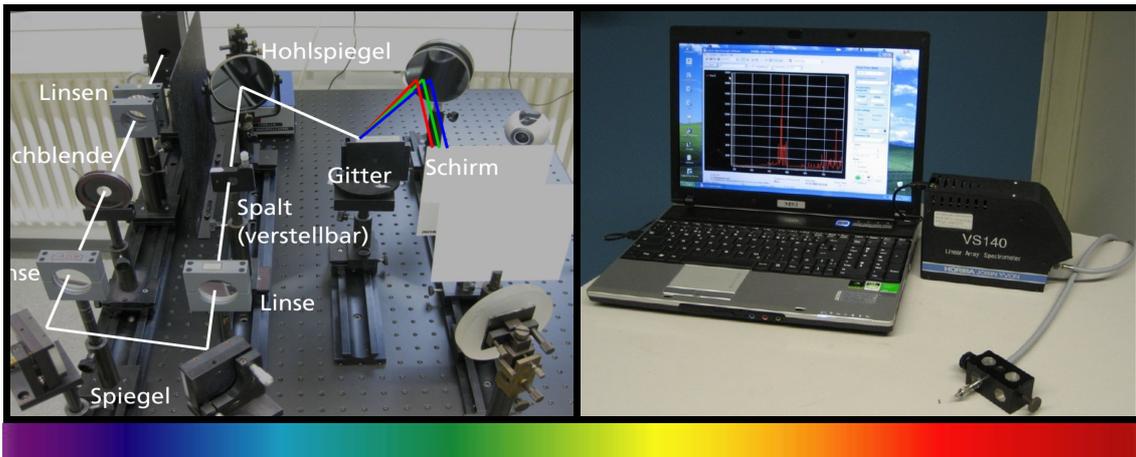


Die Physik Schülerlabor Initiative



Versuch: Das Spektrometer



Einleitung



Abbildung 1: Spektrum des Lichts (Urheber: Horst Frank)

Ein Spektrometer ermöglicht uns, einen Lichtstrahl in seine Spektralfarben (die ihr in Abbildung 1 sehen könnt) aufzuspalten und somit die in ihm enthaltenen Wellenlängen zu bestimmen. Die optische Spektroskopie, die Wellenlängen im fernen Ultraviolett-, im sichtbaren und im nahen Infrarot-Bereich untersucht, hat in der modernen Physik große Bedeutung: Sie war entscheidend, um den Atom- und Molekülaufbau zu verstehen, gab wichtige Impulse zur Entwicklung der Quantenmechanik und wird heute beispielsweise eingesetzt, um etwas über die Beschaffenheit von Sternen zu erfahren.

Es gibt verschiedene Arten von Spektrometern, die jeweils auf ein bestimmtes Anwendungsgebiet angepasst sind. Allen gemeinsam ist als zentrales Bauteil ein dispersives Element, also ein Gitter oder ein Prisma, an oder in dem Dispersion stattfindet. Als Dispersion bezeichnet man die Abhängigkeit einer Größe von der Wellenlänge: Beim Übergang von Licht von einem Medium in ein anderes beispielsweise ist die Brechzahl umso größer, je kleiner die Wellenlänge ist. Daher wird ein weißer Lichtstrahl beim Durchgang durch ein Prisma in seine Spektralfarben zerlegt, wie Abbildung 2 zeigt. Bei der Beugung am Gitter bestimmt die Wellenlänge des Lichts den Winkel, unter dem ein Intensitätsmaximum auftritt. Das dispersive Element eines Spektrometers sorgt also dafür, dass Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge örtlich getrennt werden und auf einem Schirm auf verschiedenen Stellen auftreffen.

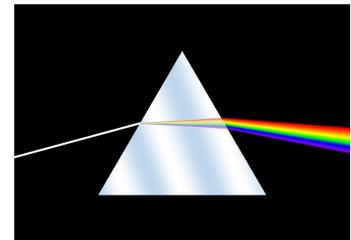


Abbildung 2: Dispersion am Prisma

Jede Substanz ist spektral verschieden: Bei der Untersuchung mit dem optischen Spektrometer weist sie eine Zusammensetzung von Wellenlängen auf, die nur für sie typisch ist. Man kann deshalb mit Spektrometern herausfinden, wie das Licht verschiedener Lichtquellen entstanden ist und aus welchen Stoffen eine Lichtquelle besteht.

In diesem Versuch könnt ihr, nachdem ihr euch kurz mit den theoretischen Grundlagen der Beugung am Gitter beschäftigt habt, selbst ein Gitterspektrometer (hier in der sogenannten Czerny-Turner-Anordnung) aufbauen, um seine Funktionsweise und den Einfluss seiner einzelnen Komponenten auf das erzeugte Spektrum zu verstehen. Anschließend steht euch ein kommerzielles USB-Gitterspektrometer zur Verfügung, mit dem ihr verschiedene Lichtquellen untersuchen könnt. Wir benutzen hier nur Gitter- und keine Prismenspektrometer, weil sie ein Spektrum höherer Auflösung liefern und daher für uns einfacher zu handhaben sind.



Arbeitsblatt 1: Doppelspalt und Gitter

1. Der Doppelspalt

Um die Funktionsweise des Gitterspektrometers zu verstehen, betrachten wir zunächst ein Gitter aus nur zwei Spalten, also einen Doppelspalt. Aus beiden Spalten treten Wellenzüge aus, die miteinander interferieren und sich gegenseitig verstärken oder auslöschen. Wir wollen nun eine Formel herleiten, mit der wir bestimmen können, wo auf dem Schirm Maxima des Interferenzbildes auftreten. Wir können annehmen, dass der Abstand der beiden Spalte, wir nennen ihn g , sehr viel kleiner ist als der Abstand b zwischen dem Doppelspalt und dem Schirm und als der Abstand zwischen der Lichtquelle und dem Doppelspalt.

