. Die Positionsdaten werden von einem Magnetsensor /-band-System erzeugt und über eine Multifunktionsanzeige angezeigt.

Vorsicht im Umgang mit dem Laser! Nicht direkt in den Laserstrahl schauen!

- b) In analoger Weise ist die Messung für 3 verschiedene LEDs vorzunehmen. Zur Erzeugung eines parallelen Strahlenganges muss eine Fokussieroptik vor die LED gesetzt werden (Abbildung des LED-Chips nach Unendlich). Hinter dem Gitter ist eine Sammellinse einzusetzen. Die Beugungserscheinungen liegen dann in deren Brennebene (Fraunhofersche Beugung). Nicht direkt in die LED sehen!
- c) Der Laser wird so ausgerichtet, dass das Laserbündel auf den Detektorkopf des Strahlprofilmessgerätes trifft und ein Signal detektiert wird – der Strahldurchmesser wird an der LED-Anzeige direkt abgelesen. Für verschiedene Entfernungen (gesamte optische Bank ausnutzen) kann dann durch Ausmessen der Strahldurchmesser die Divergenz bestimmt werden. Vom Strahlprofilmessgerät werden Mess- und Triggersignal an das Oszilloskop (Kanäle 1 und 2) weitergeleitet. Damit kann das Profil des Laserstrahles gemessen bzw. visualisiert werden.
- d) Man versuche die Divergenz der Laserstrahlung durch Einengung mittels einer Blende von 0,2 mm Durchmesser, bzw. einer Strahlaufweitungsoptik (siehe Abbildung 3), zu verkleinern bzw. zu messen.

4 Auswertung

- Die Gitterkonstante des Transmissionsgitters ist zu bestimmen.
- Die Wellenlängen für die LEDs sind zu bestimmen.
- Fehlerrechnung oder statistische Auswertung mit Angabe der Vertrauensbereiche.
- Die Divergenz der Laserstrahlung ist zu bestimmen. Folgende Fragen sind zu beantworten: Was ist die Ursache der Divergenz bzw. die der Laserstrahlung? Warum gelingt es nicht, durch Blenden die Divergenz der Laserstrahlung zu verkleinern? Wie kann die Divergenz der Laserstrahlung trotzdem verringert werden?

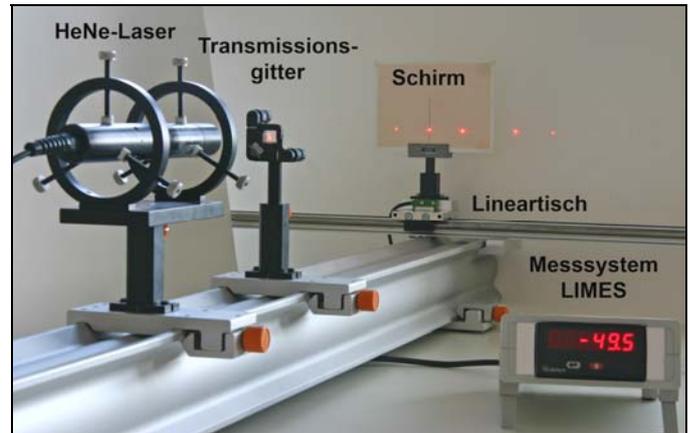


Abbildung 2 Versuchsanordnung für Aufgabe 1



Bild 3 Versuchsanordnung für Aufgabe 3

5 Geräte

- HeNe-Laser mit Netzteil (Schutzklasse 3b) (GOS Reg. 7 / # 216)
- LED-Module in Fassung, Steckernetzteil (GOS Reg. 7 / # 227)
- Fokussieroptik für LED
- Transmissionsgitter mit Halter
- Messschiene mit Kugelgeführten Lineartisch
- Lineares Messsystem LIMES (GOS Reg. 2 / # 230)
- BeamScan (Strahlprofilmessgerät) (GOS Reg. 8 / # 201)
- ScopeMeter PM 196C (GOS Reg. 5 / # 099)
- Notebook mit Programm FlukeView (GOS Reg. SW / # SW 09)
- Lochblende $\varnothing 0,2$ mm
- Strahlauweitungsoptik für Laser
- Messschieber, Maßband
- Optische Bank, Reiter, Schirm

6 Literaturhinweise

- [1] SCHRÖDER, Gottfried: *Technische Optik*. 10. Aufl. Würzburg: Vogel, 2007, S. 23 ff., 39 ff. & 141 ff.
- [2] EICHLER, Jürgen: *Laser*. 3. Aufl. Berlin: Springer, 1998, S. 87 ff. & 204 ff.
- [3] NAUMANN, Helmut: *Bauelemente der Optik*. 6. Aufl. München: Hanser, 1992, S. 228-234
- [4] VORLESUNG: *Optik Design und Optische Geräte Grundlagen*. Berlin: Beuth Hochschule.
- [5] LEUSCHNER, Bernd; NEUMANN, Reiner: *Messgerätecatalog*. Berlin: Beuth Hochschule / GOS.
<http://labor.beuth-hochschule.de/fileadmin/labor/gos/dokument/Messgeraetecatalog.pdf> – Aktualisierungsdatum: 14.03.2011.
- [6] PHILIPS AG: *Luxeon® LEDs*. <http://www.philipslumileds.com> – Aktualisierungsdatum: 26.02.2010.