

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Phone +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107
E-mail info@phywe.de
internet www.phywe.de



Betriebsanleitung

Das Gerät dient der Untersuchung von Spektren, der Bestimmung des minimalen Ablenkwinkels und der Brechzahl von Prismen. Man kann es auch als Gitterspektrometer benutzen. Es findet seinen Einsatz in Stätten der naturwissenschaftlichen Ausbildung und Laboratorien.

1 BESCHREIBUNG

- 1 Spaltröhre
- 2 Fernrohr
- 3 Prismentisch
- 4 Flintglasprisma in Halter
- 5 Teilkreisplatte
- 6 Nonius
- 7 Lupe
- 8 Spalt
- 9 Rändelschraube zur Spalteinstellung
- 10 Rändelschraube für Spaltröhrentubus
- 11 Okular mit Fadenkreuz
- 12 Arretierung für Teilkreisplatte
- 13 Rändelschrauben für Nivellierung von Prismentisch
- 14 Rändelschraube für Okulartubus
- 15 Höhenstellschraube für Spaltröhre
- 16 Höhenstellschraube für Fernrohr
- 17 Lagerpunkte für Spalt- und Fernrohr
- 18 Feineinstellung für Fernrohr und Nonius
- 19 Halter für Rowlandgitter
- 20 Dreifuß

Die wesentlichen Bestandteile des Spektrometers sind das Spaltröhre 1, das Fernrohr 2, der Prismentisch 3 und die Teilkreisplatte 5. Während das Spaltröhre fest mit dem Stativ verbunden ist, lassen sich Teilkreisplatte, Prismentisch und Fernrohr unabhängig voneinander - um die Stativachse drehen.

Das fest mit dem Stativ verbundene Spaltröhre ist an seinem freien, d.h. dem Prismentisch abgekehrten Ende mit einer Spaltblende versehen. Der Spalt kann mit der Rändelschraube 9 und einem Schieber in Breite und Höhe verstellt werden. Nach Lösen der Rändelschraube 10 kann der Tubus der Spaltblende längs des Spaltröhres verschoben und damit die Länge des Spaltröhres verändert werden. Am anderen Ende des Spaltröhres befindet sich das Objektiv (Kollimatorlinse; $f = 160$ mm). Der Abstand vom Objektiv zum Spalt lässt sich so einstellen, dass er gleich der Brennweite der Kollimatorlinse ist.

Der Prismentisch 3 kann durch drei Rändelschrauben 13 waagrecht ausgerichtet werden. Das mitgelieferte Flintglasprisma wird im Prismenhalter 4 auf den Prismentisch aufgesetzt. Alle anderen Prismen werden ohne Halter auf den Prismentisch gestellt. Der Prismentisch kann mittels einer Rändelschraube festgestellt werden.

Das Fernrohr ist, ebenso wie das Spaltröhre, dreipunktgelagert. Beim Montieren der Rohre achte man darauf, dass die von den Seiten her greifenden Rändelschrauben 17 in die dafür vorgesehenen Bohrungen in den Rohrwandungen einrasten. - Das Fernrohr ist an einem Arm befestigt, der um die Stativachse gedreht und mittels einer seitlich angebrachten Rändelschraube arretiert werden kann. Es ist an seinem dem Prismentisch zugewandten Ende mit einem Objektiv der Brennweite $f = 160$ mm ausgerüstet und an seinem freien Ende mit dem verstellbaren Okular 11 versehen. Ist der Fernrohrarm arretiert, so lässt sich noch mit Hilfe des Feintriebess 18 eine Feineinstellung des Fernrohrarmes vornehmen. Fest verbunden mit dem Fernrohrarm ist der Nonius 6, der es ermöglicht, die Teilkreiswinkel auf eine Minute genau abzulesen. Die Ablesung erfolgt mittels Lupe 7.

Die mit einer Gradteilung von 0 bis 360° versehene kreisförmige Platte 5 ist um die Stativachse drehbar angeordnet. Sie kann in beliebiger Stellung mit der Rändelschraube 12 arretiert werden.

Das Prisma mit Halter 4 kann gegen den Halter für das Rowlandgitter 19 ausgetauscht werden. Der Rowlandgitterhalter liegt dem Gerät bei. Das Rowlandgitter selbst ist unter der Bestellnummer 08546.00 zu beziehen.