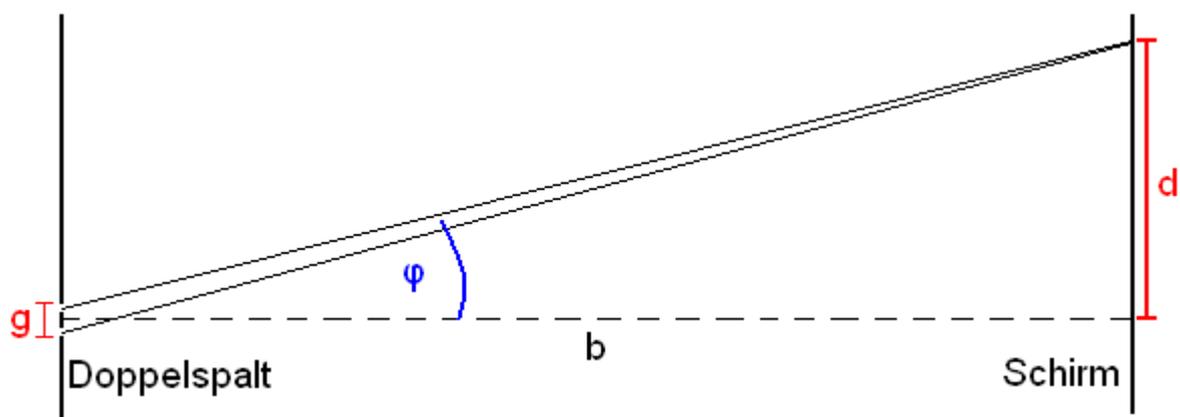


Abbildung 1: Doppelspalt

Für die Situation direkt hinter dem Doppelspalt können wir die sich überlagernden Wellenzüge, die von den beiden Spalten ausgehen, als parallel betrachten.

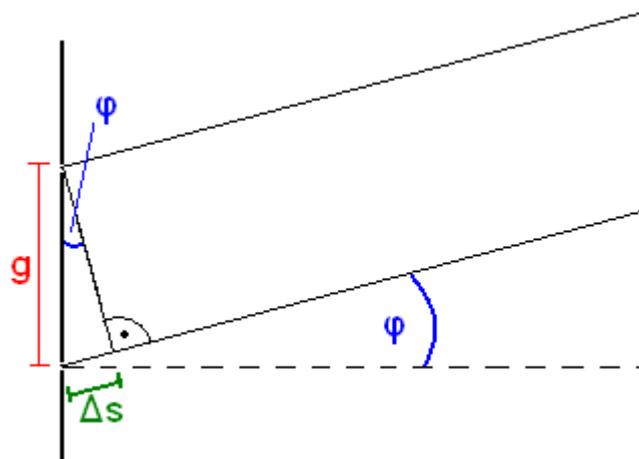


Abbildung 2: Doppelspalt (Ausschnitt)

Wie groß ist der Gangunterschied Δs der sich überlagernden Wellenzüge?



Wie groß muss der Gangunterschied Δs sein, damit eine maximale Verstärkung der Wellenzüge stattfindet?

Da es mehrere Möglichkeiten gibt, maximale Verstärkung zu erzeugen, sieht man auf dem Schirm auch mehrere Maxima. Wir nennen das Maximum in der Mitte das Maximum nullter Ordnung, danach folgen nach außen die Maxima erster, zweiter, dritter Ordnung und so weiter.

Wie groß muss der Gangunterschied Δs für ein Minimum sein?

Um den experimentell schwierig zu bestimmenden Winkel φ aus der Gleichung zu eliminieren, kann man folgende Näherung verwenden, da der Winkel φ sehr klein ist:

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi$$

Wie lauten damit die Näherungsgleichungen für die Orte der Maxima d_{max} und die Orte der Minima d_{min} auf dem Schirm?

Maxima:

Minima:

Warum ist der Doppelspalt ein dispersives Element?



2. Das Gitter

Nun wollen wir unsere Erkenntnisse auf mehr als zwei nebeneinander liegende Spalte, also ein Gitter, ausweiten. Der Abstand g zwischen den Spalten heißt jetzt Gitterkonstante. Bei einem Gitter mit 100 Spaltöffnungen pro Millimeter beispielsweise beträgt die Gitterkonstante 0,01mm.

Für die Herleitung verwenden wir zunächst ein Gitter mit vier Spalten. Wieder können wir die Strahlen hinter dem Schirm als parallel ansehen.

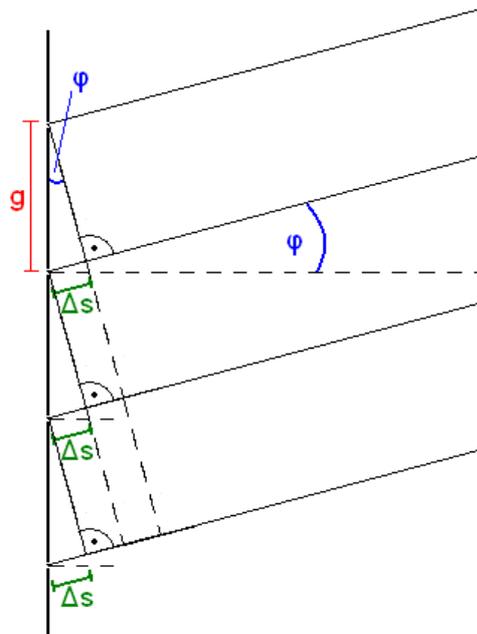


Abbildung 3: Gitter mit vier Spalten

Wie man sieht, ist der Gangunterschied Δs sich überlagernder Wellenzüge wie beim Doppelspalt durch folgende Formel gegeben:

$$\Delta s = g \cdot \sin \varphi$$

Wie groß ist der Gangunterschied Δs bei maximaler gegenseitiger Verstärkung der Wellenzüge?

