

## Übungsaufgaben zu MATLAB

### 1 Beugungsbild von Spalt und Loch

Ein Spalt der Breite  $D = 2 \times 10^{-4}$  m und ein kreisförmiges Loch mit gleichem Durchmesser  $D$  werden mit monochromatischem Licht der Wellenlänge  $\lambda = 633$  nm beleuchtet. Das von diesen Strukturen unter dem Winkel  $\theta$  gebeugte Licht trifft auf eine Linse mit der Brennweite  $f = 200$  mm. In der Brennebene der Linse wird die Lichtintensität  $I$  längs einer Koordinate  $u$  gemessen, die senkrecht zur optischen Achse verläuft und für die gilt:

$$u = f \tan \theta$$

Mit den Größen

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad q = k \frac{D}{2} \sin \theta$$

lässt sich der Verlauf der Intensität in den Beugungsbildern senkrecht zur optischen Achse als Funktion des Parameters  $q$  schreiben als:

$$(1) \quad I_S(q) = I_0 \left( \frac{\sin q}{q} \right)^2 \qquad \text{für den Spalt}$$

und

$$(2) \quad I_L(q) = I_0 \left( \frac{2 J_1(q)}{q} \right)^2 \qquad \text{für das Loch,}$$

wobei  $I_0$  die maximale Intensität im Zentrum des Beugungsbildes ist und  $J_1$  die BESSEL-Funktion erster Ordnung und erster Art.

1. Stellen Sie  $I_S(u)/I_0$  und  $I_L(u)/I_0$  im Bereich  $-1^\circ \leq \theta \leq 1^\circ$  in der oberen Hälfte einer MATLAB-Figure in *einem* Diagramm grafisch dar. Wählen Sie für die Ordinate den Wertebereich 0 - 1 und fügen Sie dem Diagramm ein Gitternetz hinzu.
2. Stellen Sie die gleichen Kurven ebenfalls mit Gitternetz in der unteren Hälfte der MATLAB-Figure ein zweites Mal wiederum in *einem* Diagramm dar und wählen Sie dort für die Ordinate den Wertebereich 0 - 0.1.
3. Zeichnen Sie die Kurven als durchgehende Linien. Wählen Sie für die Farben der Kurven blau ( $I_S$ ) und rot ( $I_L$ ).
4. Fügen Sie den Diagrammen eine Legende („Spalt“, „Loch“) hinzu.
5. Fügen Sie eine Beschriftung der Achsen hinzu. Physikalische Größen sollen kursiv, Einheiten nicht kursiv erscheinen.

**Hinweise zur Lösung (Einzelheiten siehe „Help“-Funktion in MATLAB):**

- a. Die BESSEL-Funktion erster Ordnung und erster Art für den Parameter  $q$  lautet in MATLAB-Notation `besselj(1, q)`.
- b. Mit `subplot` kann eine `figure` in mehrere Fenster unterteilt werden.

- c. Um mehrere Kurven in ein Diagramm zu zeichnen, wird `hold on ... hold off` verwendet.
- d. Der Wertebereich für die Achsen wird mit `axis` festgelegt. Mit `grid on ... grid off` kann ein Gitter ein- und ausgeschaltet werden.
- e. Linienart und Farbe einer Kurve werden im `plot`-Befehl mit den Angaben zur *LineStyle* (*Line Specification*) festgelegt. `plot(x,y,'-r')` zeichnet beispielsweise die Kurve  $y(x)$  als durchgezogene Linie (-) in der Farbe rot (r).
- f. Mit `legend` wird einem Diagramm eine Legende hinzugefügt.
- g. Die Achsbeschriftung erfolgt mit `xlabel` bzw. `ylabel` unter Verwendung der TeX-Notation. Soll beispielsweise in der Beschriftung der Abszisse der Parameter  $u$  kursiv erscheinen, die Einheit Meter (m) jedoch gerade, also  $u / \text{m}$ , so schreibt man `xlabel('\it u / m')`. Dabei gibt `\it...` an, dass der hinter `\it` folgende Text innerhalb der geschweiften Klammern kursiv (engl. *italic*) erscheint. Um einen Index tief zu stellen, wie z.B. die 0 bei  $I_0$ , wird dem Index das Unterstreichungszeichen `_` voran gestellt. Beispiel: `\it x _1` erzeugt die Ausgabe  $x_1$ .

## 2 Nullstellen im Beugungsbild eines Loches

Bestimmen Sie numerisch die Lage sämtlicher Nullstellen der Intensität im Beugungsbild eines Loches für die unter Kap. 1 genannten Daten von  $D$ ,  $\lambda$  und  $f$  im Bereich  $0 \leq u \leq 3 \times 10^{-3} \text{m}$ . Geben Sie für die Nullstellen die  $q$ -Werte und die  $u$ -Werte an, letztere in der Einheit mm.

### Hinweise zur Lösung:

- a. Die Nullstellen von  $I_L(q)$  sind gem. Gl. (2) die Nullstellen der Funktion  $J_1(q)/q$ .
- b. Benutzen Sie zur Suche der Nullstellen von  $J_1(q)/q$  die MATLAB-Funktion `fzero`. Orientieren Sie sich in der MATLAB-Hilfe zu `fzero` an den dort gegebenen Beispielen. Entnehmen Sie die Schätzwerte für  $u$ , in deren Umgebungen die gesuchten Nullstellen liegen, Ihrem in Kap. 1 erstellten Diagramm.

## 3 Intensitätsverhältnisse in den Beugungsbildern von Spalt und Loch

Bestimmen Sie numerisch das Verhältnis der Intensität im Beugungsmaximum 0. Ordnung,  $I_0$ , zur Intensität im Beugungsmaximum + 1. Ordnung,  $I_1$ , im Beugungsbild eines Spaltes und eines Loches (Anordnung und Daten wie in Kap. 1). Dabei soll gewährleistet sein, dass die Lage der Maxima auf der  $u$ -Achse mit einer Genauigkeit von  $\leq 1 \mu\text{m}$  bestimmt wird.

### Hinweise zur Lösung:

- a. Bestimmen Sie mit Hilfe von `findpeaks` die Intensitäten der Beugungsmaxima innerhalb des  $u$ -Bereiches aus Kap. 2.