

# Das CD-ROM-Spektroskop

Das reiche Farbenspiel, das eine Compact Disk oder eine CD-ROM in der Beleuchtung widerspiegelt, hatte mich schon lange fasziniert. Es war klar, dass dies auf der Interferenz des Lichts beruht, das von den feinen Spuren der kleinen Grübchen reflektiert wird, mit denen die Musik oder Daten registriert sind. Im folgenden Beitrag möchte ich Versuche vorstellen, eine CD-ROM als Spektroskop einzusetzen. Außerdem gebe ich Anregungen zum Bau einfacher Spektroskope, welche die Spektralanalyse des Lichts näher bringen.

VON JOACHIM KÖPPEN

► Abb. 1: Wie man die Spektrallinien der Sonne beobachten kann. Dargestellt ist die prinzipielle Anordnung von Lichtquelle, Spalt, CD-ROM und Beobachter.

Abb. 2: Wie man im Widerschein einer CD das Spektrum einer Straßenlaterne sehen kann.

## Wie man die Spektrallinien der Sonne sehen kann

Die ersten Versuche führen wir in einem Raum durch, der sich durch Zuziehen von Vorhängen oder durch Schließen von Türen so abdunkeln lässt, dass das Licht nur durch einen kleinen Teil eines Fensters einfällt. Das Fenster sollte vom Himmel oder einer hellen, gegenüberliegenden Wand beleuchtet sein. Der Einfall von direktem Sonnenlicht ist dabei nicht unbedingt erforderlich, außerdem gilt: Niemals direkt in die Sonne sehen!

Für den ersten Versuch verwenden wir ein Blatt steifen, undurchsichtigen Papiers oder eine Pappe (Abb. 1). In diese schneiden wir mit einem scharfen Messer einen Spalt (etwa 1 mm breit und 5 cm lang) mit sauberen Kanten ①. Diesen Karton hält man so an das Fenster, dass die lange Seite des Spaltes senkrecht steht. Danach stellen wir uns neben den Spalt und wenden ihm den Rücken zu, so dass das Licht über die Schulter einfällt ②. Die CD ③ hält man in etwa 30 cm Abstand so vor sich, dass das weiße Spiegelbild des beleuchteten Spaltes sichtbar ist. Wir können jede Art von CD benutzen, ob sie nun Musik oder Daten enthält. Um die besten Ergebnisse zu erhalten, rate ich dazu, eine unbeschriebene CD-ROM zu benutzen, die sich durch brillantere Spiegelungen auszeichnet. Am besten sind die silberfarbigen, aber auch die blauen oder grünlichen CD-ROMs sind brauchbar, obwohl sie etwas dunkler sind.

Wir drehen ④ nun die CD so, dass das weiße Spiegelbild des Spaltes ⑤ in einem Teil erscheint, in dem die Datenspuren *parallel* zum Spalt liegen ⑥, also rechts oder links vom Mittelloch. Der ganze Spalt sollte dabei hell und gleichmäßig ausgeleuchtet sein.

Dreht man die CD um eine vertikale Achse um ca. 10°, etwa nach links, so erscheint ein helles Band, in dem die Farben des Regenbogens horizontal angeordnet sind. Violett kommt zuerst, ist also dem

weißen Spaltbild zugewandt, Rot befindet sich auf der abgewandten Seite. Drehen wir die CD hingegen nach rechts, so erscheint ebenfalls ein derartiges Band, wobei die Farbenfolge seitenverkehrt ist. Vergleichen wir die beiden Bänder miteinander, so fällt auf, dass sie zwar gleich lang (von violett nach rot), aber unterschiedlich hoch sind. Das etwas schmalere ist auch etwas klarer, und ich empfehle, mit diesem zu beginnen.

## Die Linien im Spektrum

Bei genauerem Hinsehen zeigt sich, dass das Band bei einigen Farben von feinen dunklen vertikalen Linien durchzogen ist. Die stärkste findet sich im orangefarbenen Abschnitt, es ist die »D«-Linie des Natriums. Manche Personen sehen Linien zuerst im Grünen (hier ist das menschliche Auge am empfindlichsten). Die Linien können deutlicher werden, wenn wir den Abstand der CD zum Auge verändern. Die besten Eindrücke treten auf, wenn der Gesamtabstand vom Auge zur CD und von der CD zum Spalt dem Leseabstand entspricht. Brillenträger sollten daher ausprobieren, ob sie mit oder ohne Brille die Linien besser erkennen.

Diese Linien wurden im Jahre 1814 von Joseph Fraunhofer entdeckt. Im Jahre 1859 erkannten Gustav Kirchhoff und Robert Bunsen, dass jedes chemische Element eine oder mehrere solcher Spektrallinien aufweist, bei denen es Licht absorbieren und emittieren kann. Deren Wellenlängen sind charakteristisch für das jeweilige Element. Die Linien in den Spektren der Sonne und der Sterne entstehen durch Absorption in der Photosphäre (der sichtbaren Oberfläche der Sterne). Sie liefern wichtige Informationen über Temperatur, Dichte und chemische Zusammensetzung der Gase in der Sternatmosphäre. Sie geben auch Auskunft über das Alter des Sterns, und somit auch den Stand der Entwicklung.