Wo liegen also die Orte d_{max} dieser Maxima auf dem Schirm? (Man kann die gleiche Näherung wie beim Doppelspalt benutzen!)

Bei welchen Gangunterschieden Δs zwischen $\Delta s = 0$ und $\Delta s = \lambda$ ergeben sich Minima? (Tipp: Bei einem Gitter gibt es mehrere Möglichkeiten, welche Wellenzüge sich gegenseitig auslöschen können!)



Da zwischen zwei Minima immer ein Maximum liegen muss, gibt es also bei einem Gitter außer den Hauptmaxima auch noch Nebenmaxima geringerer Intensität. Diese sind allerdings bei den im Spektrometer verwendeten Gittern meist so lichtschwach, dass man sie nicht beobachten kann.

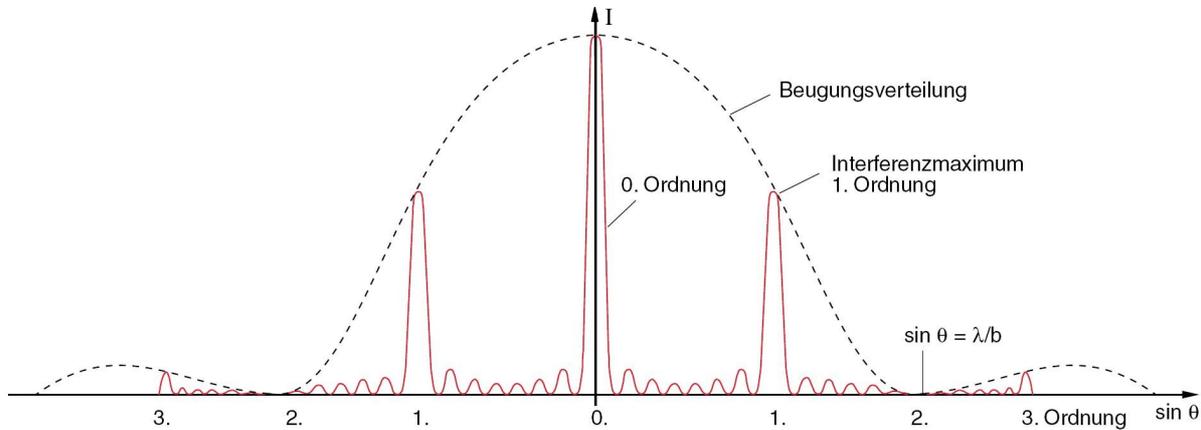


Abbildung 4: Intensitätsverteilung hinter einem Gitter mit acht Spalten (aus: Demtröder: Experimentalphysik 2)

In Abbildung 4 sieht ihr eine typische Intensitätsverteilung hinter einem Gitter. Die einhüllende Beugungsverteilung ist abhängig von der Breite der einzelnen Spalte des Gitters. Sie sorgt dafür, dass die Höhe der Hauptmaxima (zumindest für niedrige Ordnungen) mit steigender Ordnung abnimmt.

Wir erhöhen nun die Anzahl der Gitteröffnungen immer weiter auf sechs, dann acht, dann zehn Spalte und so weiter. Bei welchen Gangunterschieden erscheinen im allgemeinen Fall eines Gitters mit N Spalten zwischen dem nullten und dem ersten Hauptmaximum Minima?

Wie groß ist (mit der Winkelnäherung von oben) der Abstand Δd zwischen einem Hauptmaximum und dem nächstliegenden Minimum?

Wie wirkt sich also die größere Spaltanzahl auf das Interferenzbild aus?



Bisher haben wir nur den Fall betrachtet, dass Licht einer einzigen Wellenlänge auf das Gitter fällt. Allerdings haben wir bereits hergeleitet, dass die Orte der Maxima und Minima auf dem Schirm von der jeweiligen Wellenlänge des Lichts abhängen. Das Gitter ist also wie der Doppelspalt ein dispersives Element, das Licht in seine Spektralfarben aufspaltet.

Eine wichtige Kenngröße eines Gitterspektrometers ist sein spektrales Auflösungsvermögen. Dieses gibt Auskunft darüber, wie groß die kleinste Differenz zweier Wellenlängen ist, bei der man ihre Hauptmaxima gerade noch getrennt wahrnehmen kann.

