

## 4. Bestimmung der Speicherkapazität einer CD-ROM-Scheibe

### Einleitung

- 1 **i** Wir können eine CD als verspiegeltes Strichgitter betrachten. Das an einer CD reflektierte Licht zeigt ebenfalls jene Beugungserscheinungen, die Sie aus den Beobachtungen am Doppelspalt und an Strichgittern aus dem Unterricht kennen (Skriptes 8, Kapitel 1).

In diesem Praktikum verwenden Sie diese Erkenntnisse, um mit Licht von bekannter Wellenlänge die Gitterkonstante der CD, das ist also der Abstand zwischen zwei Spuren, zu bestimmen und anschliessend mit dieser Information rechnerisch die Speicherkapazität der CD abzuschätzen.

#### Material

Mini-Laser in Tonnenfuss, alte CD  
 Stativ mit Halter für die CD  
 Stativ mit Halter für den Schirm, Massstab



### Der Bericht

- 2 **i** In Ihrem Bericht dokumentieren Sie den von Ihnen gewählten Versuchsaufbau mit einer beschrifteten Skizze. Der Bericht enthält ferner alle Lösungen zu den folgenden Aufträgen. Berechnungen werden mit so viel Kommentar (Begründungen, Herleitungen) dargestellt, dass auch eine fremde Person mit Ihren Überlegungen vertraut werden kann.

Wenn Sie parallel zur Versuchsdurchführung auch schon die gesicherten Ergebnisse im Bericht festhalten, sollte es möglich sein, diesen am Ende der Doppellektion abzugeben.

#### Optische Datenspeicherung

Kaum eine Technologie für den optimalen Umgang mit Schriftgut hat sich in den letzten Jahren so rasant entwickelt wie die optische Speichertechnologie. Die verbreitetste Technik ist dabei **CD-ROM**. Die Buchstabengruppe "CD" steht für Compact Disc und meint technisch die gleiche Plastikscheibe, auf der auch die Hits für die Stereo-Anlage geliefert werden. "ROM" steht für "read only memory", also für einen Speicher, der nur gelesen, nicht aber verändert werden kann.

Im Vergleich zu einer magnetischen Speicherplatte (z.B. Diskette) finden wir einige markante Unterschiede. Da ist zum Beispiel die Anordnung der Spuren auf der Platte. Bei Magnetplatten sind diese in konzentrischen Kreisen angeordnet. Auf der CD dagegen finden wir eine Spirale. Das bedeutet gleichzeitig, daß auf der Magnetplatte die Bereiche in der Plattenmitte dichter beschrieben sind als die Bereiche am Rand. Auf der CD dagegen finden wir eine Spur von gleichbleibender Informationsdichte verteilt über die ganze Scheibe. Die Organisation der CD ist wesentlich komplizierter als die einer Magnetplatte. Als Nutzer spüren wir allerdings nichts davon.


#### Das Leseverfahren

Wie kann man nun eigentlich so dicht gepackte Informationen von einer CD überhaupt lesen? Das Geheimnis der CD-ROM sind ungeheuer kleine Vertiefungen. Auf den Datenspuren der CD sind längliche Gräben, so-genannte Pits, eingelassen. In entsprechender Vergrößerung erinnern sie an Spuren im Schnee. Sie werden in diesem Fall durch einen mechanischen Pressvorgang erzeugt und sind natürlich nicht mehr veränderbar, denn auf dieser informationstragenden Schicht befindet sich eine immerhin 1,2 mm dicke Schicht aus durchsichtigem Polycarbonat.


Der Laserstrahl, der die Datenspur abtastet, wird durch die Brechung dieser Polycarbonatschicht auf einen Lichtpunkt von nur 1,7 Mikrometer verdichtet. Dieser Lichtpunkt überstreicht die Datenspuren. Eine lichtempfindliche Diode erkennt nun einen Unterschied in der zurückgeworfenen Lichtstärke, je nachdem, ob gerade ein Pit überstrichen wird oder die umgebende Fläche, das sogenannte "Land". Natürlich reflektiert der Boden eines Pit genauso gut wie das höher liegende Land. Es ist das gleiche Material. Was also macht den Unterschied? Das eigentliche Geheimnis liegt in der ungeheuren

Winzigkeit dieser Strukturen. Die Tiefe eines Pit beträgt gerade mal 0,12 Mikrometer, genau ein Viertel der benutzten Lichtwellenlänge. Das wiederum bedeutet, die zurücklaufenden Lichtwellen

## Vorgehen


- 3  Zu diesem Zweck bauen Sie mit den bereitliegenden Materialien eine geeignete **Versuchsanordnung** auf, die es Ihnen erlaubt, den Abstand zwischen dem Haupt- und erstem Nebenmaximum des Beugungsbildes möglichst genau zu bestimmen.