## Nachtleben

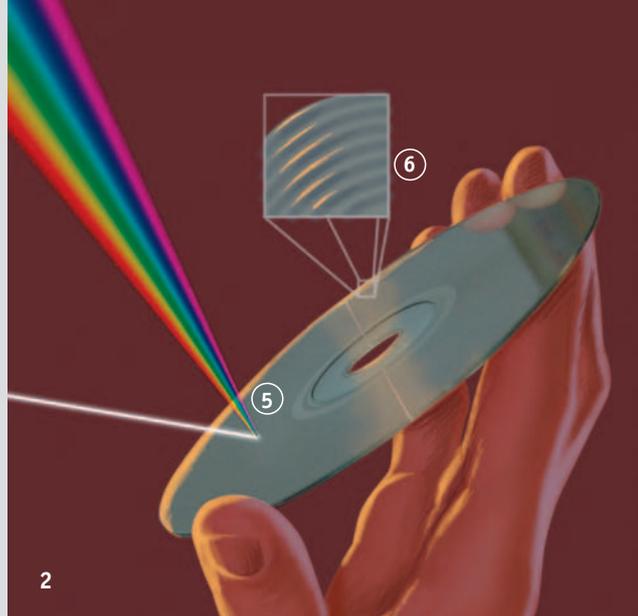
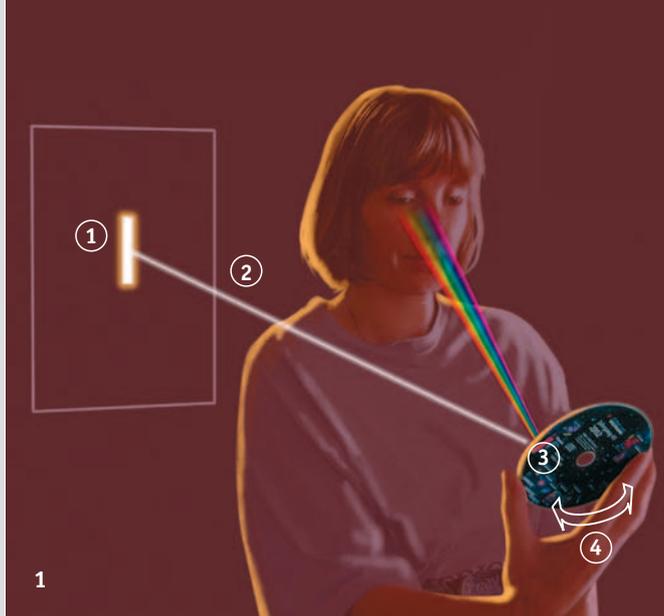
In der Dunkelheit des Abends oder der Nacht beobachten wir mit einer CD das Spiegelbild einer fernen hellen kleinen Lichtquelle, wie z. B. einer Straßenlaterne oder eines hellen Fensters. Wir halten die CD so, dass wir das direkte Spiegelbild der Lichtquelle sehen. Dabei können wir mit dem Rücken zur Lichtquelle stehen und die CD vor uns halten. Alternativ halten wir die CD im Winkel von etwa 45° recht nahe vor das Gesicht, um seitwärts zur Lichtquelle zu blicken (Abb. 2).

Wenn das direkte Spiegelbild im linken Teil der CD zu sehen ist, drehen wir die Scheibe etwas nach links, bis ein farbiges Band oder eine Reihe von hellen Bögen von jeweils verschiedener Farbe erscheint. Rot wird auf der linken Seite auftreten und Violett auf der rechten.

Drehen wir die CD nun noch etwas weiter, so erscheint ein zweites Spektrum. Dieses ist nicht ganz so hell wie das erste, doch sind die Farben stärker auseinandergezogen. Es gibt auch noch ein drittes Spektrum, noch stärker gedehnt, aber es überlappt etwas mit dem zweiten. Sehen wir genau hin, so zeigen sich noch weitere Spektren, die sich noch stärker überlappen.

Blicken wir auf das erste Spektrum, und verändern den Abstand der CD zum Auge, so verlängert sich bei etwa 15 cm Abstand das Spektrum nach oben und unten so weit, dass es die ganze Scheibe ausfüllt. Jede Farbe erscheint in einem weiten Bogen! Bei einigen wenigen Zentimetern Abstand und der geeigneten Orientierung ist es möglich, mehrere Ordnungen zugleich im Blickfeld zu sehen.