Nach dem Rayleigh-Kriterium können zwei Wellenlängen λ und $\lambda + \Delta\lambda$ dann aufgelöst werden, wenn der Abstand ihrer jeweiligen Hauptmaxima in einer Ordnung nicht kleiner ist als der Abstand Δd zwischen dem Hauptmaximum und dem nächstliegenden Minimum des Licht der Wellenlänge λ in eben dieser Ordnung:

$$|d_{\max}(\lambda) - d_{\max}(\lambda + \Delta\lambda)| \geq \Delta d(\lambda)$$

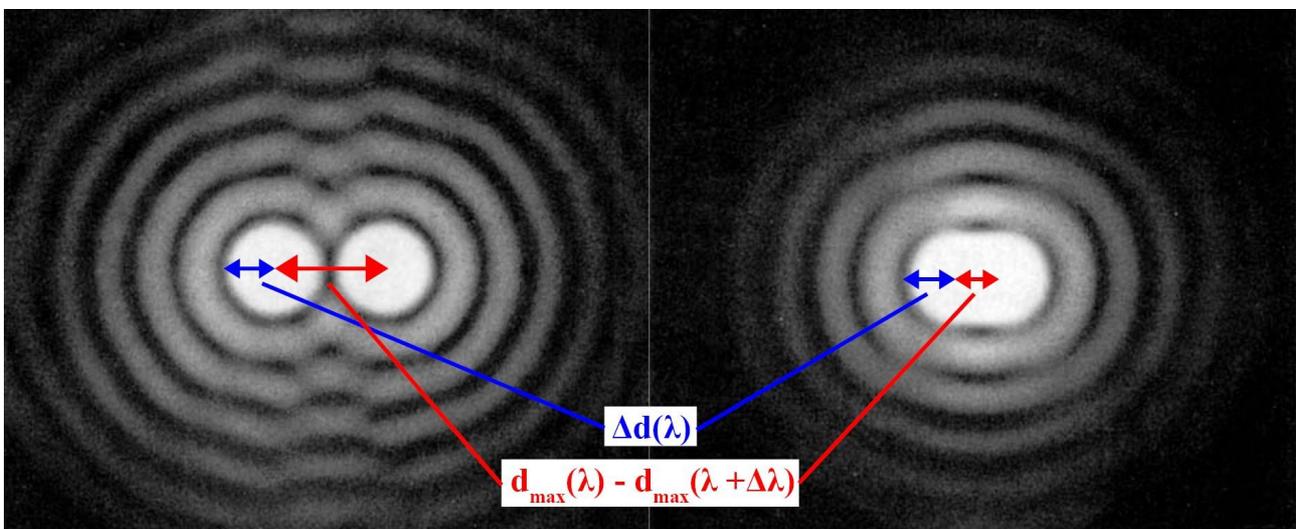


Abbildung 5: Rayleigh-Kriterium (aus: Demtröder: Experimentalphysik 2)

Mit den oben bereits hergeleiteten Formeln könnt ihr jetzt das Auflösungsvermögen $A = \lambda / \Delta\lambda$ bestimmen:



Arbeitsblatt 2: Das Eigenbau-Spektrometer

Wir benutzen im Folgenden ein Spektrometer in Czerny-Turner-Anordnung, wie ihr es schematisch in Abbildung 1 sehen könnt. Bei diesem Spektrometer-Typ fällt das auf den Eintrittsspalt fokussierte Licht auf einen Hohlspiegel, der das Licht parallelisiert und auf das Reflexionsgitter leitet. Das vom Reflexionsgitter ausgehende, in seine Spektralfarben zerlegte Licht trifft dann wiederum auf einen Hohlspiegel, der es auf einen Schirm fokussiert. Hierbei trifft jede Wellenlänge auf einer anderen Stelle des Schirms auf. Auf diese Art werden auch Spektrometer gebaut, die man in der Forschung oder der Industrie verwendet.

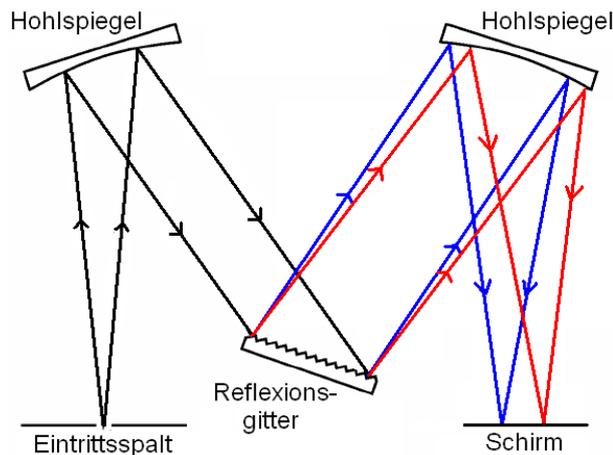


Abbildung 1: Czerny-Turner-Spektrometer

Bisher haben wir nur Transmissions-Gitter betrachtet, bei denen das Licht durch die Gitterspalte auf einen Schirm fällt. Ein Reflexionsgitter folgt den gleichen Gesetzmäßigkeiten, nur dass hier das Licht reflektiert wird. Bei Transmissions-Gittern geht ein Teil der Lichtintensität auf dem Weg durch das Gitter verloren, bei Reflexionsgittern nicht, weswegen sie ein helleres Spektrum liefern.

