

Spektroskopieversuche mit der Plasmakugel

Stefan Uhlmann, Vera Bisping, Burkhard Priemer

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Physik und Astronomie,
Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

Kurzfassung

Obwohl das Wort Plasmaphysik selten in der Schule verwendet wird, sind dennoch viele Themen und Arbeitsweisen der Plasmaphysik fester Bestandteil vieler Lehrpläne und somit auch des Unterrichts. Relevante Themen sind: Atommodelle, atomare Anregungen, Atomspektren, Aggregatzustände, elektrische Felder etc. Anhand einer handelsüblichen und im Vergleich zu professionellen Lehrapparaten äußerst preiswerten Plasmakugel soll in diesem Beitrag exemplarisch eine Experimentiermöglichkeit im Detail vorgestellt werden: die Spektroskopie der Füllgase. Unter der gemeinsamen Fragestellung, welche Gase sich zum einen in einer handelsüblichen und zum anderen in einer befüllbaren Plasmakugel befinden, werden im Beitrag drei verschiedene Methoden vorgestellt und didaktisch bewertet.

1. Einleitung

In der Physik bezeichnet man ein Plasma als so genannten vierten Aggregatzustand und beschreibt damit „eine makroskopische Ansammlung von geladenen und ungeladenen Teilchen, die nach außen hin elektrisch neutral ist und den elektrischen Strom leitet“ [1, S. 135]. Weiterführende Informationen über Plasmen sowie die Funktionsweise der Plasmakugel findet man in [6] auf dieser CD und in [5].

Der Einsatz einer Plasmakugel im Schulunterricht hat sich insofern als sinnvoll herausgestellt, als dass die Plasmakugel eine gute Möglichkeit bietet, aktuelle Themen der Physik zu behandeln. Plasmakugeln sind den meisten Schülerinnen und Schülern aus dem Alltag bekannt, insofern bieten sie eine gute Möglichkeit, physikalische Inhalte alltagsnah zu thematisieren. Allerdings muss die Benutzung von Plasmakugeln nicht auf die in [6] vorgestellte Exploration beschränkt sein. Auch weiterführende und komplexe Experimente sind mit der Plasmakugel durchführbar. In diesem Beitrag soll exemplarisch gezeigt werden, wie man mithilfe einer Plasmakugel die Spektroskopie im Schulunterricht „einmal anders“ behandeln kann. Die Spektroskopie stellt eine typische Arbeitsweise der Plasmaphysik dar. Im Folgenden wird vorgestellt, wie die Füllgase einer Plasmakugel auf drei verschiedene Weisen bestimmt werden können.

2. Beobachtungen der Farberscheinungen der einzelnen Plasmen

Zunächst sollen in diesem Kapitel die Farberscheinungen der verschiedenen Gase im Plasmazustand beschrieben werden, wie sie mit bloßem Auge zu beobachten sind. Betrachtet werden dazu zwei unterschiedlich große handelsübliche Plasmakugeln sowie eine mit unterschiedlichen Gasen befüllbare Plasmakugel im Eigenbau.

a) Das Plasma der Magic Plasma Light Plasmakugel (handelsübliche Plasmakugel) hat auf den ersten

Blick zwei unterschiedliche Farben, welche getrennt voneinander vorliegen. An der äußeren Kugel und um die innere Kugel herum hat das Plasma eine pink-rote Färbung, die Streamer dazwischen sind blau (siehe Abbildung 3 und 4).

b) Im Handel sind neben der „großen Plasmakugel“ (Durchmesser ca. 20 cm) noch kleinere Kugeln (Durchmesser ca. 10 cm) erhältlich. Auch das Plasma der kleinen Plasmakugel hat zwei unterschiedliche Farben, ähnlich wie die größere. Allerdings ist bei der kleineren Plasmakugel der pinke Anteil wesentlich höher (Abbildung 1).



Abbildung 1: Plasmalight Partytime Kotronic, aus [2].

c) Eine mit Luft gefüllte Plasmakugel zeigt violett-blaue Farberscheinungen. Je niedriger der Druck in der Plasmakugel ist, umso mehr schlägt die Farbe vom anfänglichen Blau ins Violette um (Abbildung 2).

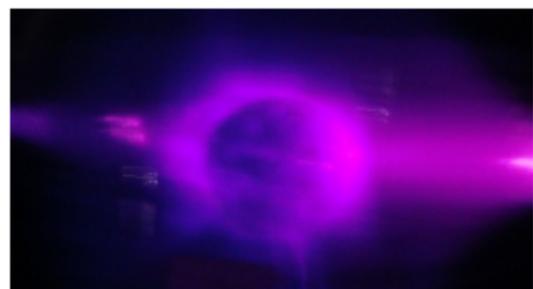


Abbildung 2: Mit Luft gefüllte Kugel, aus [2].