2 JUSTIERUNG

Um genaue Messungen mit dem Spektrometer - Goniometer durchführen zu können, muss das Gerät sorgfältig justiert sein. Spalt und Okularfadenkreuz müssen sich in den Brennebenen der zugehörigen Objektive befinden (teleskopischer Strahlengang). Ferner müssen Spalt und brechende Kante des Prismas parallel zur Drehachse verlaufen.

2.1 Einstellen des Fernrohres

Man richte das horizontal ausgerichtete Fernrohr auf einen möglichst weit entfernten Gegenstand. Durch Verschieben des Okulars im Okulartubus 11 wird zunächst sichergestellt, dass das eingebaute Fadenkreuz scharf erscheint. Dann wird der Okulartubus mittels 14 verschoben bis der weit entfernte Gegenstand, der Skala überlagert, scharf erscheint.

2.2 Einstellen des Spaltrohres

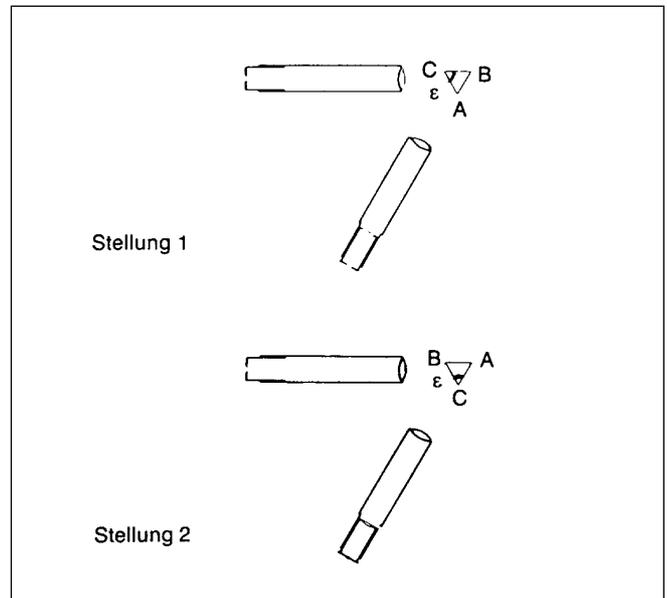
Bei unveränderter Einstellung des Okulars schwenke man das Fernrohr in die Achse des horizontal ausgerichteten Spaltrohres, so dass die Mitte des Spaltbildes mit dem Mittelpunkt des Fadenkreuzes zusammenfällt. Nach Lösen der Schraube 10 verschiebe man den Tubus der Spaltblende, bis das Spaltbild scharf erscheint. Durch Drehen des Spalttubus richte man gleichzeitig den Spalt vertikal aus. Beim anschließenden Festziehen der Schraube 10 achte man darauf, dass sich die Stellung des Spaltes nicht ändert.

2.3 Aufstellen und Ausrichten des Prismas

Man bringe zunächst den Prismmentisch 3 mittels der Rändelschrauben 13 auf die Höhe von Spalt- und Fernrohr und richte ihn nach Augenmaß parallel zur Teilkreisplatte 5 aus. Dann setzt man das Prisma mit Halter auf den Prismmentisch und zwar zweckmäßig so, dass die Drehachse durch die Winkelhalbierende des brechenden Winkels ε , geht und das Lichtbündel des Kollimatorrohres voll auf die brechende Fläche des Prismas trifft. Dann wird der Prismmentisch arretiert. Um die brechende Kante des Prismas genau parallel zur Drehachse bzw. zum Spalt auszurichten, verfähre man wie folgt:

Bei beleuchtetem Spalt schwenke man das Fernrohr so um den arretierten Prismmentisch, dass das an der Vorderseite AC des Prismas (s. Abbildung) reflektierte Strahlenbündel in das Fernrohr eindringt.

Mit den Rändelschrauben 13 justiert man den Prismmentisch so, dass die Mitte des Spaltbildes im Mittelpunkt des Fadenkreuzes liegt. Das Fernrohr wird in dieser Stellung arretiert. Ohne das Prisma zu berühren, drehe man dann den Prismmentisch bis das an der anderen Prismenfläche BC reflektierte Strahlenbündel in das Fernrohr eindringt und führe die gleiche Justierung mit den Rändelschrauben 13 durch. Diese Einstellungen wiederhole man abwechselnd, bis keine Korrekturen mehr erforderlich sind. Damit ist die brechende Kante des Prismas parallel zur Drehachse ausgerichtet.



3 VERSUCHSBEISPIELE

Es wird vorausgesetzt, dass das Spektrometer - Goniometer gemäß Punkt 2. sorgfältig justiert ist.