Drehen wir nun die CD in der anderen Richtung (also nach rechts) bis zum ersten Spektrum, so sehen wir es nur als schmales regenbogenfarbiges Band oder als eine Reihe heller Flecken oder Punkte verschiedener Farbe. Das Spektrum berichtet uns über die Natur der Lichtquelle:

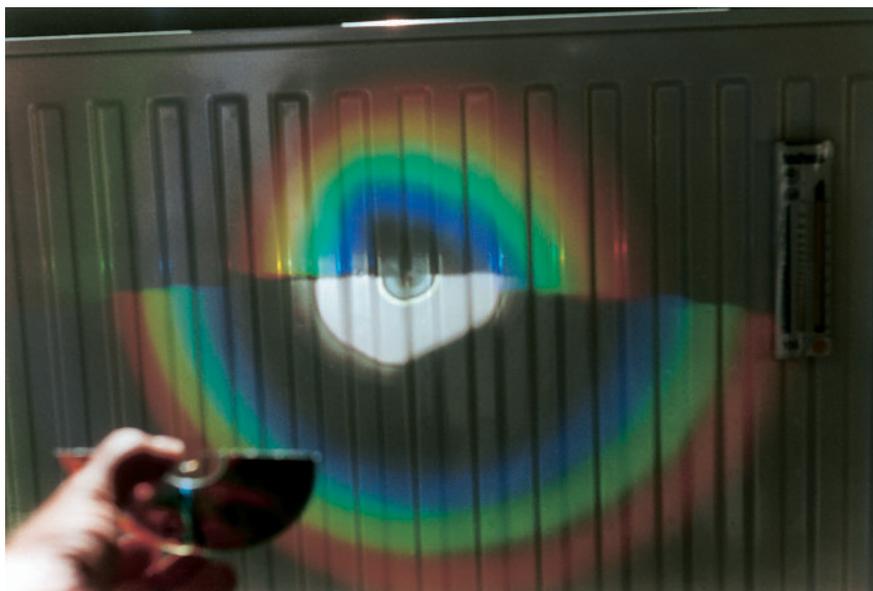


ein kontinuierliches Band, in dem alle Farben etwa gleich hell erscheinen, stammt von der heißen Oberfläche eines Festkörpers wie dem Wolframfaden einer Glühlampe. Auch manche Hochdruckdampf lampen zeigen solch ein kontinuierliches Spektrum.

Sind hingegen nur helle Flecke oder Bögen zu erkennen, so besteht das Spektrum aus Emissionslinien. Es handelt sich um eine Lampe, bei der Metall dämpfe bei niedrigen Drücken zum Leuchten gebracht werden. Die Linien geben Auskunft über die Zusammensetzung des leuchtenden Gases: Eine Quecksilberdampf lampen zeigt je eine rote, orange, gelbe, grüne (stark) und eine violette Linie, sowie ein schwaches Kontinuum im Blauen. Eine Natriumdampf lampen zeigt die orange Linie, die auch im Sonnenspektrum sichtbar ist.

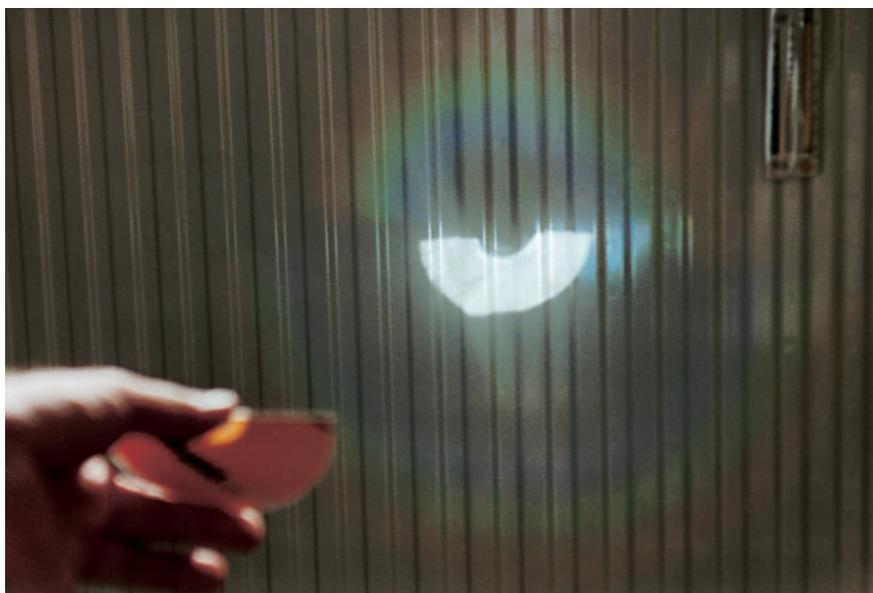
### Wie die CDs die Farben erzeugen

Wir lassen Sonnenlicht auf eine CD scheinen und beobachten dann die farbigen Reflexionen auf einem Schirm aus weißer Pappe oder einer Wand. Für diese Versuche verwendete ich eine halbierte CD. Damit lässt sich leichter erkennen, welcher Teil der Scheibe welche Reflexion erzeugt. Im ersten Versuch beobachten wir, dass das weiße Bild der direkten Reflektion von zwei hellen Regenbogenstücken umgeben ist, wie in Abb. 3. Verwenden wir eine ganze CD, so ergeben sich zwei konzentrische Regenbögen. Diese Bögen unterscheiden sich aber von echten Regenbögen, weil sie durch einen anderen physikalischen Prozess entstehen. Sie zeigen jedoch dieselbe Anordnung der Farben: Violett findet sich im Inneren, rot außen. Bei einer halben CD erkennen wir, dass der größere Bogen auf derselben Seite wie das direkte Bild auftritt. Sehen wir genauer hin, so findet sich außerhalb beider Bögen noch ein weiteres Paar farbiger Bögen, die aber schwächer sind.