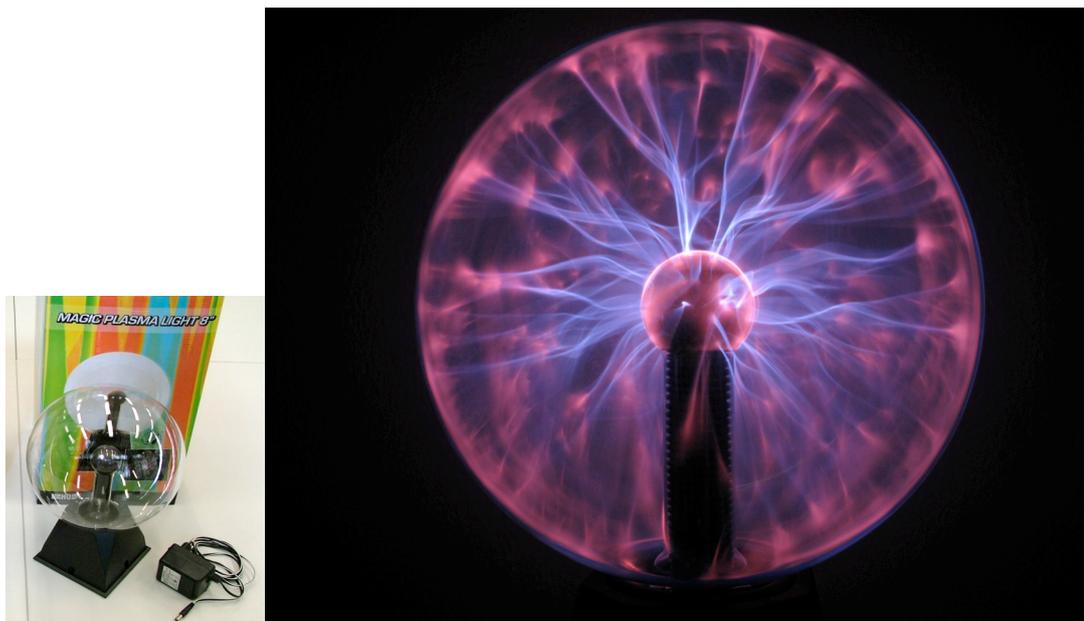


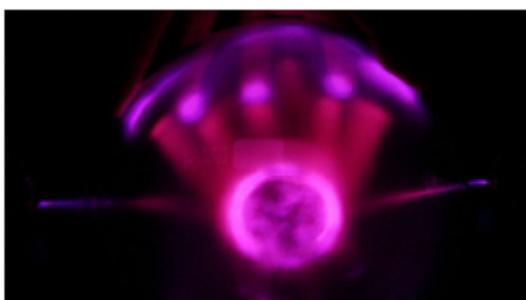
Abbildung 3 und 4: Die Plasmakugel.

d) Das Plasma der mit Helium gefüllten Kugel leuchtet in drei Schichten. Innen um die Kugel herum bildet sich eine dünne, weiß leuchtende Schicht aus, in der nächsten Schicht nimmt das Plasma eine grün-graue Farbe an und an der äußeren Kugel eine dunkel grau-grüne Färbung (Abbildung 5).

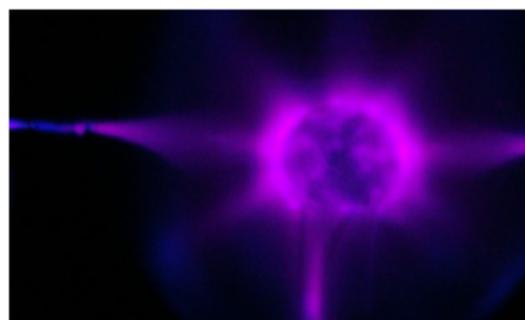


Abbildung 5: Mit Helium gefüllte Kugel, aus [2].

e) Das Plasma des Wasserstoff/ Stickstoff - Gemisches hat nicht wie das Luftplasma eine blau-violette Farbe, sondern geht eher in den rot-violetten Bereich. Im Inneren ist das Plasma sehr hell pink. Weiter nach außen nimmt es einen dunkleren, roten Ton an und an der äußeren Glaskugel hat das Plasma eine violette Farbe (Abbildung 6).

Abbildung 6:
Mit 10% H₂ und 90% N₂ gefüllte Kugel, aus [2].

f) Das Plasma einer mit Argon und CO₂ befüllten Plasmakugel sieht auf den ersten Blick aus wie das Luftplasma. Jedoch leuchtet es nicht so intensiv und wirkt dunkler. Es hat eine violett-blaue Farbe (Abbildung 7).