Das Eigenbau-Spektrometer, das ihr vor euch habt, beinhaltet außer den bisher genannten Elementen noch weitere, die dazu dienen, den Eintrittsspalt optimal auszuleuchten, um ein möglichst deutliches Spektrum auf dem Schirm zu erhalten. Es sieht dann wie folgt aus:

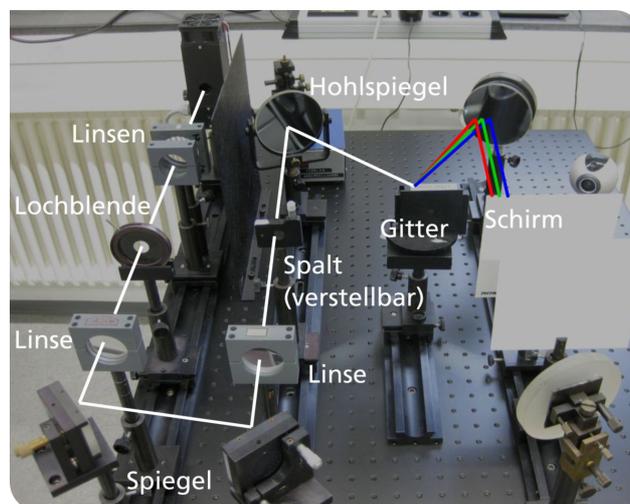


Abbildung 2: Eigenbau-Spektrometer



Baut das Eigenbau-Spektrometer nach der obigen Darstellung mit dem Gitter mit 600 Strichen pro Millimeter auf und justiert es so, dass das Spektrum auf dem Schirm möglichst deutlich ist. Dies erreicht ihr dadurch, dass alle Elemente vom Lichtstrahl möglichst mittig getroffen und möglichst vollständig ausgeleuchtet werden. Stellt den Eintrittsspalt und die Blende zunächst so weit ein wie möglich, damit ihr besser sehen könnt, wohin der Lichtstrahl fällt. Ihr könnt die Weite, wenn alles eingestellt ist, wieder reduzieren. Am besten richtet ihr zuerst die Bauteile aus, die am nächsten an der Lichtquelle stehen und arbeitet euch dann den Strahlengang entlang bis zum Schirm vor. Wichtig ist bei der Justierung auch, dass besonders der Eintrittsspalt, aber auch die anderen Bauteile in direkter Nachbarschaft zu einer Linse oder einem Hohlspiegel genau im Fokus derselben stehen.

ACHTUNG: Die Gitter, Linsen und Spiegel sind sehr empfindlich und teuer! Sie dürfen nicht direkt angefasst werden! Zur Justierung bitte nur die Schrauben an den Bauteilen verwenden und beim Wechseln der Gitter darauf achten, diese nur am Plastikrand anzufassen oder Handschuhe verwenden. Außerdem sollten die verwendeten Lampen nicht dauernd an- und ausgeschaltet werden, das schadet ihnen.

Wenn alles richtig eingestellt ist, seht ihr auf dem Schirm farbige „Striche“. Da die verwendete Lichtquelle eine Quecksilberdampfampe ist, solltet ihr folgende Linien sehen:

Farbe	Wellenlänge (nm)
gelb	579,07
gelb	579,96
grün	546,07
türkis	491,6
blau	435,84
violett	404,66

Wichtige Kenngrößen eines Spektrometers sind das spektrale Auflösungsvermögen und die Intensität des Spektrums. Das Auflösungsvermögen gibt an, wie gut eng beieinander liegende Spektrallinien getrennt dargestellt werden können, die Intensität bestimmt die Helligkeit des Spektrums.

Nun können wir den Einfluss der einzelnen Komponenten des Spektrometers auf diese Größen untersuchen. Beachtet zur Beurteilung der Auflösung besonders die gelbe Doppellinie!

Wie verändern sich Intensität und Auflösung bei Veränderung der Breite des Eintrittsspalts?

Warum, glaubt ihr, ist das so? (Tipp: Die Linien auf dem Schirm sind Abbildungen des Eintrittsspalts. Wie verändern diese sich, wenn sich die Spaltbreite verändert?)



Stellt die Spaltbreite so ein, dass das Spektrum am deutlichsten zu erkennen ist, und setzt dann das Gitter mit 1200 Strichen pro Millimeter in die Apparatur ein. Was fällt euch an der Auflösung auf?

Wie erklärt ihr euch das? (Tipp: erinnert euch an die Ergebnisse des ersten Arbeitsblatts!)

Wie wir im ersten Arbeitsblatt schon gezeigt haben, gibt es bei der Beugung am Gitter zu jeder Wellenlänge mehrere Hauptmaxima. Dreht die Halterung des Gitters mit $g = 1/600\text{mm}$, um Maxima verschiedener Ordnungen auf dem Schirm zu betrachten. Wie beeinflusst die Ordnung das Auflösungsvermögen?

Erklärt eure Beobachtung!

Ihr könnt außerdem noch eine Natriumdampfampe als Lichtquelle in das Spektrometer einsetzen und ihr Spektrum beobachten.