▲ Abb. 3: Reflexionen einer beschreibbaren CD-Rom Hälfte im Sonnenlicht. Der größere »Regenbogen« liegt immer auf derselben Seite wie das direkte Spiegelbild der CD-Hälfte.

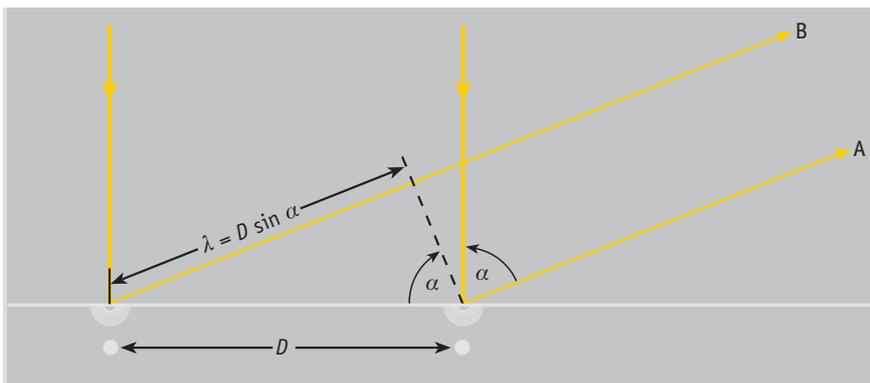
▼ Abb. 4: Eine normale (gepresste) CD hat ein wesentlich schwächeres Reflexionsvermögen.





▲ Abb. 5: Reflexionen eines kleinen CD-Stücks.

▼ Abb. 6: Reflexion des auf die Oberfläche einer CD einfallenden Lichts



Die Versuche kann man mit jeder Art von CD durchführen. Eine normale, gepresste CD produziert allerdings ein weit aus schwächeres Farbspiel als eine CD-ROM (Abb. 4). Bei den Photos ist zu beachten, dass sie nicht vollständig farbgetreu sind: in Wirklichkeit sind die Übergänge zwischen den Farben viel fließender, und das Blau geht über in Violett. Dies liegt daran, dass Filme anders »sehen« als das menschliche Auge und bei manchen Wellenlängen sehr viel empfindlicher oder unempfindlicher als das Auge sind.

Jetzt decken wir die CD mit Papier so ab, dass nur ein kleiner Fleck von der Scheibe unbedeckt bleibt, oder wir nehmen ein kleines Stück einer (zerbrochenen) CD. Abb. 5 zeigt, dass jedes kleine Stück CD ein Paar farbige Bilder erzeugt, die den gleichen Abstand vom weißen Bild in der Mitte haben: Jeder Teil einer CD verhält sich wie ein Beugungsgitter.

Beiderseits des weißen Spiegelbilds zeigen sich die Spektren erster Ordnung. Während das rechte Spektrum breit ist,

da die Reflexion an den gekrümmten Rillen nach außen erfolgt, ist das linke aufgrund der Spiegelung nach innen nur ein heller Strich. Weiter links ist noch das schwächere Spektrum zweiter Ordnung mit den weiter auseinandergezogenen Farben sichtbar. Da die Datengruben in einer engen Spirale angeordnet sind, also fast kreisförmig, ist der »Regenbogen«, der in Richtung auf das Zentrum der Scheibe reflektiert wird, stärker als der andere konzentriert. Dies lässt sich gut zeigen, wenn wir den Mittelteil der CD abdecken.

Wenn wir den Abstand der CD zum Schirm auf ca. 15 cm verringern, wird der innere Farbiring auf einen einzigen hellen Fleck gebündelt, da sich dann alle Farben des optischen Spektrums überlagern. Wenn wir von diesem Punkt aus die CD betrachten würden, sähen wir von allen Teilen des Außenringes der CD die Spektren! Dies ist der Grund für das spektakuläre Farbspiel im Versuch mit der Straßenlaterne.

## Die CD als Beugungsgitter

Die auf einer CD vorhandene Musik ist in Form von sehr kleinen Gruben (»pits«) digital gespeichert. Diese Gruben sind in der silbrigen Folie in einer eng gewundenen Spirale eingebrannt. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Spuren beträgt  $1,6\ \mu\text{m}$ , nur einige wenige Wellenlängen des sichtbaren Lichts. Sie sind damit zu klein, um mit einem normalen (optischen) Mikroskop gesehen zu werden. Aber dieser kleine Abstand ist für das Erscheinen der wunderbaren Farben entscheidend.