Abbildung 7: Mit Argon und CO₂ gefüllte Kugel,
aus [2].

Neben den hier vorgestellten Gasbefüllungen sind noch zahlreiche weitere vorstellbar.

In den folgenden Kapiteln werden drei von den Autoren durchgeführte Füllgasbestimmungen an der Plasmakugel eingeführt. Zunächst sollen die Gase einer handelsüblichen Plasmakugel bestimmt werden. Als eine Art Bestätigungsexperiment können auch zusätzlich andere Gase in der befüllbaren Plasmakugel spektroskopiert werden. Die Elektronik ist in beiden Plasmakugeln gleich. An dieser Stelle wird nur die Darstellung und Auswertung der handelsüblichen Plasmakugel vorgestellt, prinzipiell sind die folgenden Methoden aber auch auf andere Gase übertragbar. Auf die den Methoden zugrunde liegende Physik soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Generell ist diese auf dem Niveau der Sekundarstufe II.

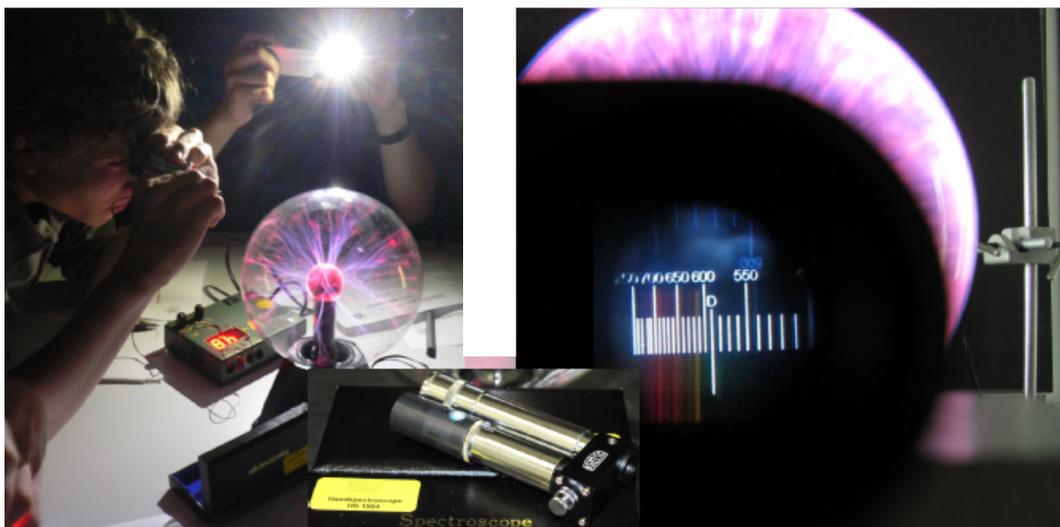


Abbildung 8:

links: Schüler bei der Beobachtung durch ein Handspektrometer (Mitte),
rechts: Blick durch ein Handspektrometer auf eine Plasmakugel (Hintergrund).

3. Prismenspektroskopie

Es hat sich herausgestellt, dass die Position, an welcher die Messung durchgeführt wird, die Ergebnisse wesentlich beeinflusst. Daher wurde zunächst eine optimale Position des Spektrometers für die Spektroskopie ermittelt. Als gut wurde ein Abstand von ca. 3 cm bezogen auf die äußere Kugel bei einer mittigen waagerechten Position befunden. Um dem zu schnellen Flackern der Plasmastreamer, respektive dem Flackern der Spektrallinien entgegenzuwirken, sollte man eine Hand auf die Plasmakugel legen und somit einen großen stetigen Streamer erzeugen.

Die erste Bestimmung wurde mit einem Handspektrometer der Firma Krüss vorgenommen (Abbildung 8 Mitte). Das Handspektrometer basiert auf dem physikalischen Prinzip der Dispersion an einem Geradsichtprisma. Neben dem Spektrum des beobachteten Lichts wird zusätzlich noch eine geeichte Wellenlängenskala in den Strahlengang gebrochen (Abbildung 8 rechts). Diese dient der Wellenlängenbestimmung der einzelnen Spektrallinien.