3.1 Bestimmung der Brechzahl n aus dem Winkel der minimalen Ablenkung

Wenn ein Parallellichtbündel das Prisma symmetrisch durchsetzt, ergibt sich für den Ablenkungswinkel δ ein minimaler Wert. In diesem Fall gilt folgende Beziehung zwischen dem brechenden Winkel ε des Prismas, dem Ablenkungswinkel δ und der Brechzahl n des Prismenwerkstoffes (für die Wellenlänge des verwendeten Lichtes):

$$n = \frac{\sin \frac{\delta + \varepsilon}{2}}{\sin \frac{\varepsilon}{2}}$$

Ist ε bekannt (beim mitgelieferten Flintglasprisma z.B. 60°), so ist zur Bestimmung der Brechzahl n lediglich noch die Messung von δ erforderlich.

Zur Messung von δ bringe man das Prisma so in den Strahlengang, dass der Einfallswinkel an der Grenzfläche Luft/Glas nicht zu klein wird. Damit wird sichergestellt, dass der gebrochene Strahl aus dem Prisma wieder austreten kann. Für Flintglas mit der Brechzahl $n = 1,62$ und für einen brechenden Winkel des Prismas von 60° beträgt der kleinstmögliche Einfallswinkel ca. 37°; für Kronglas mit der Brechzahl $n = 1,52$ und für einen brechenden Winkel des Prismas von 60° beträgt der kleinstmögliche Einfallswinkel ca. 31°. Man schwenke den Fernrohrarm so, dass die Spektrallinie, für die die Brechzahl bestimmt werden soll, im Mittelpunkt des Fadenkreuzes sichtbar ist. Dann drehe man langsam das Prisma (wobei ggf. das Fernrohr nachzustellen ist), bis die Spektrallinie gerade einen Umkehrpunkt durchläuft. Dies ist die Stellung minimaler Ablenkung, in der man das Prisma belässt und das Fernrohr arretiert. Mit dem Feintrieb 18 stellt man den Mittelpunkt des Fadenkreuzes genau auf die Mitte der Spektrallinie und liest die am Nonius anliegende Gradzahl ab.

Dann entfernt man das Prisma vom Prismmentisch, löst die Arretierung des Fernrohres und richtet dieses direkt auf das Spaltrohr, so dass die Mitte des Spaltbildes im Mittelpunkt des

Fadenkreuzes liegt. In dieser Stellung des Fernrohres liest man wiederum die am Nonius anliegende Gradzahl ab. Aus den beiden abgelesenen Gradzahlen ergibt sich der Ablenkungswinkel δ .

3.2 Bestimmung der Wellenlängen von Spektrallinien mit dem Gitterspektrometer

Das Prisma im Prismenhalter wechsele man aus gegen den Gitterhalter mit Rowlandgitter (Rowlandgitter 08546.00). Das Rowlandgitter klemme man im Gitterhalter fest und bringe diesen so auf den arretierten Prisentisch, dass die Gitterfläche (Schichtseite zum Spaltrohr) senkrecht zur Spaltrohrachse steht. In diesem Fall gilt folgende Beziehung zwischen Gitterkonstante G (Abstand zweier homologer Punkte benachbarter Streifen), Ordnungszahl n des Beugungsbildes, Winkel φ_n , unter dem das Beugungsbild n -ter Ordnung erscheint, und der Wellenlänge φ_n der zur Messung benutzten Spektrallinie:

$$\lambda = \frac{G}{n} \sin \varphi_n$$

Zur Spaltbeleuchtung empfiehlt sich die Verwendung einer Spektrallampe. Ist die Gitterkonstante G bekannt, so ist zur Bestimmung der Wellenlänge der Winkel φ_n , zwischen dem Beugungsbild n -ter Ordnung und dem unabgelenkten Spaltbild zu messen. Da die Beugungsbilder symmetrisch zu beiden Seiten des unabgelenkten Spaltbildes angeordnet sind, bestimmt man zweckmäßig den Winkel $2 \cdot \varphi_n$, der von den beiden Beugungsbildern n -ter Ordnung rechts und links vom unabgelenkten Spaltbild eingeschlossen wird. Mit dem Fernrohr sucht man die Beugungsbilder gleicher Ordnung zu beiden Seiten des unabgelenkten Spaltbildes auf und stellt die Mitte des Beugungsbildes jeweils genau auf den Mittelpunkt des Fadenkreuzes. In beiden Fällen wird die am Nonius anliegende Gradzahl abgelesen. Die Winkeldifferenz entspricht $2 \cdot \varphi_n$.