Arbeitsblatt 3: Das Minispektrometer

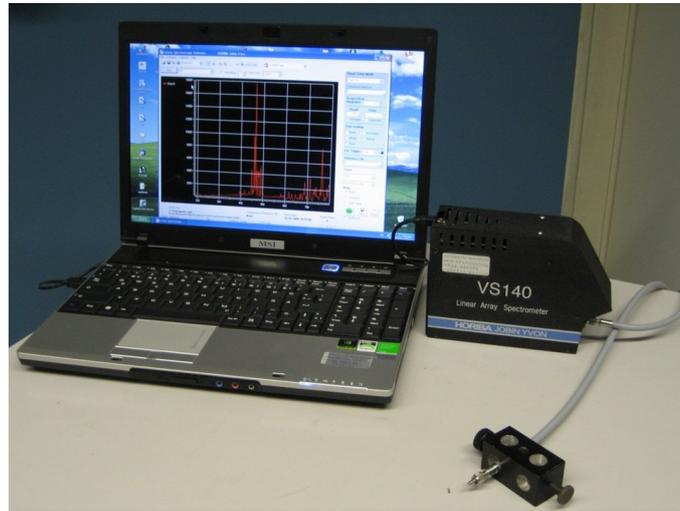


Abbildung 1: Minispektrometer

Nachdem die Funktionsweise eines Gitterspektrometers nun hinreichend betrachtet wurde, wenden wir uns der Untersuchung von Spektren mit dem Mini-Spektrometer zu. Dieses funktioniert ähnlich wie das Eigenbau-Spektrometer, allerdings werden hier die aufgenommenen Spektren über einen Photodetektor in elektronische Daten umgewandelt, die dann auf dem Laptopbildschirm mit dem Programm „Lynear App“ betrachtet werden können. Am kommerziellen USB-Gitter-Spektrometer kann man keine Einstellungen wie am Eigenbau-Spektrometer vornehmen, alle Parameter sind festgelegt. Das Mini-Spektrometer misst in einem Bereich von 190nm bis 800nm, es können also auch die ultravioletten Teile des Lichts dargestellt und untersucht werden. Das zu untersuchende Licht wird über eine Faser in das Spektrometer geleitet, dadurch können auch lichtschwache Quellen betrachtet werden.

ACHTUNG: Die Faser des Mini-Spektrometers ist teuer und empfindlich! Sie darf nicht gebogen oder eingeklemmt werden, weil sie sehr leicht bricht! Denkt außerdem bitte daran, die Schutzkappe am Ende der Versuche wieder aufzusetzen.

Zunächst muss die Kalibrierung des Mini-Spektrometers überprüft werden. Nehmt dazu das Spektrum der Quecksilberdampfampe auf. Ihr könnt diese dazu aus dem Eigenbau-Spektrometer ausbauen. Dieses Spektrum kennt ihr schon aus dem vorherigen Versuch, die Peaks (also die Maxima) eures Spektrums sollten also wieder an folgenden Stellen liegen:

Farbe	Wellenlänge (nm)
gelb	579,07
gelb	579,96
grün	546,07
türkis	491,6
blau	435,84
violett	404,66



Abbildung 2: Spektrum von Quecksilber



Falls die Peaks nicht an den erwarteten Stellen liegen sollten, muss das Spektrometer wahrscheinlich neu kalibriert werden. Fragt dazu euren Betreuer um Rat.

Das USB-Spektrometer zeigt euch nicht nur an, welche Wellenlängen das gemessene Licht enthält, sondern auch, wie hoch die Intensität, also die Helligkeit der jeweiligen Wellenlänge ist. Falls ihr beim Eigenbau-Spektrometer vielleicht nicht alle sechs Linien sehen konntet, könnt ihr euch jetzt vielleicht erklären, warum.

Warum konntet ihr die Peaks, die unter 400nm liegen, nicht mit dem Eigenbau-Spektrometer beobachten?

Was könnt ihr über das Auflösungsvermögen des Mini-Spektrometers im Vergleich zum Eigenbau-Spektrometer sagen?

Nun wollen wir verschiedene Spektren aufnehmen. Zunächst könnt ihr an der LED-Leiste verschieden farbiges Licht der LEDs 5 bis 9 aufnehmen. Welcher Wellenlängenbereich entspricht welcher Farbe?



Arbeitsblatt 4: Emissions- und Absorptionsspektren

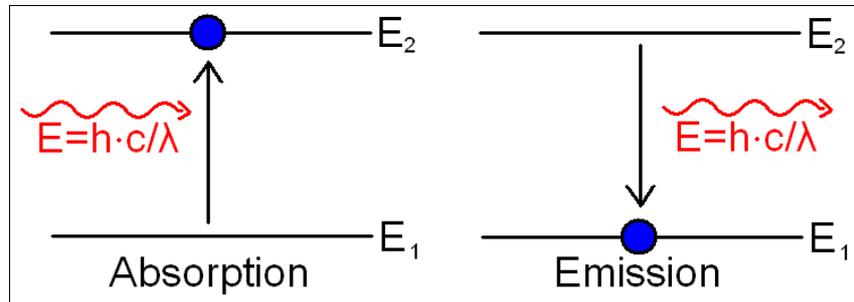


Abbildung 1: Absorption und Emission im Schema

Ein Atom kann verschiedene Energiezustände einnehmen. Gewöhnlich befindet es sich im „Grundzustand“, also dem Zustand niedrigster Energie. Ein Atom kann nur in einen höheren Energiezustand übergehen, wenn die zugeführte Energiemenge genau so groß ist wie die Differenz zwischen den Zuständen. Diesen Übergang in einen „angeregten Zustand“ nennt man Absorption. Die benötigte Energie kann hierbei zum Beispiel durch Stöße mit anderen Atomen oder durch die Bestrahlung mit Licht übertragen werden. Nach einer gewissen Zeit fällt das Atom zurück in einen niedrigeren Energiezustand. Dabei gibt es die vorher gewonnene Energie in Form eines Lichtquants, also eines Photons, wieder ab. Die Wellenlänge dieses Photons und damit seine Energie entspricht wiederum genau der abzugebenden Energiedifferenz. Man nennt diesen Vorgang Emission.

Ihr habt in den vorhergegangenen Versuchen bereits das Emissionsspektrum der Quecksilberdampflampe kennen gelernt. Betrachtet nun das Spektrum der Natriumdampflampe mit dem USB-Spektrometer. Auch dieses besteht aus einzelnen, recht scharfen Peaks. Man nennt solche Spektren Linienspektren. Jedes Element hat ein charakteristisches Linienspektrum. Man kann daher von einem beliebigen Linienspektrum Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Lichtquelle ziehen.