Die Aufnahme der Spektrallinien wird durch das heller und dunkler Werden der Linien erschwert und ist sehr vom Seh- und Beobachtungsvermögen des Experimentators abhängig. Mithilfe eines Handspektrometers kann man an einer Plasmakugel ca. 13 verschiedene Spektrallinien aufnehmen. Tabelle 1 stellt diese am Beispiel der handelsüblichen Plasmakugel dar. Die Ablesegenauigkeit beträgt 5-10 nm.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Auswertungen an dieser Stelle durchführbar. Zum einen kann man die spektroskopierten Wellenlängen in Tabellen nachschlagen und versuchen, geeignete Gase zu finden. Zum anderen kann man die Spektren einer begründeten Auswahl von Referenzgasen aufneh-

men bzw. aus Standardtabellen herausuchen und diese dann mit dem Spektrum der Plasmakugel vergleichen. Es hat sich gezeigt, dass das Vergleichen mit Referenzgasen für Schülerinnen und Schüler wesentlich einfacher ist. Ohne die Vorauswahl von Referenzgasen kann das Suchen von geeigneten Wellenlängen in Tabellen sehr komplex werden. Die vorherige Vermutung über das enthaltene Gas ist für die Auswertung sehr wichtig, da man ansonsten eine Vielzahl von Elementen mit dem aufgenommenen Spektrum vergleichen müsste und sich viele Gase in ihren Spektralbereichen sehr ähnlich sind.

Bei einer handelsüblichen Plasmakugel, welche im oben beschriebenen blau-pinken Bereich Licht emittiert, handelt es sich bei den Füllgasen meist um Neon und Xenon. Das Neon ist auf den rot-pinken Bereich zurückzuführen, das Xenon auf den blauen.

Da das Prismenspektrometer sehr klein und handlich ist, ist es einfach zu transportieren und vielfältig einsetzbar. Die Handhabung ist übersichtlich und die Aufnahme der Linien dauert beim geübten Beobachter nur wenige Minuten. Das Besondere am Handspektrometer ist, dass es eine integrierte Skala hat, sodass sich die zu den einzelnen Linien gehörigen Wellenlängen direkt ablesen lassen. Dadurch ist die Auswertung mathematisch und physikalisch einfacher. Jedoch ist die Skala nicht linear, sodass die Genauigkeit der Messung einer Wellenlänge von der Größe dieser Wellenlänge abhängt. Die Messgenauigkeit am Prismenspektrometer ist relativ hoch, sodass Fragestellungen über die reine Füllgasbestimmung hinaus nicht durchführbar sind. Ohne eine sehr enge Vorgabe an möglichen Gasen kann das Prismenspektrometer im Unterricht nicht eingesetzt werden. Im Rahmen der Genauigkeit reicht das Verfahren aber aus, um die Füllgase einer Plasmakugel zu bestimmen. Mit den genannten Einschränk-

kungen eignet sich daher ein Handspektrometer u. E. für den Einsatz als Schülerexperiment. Zur Vereinfachung können den Schülerinnen und Schülern bereits vorgefertigte Referenzgasspektren vorgelegt werden.

4. Gitterspektroskopie

Bei der zweiten hier vorgestellten Methode wird ein schulüblicher Gitterspektroskopieaufbau verwendet (vgl. z.B. [4], S. 301). Da die Strahlungsintensität der Plasmakugel sehr gering ist, kann man das Linienspektrum nur in einem stark abgedunkelten Raum beobachten. Um Streulicht zu vermeiden, sollte die Plasmakugel zusätzlich mit Aluminiumfolie umwickelt werden (mit einer kleinen Öffnung von ca. 3 cm im Durchmesser). Zudem sollte anstatt eines Schirms eine Kamera mit manueller Belichtungssteuerung zur Bildaufnahme eingesetzt werden.

Im Versuch wurde ein Gitter mit einer Gitterkonstanten von $g = 1/5700 \text{ cm}$ verwendet. Die Spaltbreite wurde je nach Intensität der Lichtquelle variiert (von 0,2 mm bei Xenon und Natrium, 0,6 mm bei der Aufnahme des Neonspektrums bis 0,8 mm bei der Spektroskopie der Plasmakugel). In Tabelle 2 sind die verwendeten Verschlusszeiten und Spaltbreiten aufgelistet. Abbildung 9 zeigt eine Collage der aufgenommenen ersten Interferenzmaxima der verschiedenen Lichtquellen.

Die Ergebnisse können auf zwei verschiedene Arten ausgewertet werden. Einerseits durch einen ähnlichen Referenzgasspektrenvergleich wie bei der Prismenspektroskopie im vorherigen Kapitel. Dazu werden mittels der Kamera das Spektrum der Plasmakugel sowie die Spektren zuvor ausgewählter Referenzgase aufgenommen und danach optisch

Tabelle 1: Spektrallinien der Plasmakugel, aufgenommen mit einem Prismenspektrometer, aus [2].