**Vorsicht:** Das Laserlicht darf nie direkt ins Auge gelangen. Achten Sie deshalb darauf, dass der Laserstrahl (auch der reflektierte) stets horizontal gerichtet ist und dass Ihre Augenhöhe stets höher ist als die Ebene, in welcher die Laserstrahlen verlaufen.

- 4  Aus den Messdaten berechnen Sie den **Spurabstand** (resp. die Gitterkonstante) der CD.

Sie schätzen den **Messfehler** des Spurabstandes auf Grund der Messfehler Ihrer Distanzmessungen ab. Die Wellenlänge (auf dem Laser angeschrieben) nehmen Sie als genauen Wert hin.

Sie geben den Messwert für den Spurabstand mit Messunsicherheit an.


- 5  Nach der Lektüre der Textes über die CD wissen Sie genug, um deren **Speicherkapazität** mit Hilfe der folgenden Annahme rechnerisch abzuschätzen. Wie viele Bits finden auf einer CD Platz, wenn ein Bit den Platz eines minimalen Pits beansprucht und dieses etwa die halbe Gitterkonstante (den halben Spurabstand) als Durchmesser hat?

Auch Ihr Ergebnis für die Speicherkapazität der CD geben Sie mit **Messfehler** an. Drücken Sie dieses Ergebnis in der Einheit Byte aus (1 Byte = 8 Bit).

Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit den Herstellerangaben.

(Quelle des Textes:

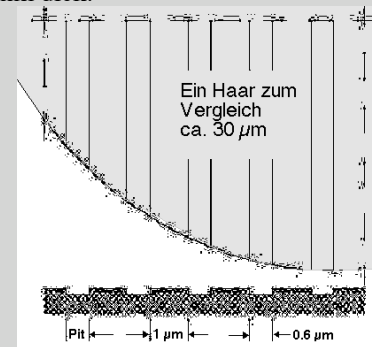
<http://www.knowhow-kompakt.com/am/schrig/amsg010.htm>)

- 6  Zusatzfrage: Nachdem Sie den Spurabstand gemessen haben, fragen Sie sich wohl auch, wie **tief** denn diese Spuren sind. Auch dazu gibt der Text Auskunft. Stellen Sie im Protokoll eine kurze Begründung mit geeigneter Skizze dar.

von Pit und Land löschen sich gegenseitig aus. Die Photodiode erkennt einen Unterschied in der Lichtintensität immer dann, wenn der Lichtpunkt die Grenze zwischen Pit und Land überschreitet. Genau mit diesem Übergang wird die Information entschlüsselt. Immer, wenn Pit und Land sich abwechseln, entsteht eine 1. Unterbleibt der Wechsel an der vorgesehenen Stelle, entsteht eine 0.

### Die Größenverhältnisse

Ein Mikrometer ist etwas ungeheuer Winziges. Der Anschaulichkeit wegen noch ein paar Anhaltspunkte dazu: Ein Meter teilt sich in 1000 Millimeter und jeder Millimeter teilt sich in 1000 Mikrometer. Jeder Mikrometer wiederum in 1000 Nanometer. Große einzelne Moleküle, zum Beispiel der blaue Blutfarbstoff der Weinbergschnecke, erreichen bereits 20 nm (Nanometer). Die Wellenlänge von violetterem Licht beginnt bei 380 nm. Rot endet bei 800 nm. Der Abstand zwischen zwei Spuren auf der CD beträgt ..... Mikrometer, also ..... Nanometer. Die Breite der Pits beträgt ..... nm. Ein menschliches Haar ist dagegen 30000 nm dick.



Abstand der CD-Spuren im Vergleich zur Haardicke. Von der Mitte einer Spur zur Mitte der nächsten Spur sind es .....  $\mu\text{m}$ .

### Warum schillert eine CD?

Eine Frage noch: Warum schillert eigentlich eine CD so wunderbar? Die wohlfeile Antwort lautet: Das ist wie bei einem Prisma und entsteht durch die Brechung in der Polycarbonatschicht. Aber diese Antwort ist falsch.

Eine CD schillert bereits während des Herstellungsprozesses, noch bevor der Schutzlack aus Polycarbonat überhaupt aufgebracht ist. In Wirklichkeit gibt das Schillern Strukturfarben wieder: Die winzigen Vertiefungen in der Größenordnung der Lichtwellenlänge bewirken, daß verschiedenfarbiges Licht abhängig vom Betrachtungswinkel verschieden gut reflektiert wird. (Besser wäre es, mit konstruktiver und destruktiver Interferenz zu erklären. Anmerkung M.Wey)

Dieser Effekt ist ähnlich wie bei blauen Augen: Auch die Iris ist nicht durch Pigmente gefärbt, sondern durch solche winzigen Strukturen. Und auch das Gefieder vieler Vögel erhält seine Farbenpracht auf diese Weise.

**Abgabetermin für Ihre Gruppe**

Am Ende der Praktikums-Doppelstunde.