Nehmt das Spektrum der Deckenlampe auf. Hierbei solltet ihr darauf achten, dass die Rollläden und die Tür geschlossen sind. Wenn man im Programm, das die Spektren anzeigt, oben links neben dem Button „Clear“ im Drop-Down-Menü statt „All“ „Do not clear (Overlay)“ auswählt, kann man mehrere nacheinander aufgenommene Spektren übereinander legen, um sie zu vergleichen.

Welches Element ist in der Leuchtstoffröhre enthalten? (Tipp: Vergleicht ihr Spektrum mit anderen, die ihr schon kennen gelernt habt.)

Das Element ist enthalten, weil es einen hohen UV-Anteil in seinem Emissionsspektrum hat. Das abgegebene UV-Licht wird dazu benutzt, andere Stoffe zum Leuchten anzuregen, wodurch das weiße Licht, das wir sehen, zustande kommt.

Außer den Emissions-Spektren, die wir bisher betrachtet haben, gibt es auch Absorptionsspektren. Wenn Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum, also Licht, das alle Wellenlängen enthält, beispielsweise durch Natriumdampf auf ein Spektrometer fällt, so fehlen im Spektrum genau die Linien des Natriums.



Es sieht dann wie folgt aus:

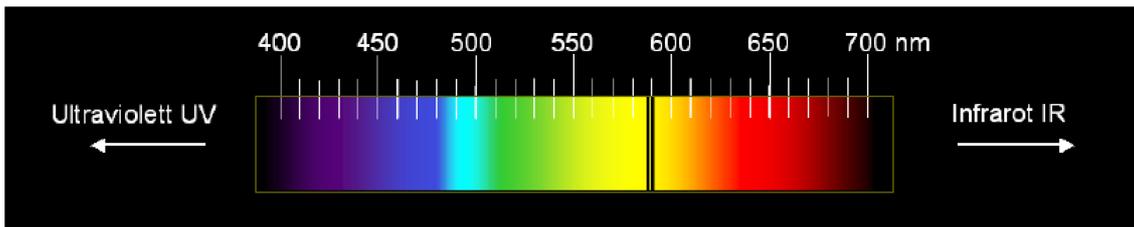


Abbildung 2: Absorptionsspektrum von Natrium

Erklärt dieses Phänomen!

Das Spektrum des Sonnenlichts ist ein solches Absorptionsspektrum. Durch Absorption in der Chromosphäre, also der äußersten Schicht der Sonne, und in der Erdatmosphäre entstehen Minima im Spektrum. Man nennt diese Absorptionslinien Fraunhofer-Linien.

Betrachtet das Spektrum der Sonne mit den Minima der Fraunhofer-Linien!

Man nennt Emission, bei der das Atom die nötige Energie durch die Bestrahlung mit Licht gewinnt, auch Fluoreszenz. Unmittelbar nach der Bestrahlung wird hierbei das Licht mit der gleichen Wellenlänge, die das eingestrahlte Licht hatte, oder einer längerwelligen, energieärmeren Strahlung abgegeben. Auf diese Weise funktionieren beispielsweise Leuchtstoffröhren wie in der Deckenlampe: das erzeugte UV-Licht regt einen Leuchtstoff in der Lampe zur Fluoreszenz an und dieser strahlt statt des unsichtbaren UV-Lichts sichtbares, energieärmeres Licht aus, dessen einzelne Spektralfarben sich zu Weiß vermischen.

Füllt etwas Tonic Water oder Bitter Lemon in ein durchsichtiges Gefäß und bestrahlt es mit dem Licht der UV-Lampe, die ihr am Arbeitsplatz findet. Was könnt ihr beobachten?

Wie erklärt ihr euch diesen Effekt?

Der fluoreszierende Stoff heißt Chinin. Er ist für den leicht bitteren Geschmack der Getränke verantwortlich.



Fluoreszierende Farbstoffe werden bei vielen Produkten bewusst eingesetzt. Bemalt ein Blatt Papier mit einem Textmarker und einem „gewöhnlichen“ Filzstift und betrachtet es unter UV-Licht. Was könnt ihr beobachten?

Warum ist ein Textmarker zum Hervorheben von Schrift besser geeignet als ein Filzstift?

Betrachtet noch einmal das Licht der Quecksilberdampfampe mit dem Eigenbau-Spektrometer. Lasst es dann statt auf den Schirm auf ein weißes Blatt Papier fallen. Was seht ihr und wie erklärt ihr euch das?



Arbeitsblatt 5: Lichtfilter

Licht kann mit verschiedenen Materialien gefiltert werden. Ein Stoff, der als Filter funktioniert, lässt nicht alle Wellenlängen des Lichts gleich gut durchscheinen. Manche Wellenlängen werden absorbiert. Die dabei aufgenommene Energie wird entweder, wie wir es bei Natrium bereits betrachtet haben, als Licht emittiert oder als Wärme abgegeben. Durch geschickte Materialwahl lassen sich also gezielt Teile des Spektrums auslöschen.

Betrachtet das Sonnenlicht mit dem Spektrometer. Messt dabei einmal durch die Fensterscheibe und einmal bei offenem Fenster. Was fällt euch auf? Was schließt ihr daraus?



Abbildung 1: Sonnenschutzfilter
(Quelle: AOK-Medienzentrum)

Wie ihr sicherlich wisst, ist das UV-Licht, das von der Sonne ausgestrahlt wird, gefährlich für Augen und Haut. Ihr könnt jetzt ausprobieren, wie gut euch eure Sonnenbrille vor diesen Strahlen schützt. Haltet sie dazu einfach zwischen das Sonnenlicht und die Faser des Mini-Spektrometers. Was könnt ihr beobachten?