Betrachten wir ein kleines Stück einer CD, auf deren Oberfläche das Licht senkrecht einfällt (Abb. 6): Alle Spuren werden gleichzeitig von einer Lichtwelle getroffen. Bei der Reflexion sendet jede Spur eine Lichtwelle in alle Richtungen aus. Die austretende Lichtwelle besteht dann aus der Überlagerung aller dieser Einzelwellen. Die Lichtwelle, die von der linken Spur aus in die bezeichnete Richtung gesandt wird, ist zeitlich etwas verzögert gegenüber derjenigen, die von der rechten Spur stammt, weil ihr Weg um das Stück  $\lambda = D \sin \alpha$  länger ist.

Beträgt dieser Wegunterschied eine halbe Wellenlänge (oder ein ungerades Vielfaches davon), dann trifft der Berg der Welle A auf das Tal der Welle B – die Wellen löschen einander aus. Ist der Gangunterschied aber eine ganze Wellenlänge (oder ein Mehrfaches davon), so treffen Wellenberge benachbarter Spuren aufeinander und es ergibt sich ein helles Licht in dieser Richtung. Weil der Abstand der Spuren auf der Scheibe überall gleich ist, addieren sich die Beiträge aller Spuren auf.

Das heißt nun, dass wir nur in der Richtung  $\sin \alpha = \lambda/D$  (oder jedem Vielfachen von  $\lambda/D$ ) eine kräftige Reflexion von der gerillten Oberfläche bekommen. Weil diese Richtung von der Wellenlänge abhängt, sind Beugungsgitter zum Bau von Spektroskopen nützlich. Bei der CD ist  $D = 1,6\ \mu\text{m}$  durch die technische Standardisierung festgelegt, und wir können so die Ablenkwinkel  $\alpha$  für jede Farbe des Spektrums (der ersten Ordnung) ausrechnen (siehe Tabelle).

Daher lässt sich durch genaue Messung des Ablenkwinkels die Wellenlänge bestimmen. Der Winkel wächst annähernd linear mit der Wellenlänge. So können wir die Wellenlänge einer Farbe leicht abschätzen, indem wir den Abstand zu einer bekannten Farbe benutzen, z. B. die orangefarbene D-Linie des Natriums bei  $590\ \text{nm}$ , oder die Quecksilberlinien bei  $579\ \text{nm}$  und  $577\ \text{nm}$  (gelb),  $546\ \text{nm}$  (grün),  $436\ \text{nm}$  (blau) und  $405\ \text{nm}$  (violett).

Die »Regenbögen«, die wir mit der CD im Sonnenlicht sehen, sind die Reflexio-

nen erster Ordnung (eine Wellenlänge Wegunterschied zwischen den benachbarten Rillen). In der Mitte befindet sich das Bild nullter Ordnung, und die schwächeren Farbbögen weiter außen sind Spektren zweiter Ordnung.

### Die Grenzen der CDs

Könnte man CD-ROMs in Instrumenten zur ernsthaften, quantitativen Spektroskopie verwenden? Nein, eigentlich nicht: Denn Beugungsgitter mit geradlinigen Rillen und von weitaus besserer optischer Qualität und höherer Effizienz sind im Handel erhältlich.

CDs wurden nur zum Betrieb mit infrarotem Licht (Wellenlänge 780 nm) im CD-Laufwerk entwickelt, und die Breite der eingebrennten Datengruben beträgt mit  $0,6\ \mu\text{m}$  einen beträchtlichen Anteil der Spurbreite. Somit funktioniert eine CD nicht mehr allzu gut mit kurzwelligem Licht, also dem blauen und violett Bereich.

### Ein einfaches Spektroskop

Ein solches Instrument erhalten wir, indem wir die Anordnung aus dem ersten Experiment in einer Schachtel aus Karton unterbringen. Anstatt uns in einen dunklen Raum zu begeben, verlagern wir den optischen Weg in die dunkle Schachtel und beobachten durch eine kleine Öffnung (Abb. 7).

Farbe	$\lambda$ [nm]	$\alpha$ bei CD	$\alpha$ bei DVD
Rot	650	24°	61°5
Orange	600	22°	54°
Gelb	575	21°	51°
Grün	550	20°	48°
Blaugrün	500	18°5	42°5
Blau	450	16°3	37°5
Violett	400	14°5	32°6

Hierzu einige Anmerkungen und Anregungen:

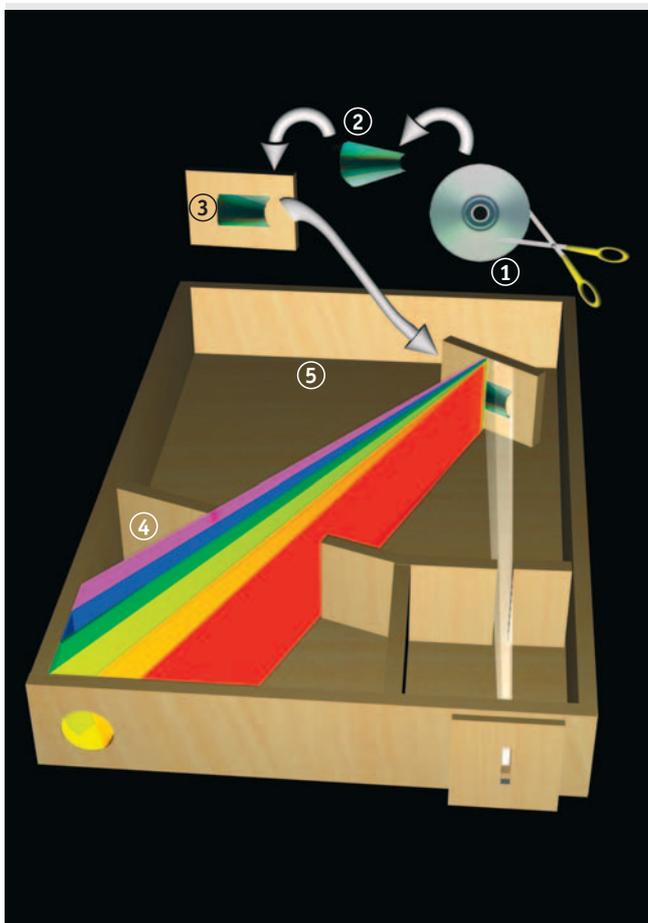
1. Wie schneide ich eine CD entzwei? Dazu halte ich die CD gut fest (ich klemme sie zwischen die Knie), und dann schneide ich mit einer scharfen Schere vorsichtig vom Außenrand zur Mitte, mit gleichmäßig starkem Druck.

2. Eine CD besteht aus einer klaren Plasticscheibe, die eine dünne silbrige Folie samt einer Schutzfolie zur Beschriftung trägt. Die silbrige Folie ist das wichtigste am Ganzen, hier befinden sich die Datenspuren. Bei unbeschriebenen CD-ROMs hebt sich manchmal die Folie an den Schnittkanten ab und kann abblättern. Besonders bei Verwendung von Klebstoff oder Klebeband auf der Oberseite (die die Beschriftung enthält) ist Vorsicht geboten. Daher bringt man bei der Montage des CD-Stücks mit Hilfe von Klebefilm diesen nur auf der Unterseite an, also derjenigen Seite, in die man hineinschaut. Mit einem Lötkolben oder

▲ Ablenkwinkel  $\alpha$  für jede Farbe des Spektrums.

◀ Abb. 7: Bauvorschlag für ein einfaches Spektroskop. Die Ziffern beziehen sich auf die Erläuterungen im Text.

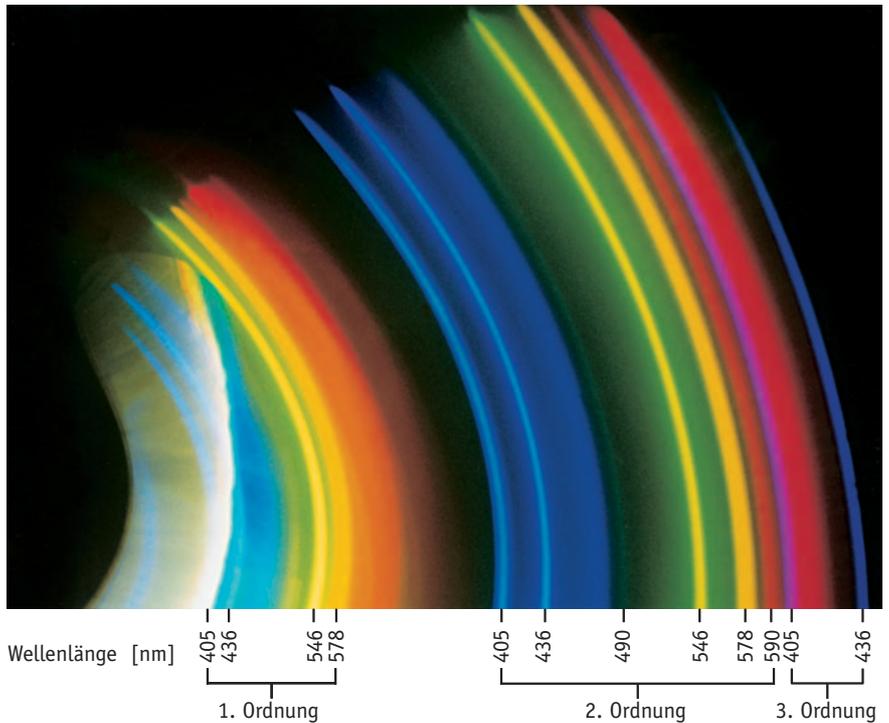
▼ Abb. 8: Beispiel für ein einfaches Spektroskop. Rechts unten befindet sich die Eintrittsöffnung, davor liegt ein Kartonstreifen mit Spalten verschiedener Breite. Rechts oben ist ein Achtelsegment einer CD auf einem drehbaren Karton angebracht. Der Betrachter schaut in die Öffnung links unten.