3.3 Bestimmung der Gitterkonstanten G eines Beugungsgitters

Analog zu Versuch 3.2 wird zur Bestimmung der Gitterkonstanten der Winkel φ_n bzw. $2 \cdot \varphi_n$ bestimmt. Die Gitterkonstante folgt aus der Beziehung:

$$G = \frac{n \cdot \lambda}{\sin \varphi_n}$$

3.4 Aufnahme der Dispersionskurve eines Gitters

Man beleuchtet den Spalt mit einer Spektrallampe. In den Gitterhalter setzt man wiederum das Rowlandgitter ein. Für jede Ordnung n des Gitterspektrums und für jede deutlich sichtbare Spektrallinie bestimmt man gemäß 3.2 den Ablenkungswinkel φ_n . Sind die den einzelnen Spektrallinien zuzuordnenden Wellenlängen bekannt, so können in einer graphischen Darstellung die gemessenen Ablenkungswinkel φ_n in Abhängigkeit von den zugehörigen Wellenlängen λ aufgetragen werden. Verbindet man die für die n -te Ordnung gefundenen Messpunkte, so erhält man die Dispersionskurve des Gitters für das Gitterspektrum n -ter Ordnung.

3.5 Bestimmung der Feinstrukturaufspaltung der NA-D-Linie in Näherung

Die Wellenlängen der Spektrallinien von Na werden mit dem Spektrometer - Goniometer bestimmt.

In der zweiten Ordnung ($n = 2$) wird eine Aufspaltung der Natrium D-Linie erreicht. Die Fadenkreuzmitte des Fernrohres wird auf die zweite Linie (2te Ordnung) der Natrium D-Linie gebracht und arretiert. Mit der Feineinstellung 18 wird die Fadenkreuzmitte von der zweiten auf die erste Linie verschoben und die entsprechende Anzahl von Minuten am Nonius abgelesen. Ist φ_2 der Beugungswinkel der zweiten Linie (2te Ordnung) und $\Delta\varphi$ die am Nonius abgelesene Winkeldifferenz (zwischen erster und zweiter Linie), so errechnet sich die Wellenlängendifferenz $\Delta\lambda$ durch Aufspaltung aus der Beziehung

$$\Delta\lambda = \frac{G}{2} [\sin \varphi_2 - \sin(\varphi_2 - \Delta\varphi)]$$

Anmerkung:

$\Delta\lambda$ kann auf diese Weise nur in Näherung bestimmt werden, da die Genauigkeit jedweder Winkelmessung $1'$ ist.

4 HANDHABUNG

Bei Lieferung des Spektrometer - Goniometers sind Fernrohr und Spaltrohr getrennt beigelegt. Man packe sie vorsichtig aus und befestige sie in den vorgesehenen Lagerpunkten mittels der Rändelschrauben 17.

Das Fadenkreuz des Okulars ist i.a. durch das Licht des zu untersuchenden Spektrums ausreichend zu erkennen. Gegebenenfalls ist die Spaltbreite leicht zu erhöhen oder bei nur halb abgedunkeltem Raum zu arbeiten. Zur Säuberung des Spaltes benutze man ein nicht fusseles Tuch, am besten einen Lederlappen.

Die zu untersuchende Lichtquelle wird so vor das Gerät gestellt, dass sie sich in der optischen Achse des Spaltrohres befindet. Lichtquellen mit genügend großer Leuchtfläche (z.B. Spektrallampen) werden einige Zentimeter vor dem Spalt aufgestellt. Wesentlich ist, dass die Spaltöffnung sowie auch die Kollimatorlinse voll ausgeleuchtet sind. Bei nahezu punktförmigen Lichtquellen lässt sich dies erreichen, wenn man den Spalt unter Verwendung eines Kondensors beleuchtet. Schließlich ist die Spaltbreite mit der Rändelschraube 9 geeignet einzustellen. Mit abnehmender Spaltbreite wächst das Auflösungsvermögen (Trennvermögen für benachbarte Wellenlängen), zugleich aber nimmt die Helligkeit des Spektrums ab. Bei sehr engem Spalt ist das Spektrum von horizontalen Linien durchzogen, die von geringfügigen Unebenheiten an den Spaltschneiden - z.B. durch Staubkörnchen verursacht - herrühren.

5 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten; sie umfasst nicht den natürlichen Verschleiß sowie Mängel, die durch unsachgemäße Behandlung entstehen.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich hierfür ermächtigte Stellen ausgeführt werden.