Untersuchte Kugel	Wellenlänge /nm	Farbe der Linie	Intensität	Nach Vergleich zugeordnetes Gas
Magic Plasma Light Plasmakugel	675	rot	hell	673nm - Xenon
Aufgrund der vorhandenen Farben vermutete Gase: Neon, Xenon	660	rot	schwach	660nm - Neon
	640	orange	hell	640nm - Neon
	630	orange	schwach	630-633nm - Neon, 631nm - Xenon
	615	gelb	schwach	614nm - Neon
	600	gelb	hell	598-599nm - Neon
	530	grün	hell	529nm - Xenon
	515	grün	hell	516nm - Xenon
	485	blaugrün	mittel	484nm - Xenon
	480	blau	schwach	481nm - Xenon
	473	blau	hell	472nm - Neon
	465-467	blauviolett	schwach	467nm - Xenon
	463	violett	schwach	462nm - Xenon
	455-460	violett	mittel	454-458nm - Neon

Tabelle 1: Belichtungsdauern und Spaltbreiten für die Aufnahme der einzelnen Spektren, aus [2].

Untersuchte Lichtquelle	Belichtungsdauer	Spaltbreite
Plasmalampe	15s	0,8mm
Neon-Spektrallampe	10s	0,6mm
Natrium-Spektrallampe	1s	0,2mm
Xenon-Blitzlicht	5s	0,2mm

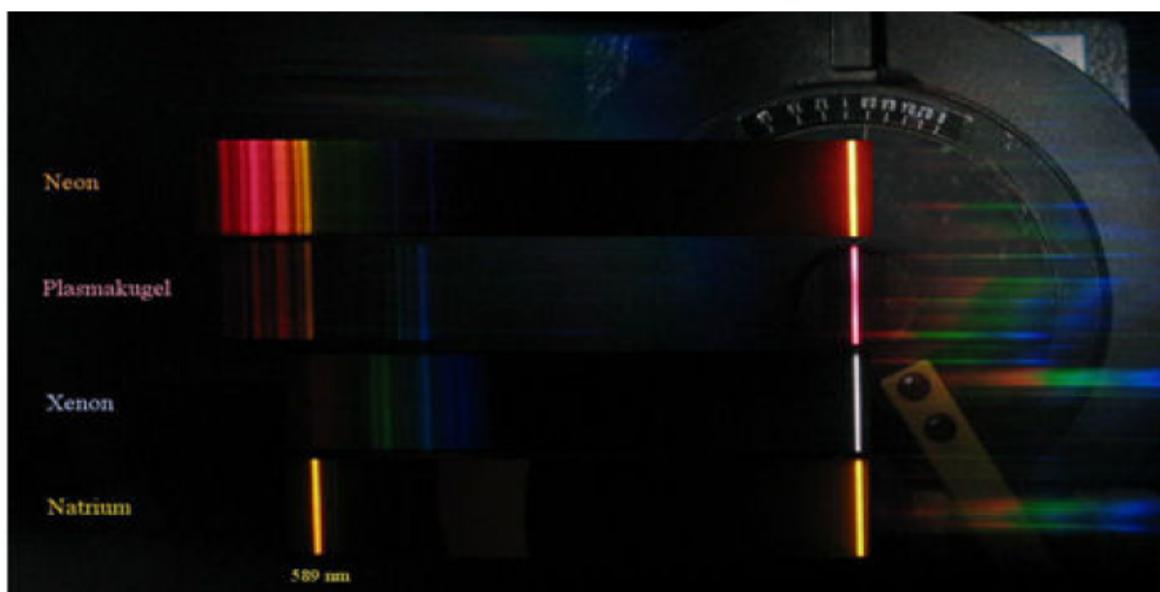


Abbildung 9: Collage der aufgenommenen Spektren an einem Gitterspektroskop, aus [2].

miteinander verglichen. Andererseits durch eine geometrische Berechnung der Wellenlängen unter Ausnutzung der Gleichung:

$$n\lambda = \frac{g}{e} a_n \quad (1)$$

(n: Ordnungszahl der Hauptmaxima, g: Gitterkonstante, e: Abstand Gitter zum Schirm, a_n : Abstand vom 0. bis zum n-ten Hauptmaximum, unter der Benutzung der Kleinwinkelnäherung) und einem Vergleich der gefundenen Wellenlängen mit Wellenlängen aus Standardtabellen bzw. mit berechneten Wellenlängen aus Aufnahmen der Spektren verschiedener Gase. Hier hat sich gezeigt, dass der optische Vergleich der aufgenommenen Spektren (ohne geometrische Berechnung der dazugehörigen Wellenlängen) leichter (aber nicht genauer) ist, da das Suchen geeigneter Wellenlängen in Tabellen sehr komplex werden kann. An dieser Stelle wird nur die erste Methode genauer vorgestellt. Zur zweiten (quantitativen) Methode siehe [2].