Auch ein Laser ist gefährlich für die Augen. Testet die Laserschutzbrillen, die bei den anderen Versuchen zum Einsatz kommen. (Um eine Schutzwirkung feststellen zu können müsst ihr natürlich auch die Wellenlänge des Laserlichts messen.) Was sind eure Beobachtungen?

Fallen euch weitere Filter ein? Testet ihre Wirkung mit dem USB-Spektrometer!

Ihr könnt auch die vorhandenen Chlorophylllösungen auf ihr Absorptionsverhalten untersuchen. Wie erklärt ihr euch die beobachteten Spektren? (Tipp: Chlorophyll oder Blattgrün ist ein natürlicher Farbstoff, der in Pflanzen vorkommt, die Photosynthese betreiben.)



Arbeitsblatt 6: Lichtquellen

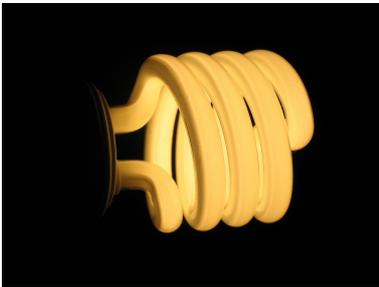


Abbildung 1: Energiesparlampe

Schon seit Jahrhunderten erfinden Menschen verschiedene Wege, ihre Umgebung auch unabhängig vom Tageslicht der Sonne zu erhellen. Lichtquellen unterscheiden sich dabei nicht nur nach ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten, sie produzieren auch „unterschiedliches“ Licht. Wir wollen daher verschiedene Lichtquellen einmal genauer betrachten.

Forscher haben herausgefunden, dass die spektrale Zusammensetzung des Lichts entscheidend für unser Wohlbefinden ist. Wichtig ist hierbei vor allem das Schlafhormon Melatonin, das vom Körper ausgeschüttet wird, wenn unsere „innere Uhr“ anzeigt, dass es an der Zeit ist, müde zu werden. Besonders blaues Licht, so nimmt man an, vermindert die Produktion von Melatonin. Wird der natürliche Hormonkreislauf von außen beeinflusst, kann das zu Schlafstörungen führen.

Nehmt zunächst wiederum das Sonnenspektrum auf und vergleicht es mit den Spektren einer Kerzenflamme und einer Glühlampe. Wie würdet ihr diese Spektren beschreiben? Wo liegen ihre Maxima?

Alle drei Lichtquellen sind sogenannte Temperatur-, oder thermische Strahler. Ihr Spektrum ist abhängig von der Temperatur des Körpers. Je höher diese ist, desto weiter rückt das Spektrum hin zu kürzeren Wellenlängen, also den blauen und violetten Bereich.

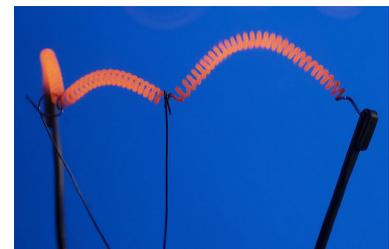


Abbildung 2: Lichterzeugender Draht in einer Glühlampe

Warum ist eine Glühbirne nicht besonders energieeffizient? (Tipp: Das elektromagnetische Spektrum geht in Richtung längerer Wellenlängen vom roten Bereich in den nicht sichtbaren Infrarot- oder Wärmestrahlungs-Bereich über!)

Beschreibt als nächstes das Spektrum der Deckenlampe und der Energiesparlampe! Wo liegen Gemeinsamkeiten und Unterschiede?



In diesen beiden Lichtquellen wird, wie oben bereits beschrieben, Quecksilber zum Leuchten angeregt. Der UV-Anteil des Quecksilbers bringt dann einen Leuchtstoff in der Lampe zum Fluoreszieren, wodurch weißes Licht entsteht.

Warum werden Leuchtstoffröhren wie diejenige in der Deckenlampe oft in Büro-, aber selten in Wohnräumen verwendet? Warum ist die Energiesparlampe eher für Wohnräume geeignet? (Tipp: Überlegt euch die Auswirkungen des Spektrums auf den Melatoninhaushalt!)



Abbildung 3: LED-Rücklicht

Betrachtet nun die LEDs 3 und 4 der LED-Leiste im Vergleich. Eine weiße LED besteht aus einer blau leuchtenden Diode, die mit einem Lumineszenzfarbstoff kombiniert wird. Das kurzwellige Licht regt den Farbstoff zur Abgabe von langwelligerem, gelben Licht an. Dabei wird jedoch nicht das gesamte blaue Licht umgewandelt, sodass die Mischung der beiden Farben weißes Licht ergibt. Man spricht je nach dem ausgesendeten Spektrum der LED von „warmweißen“ und „kaltweißen“ Licht. Welcher LED würdet ihr welchem Begriff zuordnen und warum?

Seht euch außerdem das Spektrum der „Reptilienlampe“ an. Auf der Packung der Lampe steht, welche Vorteile sie gegenüber einer gewöhnlichen Glühlampe bieten soll. Hält die Lampe, was sie verspricht?



Abbildung 4: Leguan
(Autor: Christian Mehlführer)

Sucht euch weitere Lichtquellen, deren Zerlegungen ihr betrachten könnt! Displays elektronischer Geräte geben zum Beispiel interessante Spektren ab.