# Astronomie aus erster Hand – Sterne und Weltraum Jahrgangs-CD-ROM 2002

Holen Sie sich die ganze Welt  
der Astronomie nach Hause

Auf den CD-ROMs zu **Sterne und Weltraum** finden Sie die jeweils kompletten Jahrgänge als elektronische Datei inklusive aller Bilder. Die CD enthält außerdem das Sonderheft »Monde« sowie Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2002. Die durchsuch- und druckbaren Artikel sind zum schnellen Finden indiziert. Als weitere Zugabe ist eine Datei mit allen Jahresinhaltsverzeichnissen von 1962 bis 2002 beigefügt. Die Dokumente werden im Portable Document Format (PDF) geliefert. Der zum Lesen erforderliche Acrobat Reader ist auf der hybriden CD-ROM für die Betriebssysteme MacOs (ab 8.1), Windows und Unix enthalten. Neben der aktuellen CD-ROM können übrigens auch noch die Jahrgänge 1998, 1999 und 2000 geliefert werden. Die SuW-CD-ROM 2002 kostet als Einzelbestellung € 25,- (zzgl. Porto); als Standing Order € 22,50 (inkl. Porto Inland). Eine Bestellkarte und nähere Informationen zur Standing Order finden Sie im hinteren Beihefter.



Plastikscheibe kann man an den Schnittkanten die silbrige Folie mit der klaren Plastikscheibe verschmelzen, und sie so gegen das Abblättern schützen.

3. Das CD-Stück wird an einem Halter aus Karton befestigt, der es in einer vertikalen Position hält. Für kleine Korrekturen lässt sich der Karton der Seitenteile etwas verbiegen. Später benötigt der Karton gelegentlich weitere Korrekturen. Die beste Orientierung des CD-Stücks lässt sich durch Probieren herausfinden. Wir halten dazu eine Taschenlampe direkt vor den Spalt (oder in die Öffnung, die den Spalt aufnehmen soll) und blicken dann durch die Austrittsöffnung. Nachdem wir das direkte Spiegelbild eingestellt haben, drehen wir solange, bis das Farbband der gewünschten Ordnung erscheint. Besonders günstig ist es, den Halter mit der CD von außen drehbar zu montieren. Dann kann man während der Beobachtung die verschiedenen Ordnungen beiderseits des direkten Spiegelbilds des Spalts direkt betrachten.

4. Zur Abschirmung gegen Streulicht ist der Einbau von Blenden sinnvoll, die wir an den richtigen Stellen anbringen wollen.

5. Die Schachtel sollte aus Karton bestehen, der sowohl undurchsichtig ist, als auch eine genügende Steifigkeit besitzt. Die Innenwände sollten dunkel und matt sein. Jeder dunkle Karton ist geeignet, solange er keine glänzende Oberfläche besitzt. Falls nötig, kann man die Wände mit schwarzer Deckfarbe anmalen. Da sich die Wände der flachen Schachtel in Abb. 8 als zu lichtdurchlässig erwiesen, klebte ich einen dunklen Karton ein. Auf dem Boden ist der Strahlengang sichtbar,

▲ Abb. 9: Das Spektrum einer Straßenlaterne.

der zur Positionierung der Streulichtblenden nützlich war.

Weitere Bauvorschläge für andere Spektroskope finden sich auf meinen Webseiten unter der Adresse <http://astro.u-strasbg.fr/~koppen/spectro/spectrod.html>

## Der Spalt

Die Qualität des Spalts beeinflusst sehr stark die Qualität des Spektrums: Ein Spalt sollte daher gerade, parallele, scharfe und saubere Kanten haben. Jede kleine Unebenheit, z. B. ein Staubteilchen, macht sich als dunkler Streifen im Spektrum bemerkbar, der sich durch alle Farben zieht. Die Spaltbreite bestimmt, wieviel Details man erkennen kann. Ein breiter Spalt ergibt zwar ein helles Spektrum, aber alle Linien erscheinen breit ausgewaschen. Ein enger Spalt lässt z. B. die Fraunhoferlinien der Sonne leichter sichtbar werden, aber das Spektrum ist insgesamt dunkler. Es ist sinnvoll, eine Anzahl von verschiedenen breiten Spalten auf einem Schieber zu kombinieren, so dass für jede Situation die jeweils beste Spaltbreite ausgewählt werden kann. Den Schlitz schneidet man in einem undurchsichtigen, nicht fasernen Material. Papier ist schlecht geeignet, da immer irgendwelche Fasern herausragen. Haushaltsfolie aus Aluminium, die silbrig glänzende Plastikabdeckung von Joghurt- oder Quarkbechern, das plastikbeschichtete Papier mancher Müsli-Packungen sind besser geeignet. Zum Schneiden lege man das Material auf eine harte, glatte Unterlage, und mache zwei

## Lichtquellen für unser Spektroskop

- Der helle Tageshimmel; die Sonne (durch Streufolie)
- Lampen mit normalen Glühfadenbirnen
- Straßenlaternen (die bläulichen Quecksilberdampflampen, die orangen Natriumdampflampen)
- »Neon«-Leuchtreklame (Entladungsröhren mit unterschiedlichen Füllgasen)
- Leuchtstoffröhren
- die rötlich-orangen Glimmlampen: Nachtbeleuchtung, auch als Betriebsanzeige elektrischer Geräte (mit Helium und Neon gefüllte Gasentladungslampen)
- Leuchtdioden jeder Farbe, in elektrischen Geräten, neueren Bahnsignalen und Verkehrsampeln
- Energiesparlampen
- die grüne Leuchtanzeige elektrischer Uhren

parallele, gerade Schnitte mit einem scharfen Messer. Das Messer ziehe man mit gleichmäßigem Druck und ohne anzuhalten. Danach wird mit zwei weiteren Schnitten das Mittelstück entfernt.

Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von zwei klassischen Rasierklingen, die mit der Schneidkante parallel zueinander angeordnet werden. Mit einer geschickten Konstruktion der Halterung lässt sich dann durch Verschieben der Klingen zueinander auch die Spaltbreite variieren. Rasierklingen sind ideale Spaltkanten – jedoch Vorsicht beim Umgang mit ihnen.

### Zerstreut sieht sich's besser

Mit einem solchen Spektroskop betrachten wir den hellen Spalt, wie er vom Beugungsgitter gespiegelt wird. Der Haupttrick, um ein schönes breites Spektrum zu bekommen, besteht in einer gleichmäßigen Ausleuchtung des Spaltes. Ein helles aber kleines Objekt wird aber nur als ein schmales Farbband oder als Folge heller Punkte sichtbar sein. Eine direkte Beleuchtung mit der Sonne (Vorsicht!) ist sehr enttäuschend, weil wir nur einen sehr hellen schmalen Streifen sehen, in dem sich keine Strukturen erkennen lassen. Wenn wir aber ein Stück dünner milchiger Plastikfolie vor den Spalt halten (die Plastiktüten, in die wir im Supermarkt die Früchte einpacken, sind ideal), wird das Sonnenlicht gleichmäßig über die gesamte Länge des Spaltes verteilt. So erhalten wir ein breites Spektrum, in dem die feinen dunklen Linien viel auffälliger sind.

In der Astronomie werden die Spektren der Sterne künstlich verbreitert, indem man das Teleskop während der Belichtungszeit ein wenig verstellt, so dass das Bild des Sterns gleichmäßig entlang des Spaltes hinauf und hinab geführt wird.

### Photographieren

Mit ein wenig Probieren gelingt es, die Spektren zu photographieren. Die richtige Belichtungszeit bestimmt man einfach

durch Serien von Aufnahmen verschiedenen langer Dauer. Die richtige Fokussierung zu finden, ist schwieriger. Bisher sind mir von den feinen Linien im Sonnenspektrum noch keine befriedigenden Aufnahmen gelungen. Wesentlich einfacher sind Aufnahmen von Quellen mit hellen Emissionslinien. Abb. 9 zeigt die farbigen Bögen einer Straßenlaterne. Die CD wurde mit Klebestreifen an einer dreh- und schwenkbaren Schreibtischlampe befestigt, die einäugige Spiegelreflexkamera stand auf einem Stativ in etwa 15 cm Abstand von der CD. Das Objektiv der Brennweite 35 mm wurde (nach Experimenten) auf 2 m Distanz eingestellt. Objektive längerer Brennweite zeigen einen vergrößerten Ausschnitt, und müssen ebenfalls auf ca. 2 m Distanz fokussiert werden. Die Blende bleibt offen, als Belichtungszeiten sind einige Sekunden erforderlich. Auf der Abb. 9 zeigen sich von rechts nach links: ein weißlicher Reflex, das Spektrum erster Ordnung von blau bis rot, das weiter auseinandergezogene Spektrum zweiter Ordnung, wobei eine schwache grünliche Linie bei 490 nm erkennbar ist, sowie ein schwaches Kontinuum, dessen Farbton von blau nach grün umschlägt. Weiter außen sind die blauen Linien der dritten Ordnung sichtbar, wobei die Linie bei 436 nm blau erscheint, aber die Linie bei 405 nm bereits ins Rot der zweiten Ordnung fällt und dort den magentafarbenen Bogen erzeugt. □



Joachim Köppen beschäftigte sich in Freiburg/Br. mit einem Sonnenfleck, in Cardiff und Heidelberg mit Planetarischen Nebeln und jetzt in Kiel und Straßburg vor allem mit der chemischen Entwicklung von Galaxien.

**Astronomie.de**  
der Treffpunkt für Astronomie

über 6000 Besucher täglich!

größter Gebrauchtmart mit über 100 Anzeigen pro Tag.

mehr als 150 Einträge in den 19 Diskussionsforen

astronomische Bildergalerie mit 1300 Amateuraufnahmen.

täglich Neuigkeiten und Artikel aus der Welt der Astronomie.

Buchbesprechungen, Deep Sky Datenbank, Fernsehvorschau, Himmelsvorschau, Astroreisen...

Machen Sie mit:  
[Http://www.Astronomie.de](http://www.Astronomie.de)

Navigation: Zurück, http://www.astronomie.de/

Menü: Mitglieder, Mail-Freundschaften, Vereine (GAD), Postkarten, Namibia 1997 | 2000, Projekt Arp-Galaxien, Sonnensystem, Mondfinsternis, Aktuelles, Astropraxis, Himmelsvorschau, Bibliothek, Artikel, Astronavigation, Astro Tools, Berechnungen