In Abbildung 10 wurden mithilfe eines Bildbearbeitungsprogrammes die Kontraste und Farben von Abbildung 9 zum besseren Vergleich der Linien verstärkt sowie die Linien beschriftet. Nun kann man die aufgenommenen Orte der Interferenzmaxima erster Ordnung direkt miteinander vergleichen. Der Vergleich mit den ausgewählten Referenzgasen zeigt, dass viele Linien direkt einem Gas zugeordnet werden können. Deutlich erkennbar ist dies bei den Linien c, e, g und i, deren Intensität recht hoch ist und welche dem Spektrum von Neon zugeordnet werden können. Auch die restlichen Linien im roten bis gelben Bereich des Spektrums, also die Linien a, b, d, und f, können im Neon-Spektrum wiedergefunden werden. Die Linie l, welche im Spektrum nur sehr schwer erkennbar ist, stimmt mit der tiefblauen Linie des Neons überein. Die intensive Linie k ist ein Hinweis darauf, dass es sich bei dem zweiten Gas in der Kugel um Xenon handelt, da diese sowohl in Intensität, als auch in Breite und Wellenlänge übereinstimmt. An der Stelle j und h ist die

Zuordnung nicht ganz so eindeutig. An dieser Stelle kann man lediglich vermuten, dass es sich bei der Linie h schon um eine der sehr intensiven grünen Linien im Xenon-Spektrum handelt. An der Position der Linie j ist eine sehr schwache Linie im Spektrum von Xenon erkennbar. Demnach lässt sich bereits durch den direkten Vergleich vermuten, dass es sich bei den Gasen in der Plasmakugel um Neon und Xenon handelt.

In der zweiten, hier nicht im Detail dargestellten Zuordnungsmethode, wird eine geeichte Wellenlängenskala in die Abbildung 9 und Abbildung 10 eingebracht. Auch bei diesem Vergleich findet man viele Spektrallinien der Plasmakugel im Spektrum des Neons und Xenons (ausgenommen beispielsweise die beiden grünen Linien der Wellenlängen 516 nm und 529 nm). Demnach ist eine Füllgasbestimmung auch mit dieser Art der Auswertung möglich.

Abschließend lässt sich festhalten, dass mithilfe der Gitterspektroskopie die Gase der Plasmakugel gut bestimmt werden können. Jedoch ist insbesondere der Versuchsaufbau im Vergleich zum Handspektrometer wesentlich aufwendiger. Man benötigt eine gute Kamera und viel Geduld zur Aufnahme ähnlicher Spektren wie in Abbildung 9. Die Auswertungsmethode 1 (optische Auswertung) ist hinreichend genau und im Vergleich zur zweiten, quantitativen Auswertungsmethode, wesentlich einfacher, da bei der zweiten Methode zunächst alle Wellenlängen der Spektren berechnet werden müssen, um sie danach im Rahmen ihrer Genauigkeit vergleichen zu können. Demnach ist es auch bei der Gitterspektroskopie sinnvoll, schon eine Vermutung über die Füllgase zu haben, da sonst die Auswertung schwierig wird. Trotz des hohen experimentellen Aufwands ist auch dieser Versuch für den Unterrichtseinsatz geeignet. Mit den oben genannten Nachteilen könnte das Experiment als Demonstrationsexperiment durchgeführt oder beispielsweise als

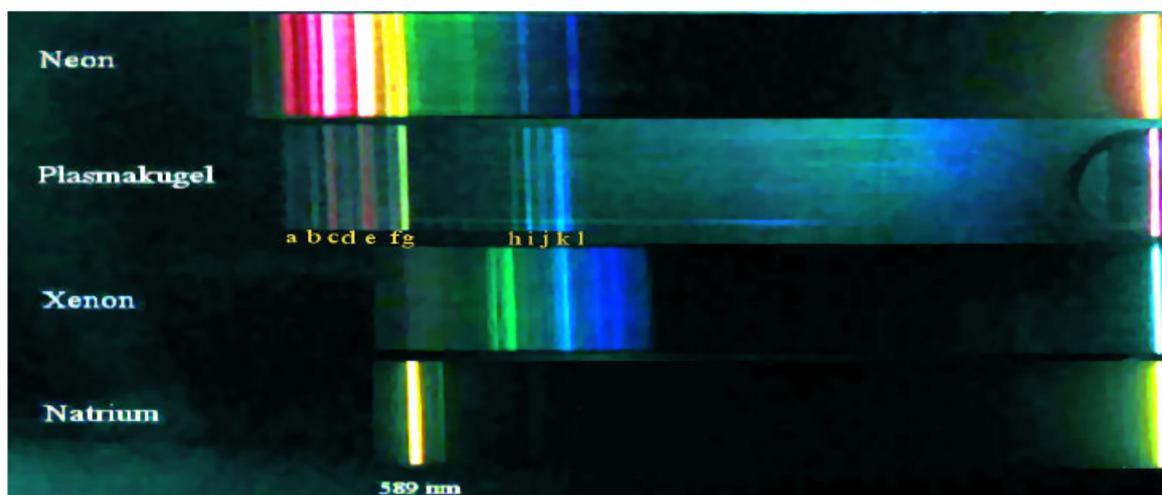


Abbildung 10:
Zur Auswertung bearbeitete Collage der Spektren am Gitterspektroskop, aus [2].

entwickelt werden. Auch dieser Versuch ist an dieser Stelle exemplarisch nur für die handelsübliche Plasmakugel ausgewertet worden, natürlich gilt Analoges auch für andere Füllgase.

5. Spektroskopie mit USB-Spektrometer

Die letzte, hier vorgestellte Spektroskopiemethode, ist wegen des hohen Kostenaufwands bezüglich eines Unterrichtseinsatzes zugleich die ungeeignetste. Nichtsdestotrotz soll sie an dieser Stelle kurz eingeführt und bewertet werden, da sie, beispielsweise im Vergleich zu den gerade vorgestellten Methoden, wesentlich genauer ist.

Das Ocean Optics 2050 USB-Spektrometer hat einen Detektor für Strahlungen im Wellenlängenbereich von 200 nm - 1100 nm (Herstellerangabe [3]). Die Aufnahme des Spektrums erfolgt über einen Sensor, welcher Informationen über ein Glasfaserkabel an das eigentliche Spektrometer weiterleitet. Physikalisch entspricht das USB-Spektrometer im Prinzip einem Gitterspektrometer (siehe Abschnitt 4). Das Spektrometer ist mit einem Computer verbunden und stellt im Programm OoIbase32 das beobachtete Spektrum grafisch dar. Da sich bei der Betrachtung einer Plasmakugel die Intensität dynamisch ändert, ist es zur weiteren Auswertung sinnvoll, ein Standbild mit dem oben genannten Programm anzufertigen. Die Daten lassen sich in tabellarischer Form abspeichern und in dem Programm Plasus SpecLine weiter verwenden. Laut Herstellerangaben arbeitet das Gerät mit einer Genauigkeit von 0,3 - 10,0 nm.

Nach Eingabe der vermuteten Gase vergleicht das Programm die gespeicherten Spektrallinien der vermuteten Gase mit den Linien des aufgenommenen Spektrums. Danach zeigt es an, wie viele Linien im Spektrum gefunden wurden und wie viele von ihnen durch die eingegebenen Gase identifiziert werden konnten (Abbildung 11). In dem grafischen Spektrum wird zu jeder Linie die zugehörige gefundene Wellenlänge der Datenbank angezeigt. Somit können die Füllgase der Plasmakugel schnell gefunden werden.

Mithilfe des USB-Spektrometers kann über die Füllgasbestimmung hinaus untersucht werden, ob tatsächlich Xenon für den blauen Anteil der Streamer der Plasmakugel verantwortlich ist und Neon für den rot-pinken Anteil. Für diese Untersuchung wird der Sensor zunächst auf die Mitte der Plasmakugel gerichtet und ein Spektrum aufgenommen. Anschließend wird der Sensor verstellt, sodass er auf den Bereich zwischen innerer und äußerer Kugel zeigt. Eine Auswertung der beiden Spektren ergibt, dass in der Mitte der Kugel mehr Linien aus dem Neon-Spektrum identifiziert werden können und im Zwischenraum der beiden Kugeln mehr Linien aus dem Spektrum des Xenons.

Es fiel auf, dass selbst bei dieser Spektroskopiemethode die Eingabe einer Vermutung wichtig ist. Ohne diese Vermutung wäre diese Methode nicht eindeutig. Innerhalb des Fehlerintervalls einer gemessenen Linie liegen oftmals viele Energieübergänge und somit können dieser Wellenlänge viele potenzielle Stoffarten zugeordnet werden.

Nach einer kurzen Einarbeitungszeit in die sehr übersichtlichen Programme und der Eingabe der vermuteten Gase, kann man mit dieser Spektroskopiemethode sehr schnell gute Resultate erwarten. Das Aufnehmen der Spektren ist sehr schnell, eindeutig und nicht subjektiv von dem Sehvermögen des Beobachters abhängig. Insofern der hohe Anschaffungspreis von derzeit ca. 2000 € keine Hürde darstellt, ist diese Methode u. E. ebenfalls für den Schuleinsatz geeignet.

6. Fazit über die verschiedenen Spektroskopiemethoden

Alle Spektroskopiemethoden haben verschiedene Schwierigkeiten und Vorzüge gezeigt. Die Verwendung des Handspektrometers ist vor allem dann geeignet, wenn die Experimente flexibel sein sollen. Es ist leicht möglich, das Handspektrometer auch außerhalb des Labors zu verwenden. Die Versuchsvorbereitung stellt keinen großen Aufwand dar, was eine Umsetzung dieser Methode vor allem für die Verwendung in Schulen attraktiv macht. Weiterführende Fragestellungen lassen sich mithilfe des Hand-

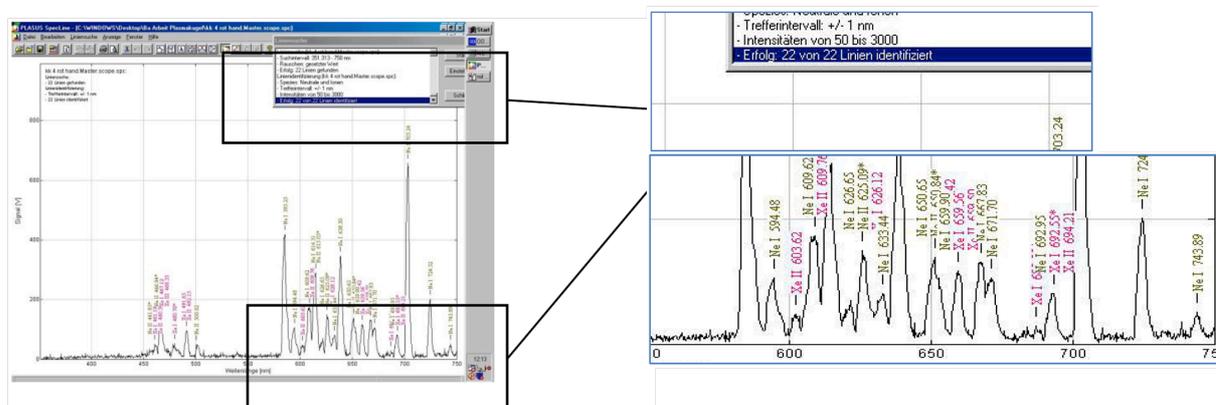


Abbildung 11:
Detektierte Gase beim USB-Spektrometer, aus [2]
(aufgetragen ist die Intensität über der Wellenlänge).

spektrometers u. E. nur eingeschränkt bearbeiten, da die Aufnahme der Spektren dafür zu ungenau ist.

Im Vergleich zur ersten Methode ist der experimentelle Aufwand des Gitterspektroskops sehr groß. Hinsichtlich der Genauigkeit ist es mit beiden Methoden durch die Aufnahme von Referenzgasen möglich, die Füllgase der Plasmakugel zu bestimmen. Bei der dritten Methode, der „USB-Spektroskopie“, ist es auch ohne die spezielle Aufnahme von Referenzgasen möglich, die Füllgase zu bestimmen. Ein „begründetes Raten“ der möglichen Füllgase ist dennoch notwendig. Der Einsatz des USB-Spektrometers erlaubt ein größeres Spektrum an Fragestellungen im Zusammenhang mit der Plasmakugel (bspw. die oben dargestellte getrennte Untersuchung des Neons und Xenons). Die Spektroskopie mit dem USB-Spektrometer ist die genaueste, aber zugleich teuerste und damit für den Schuleinsatz vermutlich auch ungeeignetste Methode.

Das Ziel, die Füllgase einer Plasmakugel zu bestimmen, kann man mit allen hier vorgestellten Spektroskopiemethoden erreichen. Mit den oben diskutierten Vor- und Nachteilen ist u. E. die Verwendung des Handspektroskops am sinnvollsten, da es a) hinreichend genau ist, b) wesentlich billiger als das USB-Spektrometer und c), im Vergleich zum Gitterspektroskop, einfacher und schneller im Aufbau und in der Durchführung ist.

7. Ausblick

In Erprobungen hat sich gezeigt, dass den Schülerinnen und Schülern durch die Verwendung einer Plasmakugel die Möglichkeit gegeben wird, moderne Themen der Physik mithilfe eines Alltagsgegenstands kennenzulernen. Der Begriff der Plasmen wird in der Physik immer wichtiger (z. B. in der Festkörperphysik, Nanophysik und Astronomie). Aus diesem Grund ist es sinnvoll, Plasmen im Physikunterricht zu thematisieren. Da viele Schülerinnen und Schüler Plasmakugeln aus ihrem Alltag bereits kennen, bieten sie eine gute Möglichkeit, Plasmaphysik alltagsbezogen einzuführen. Wie man mithilfe einer Plasmakugel das Themenfeld Plasmaphysik offen einführen und somit die Schülerinnen und Schüler eine Vielzahl von Phänomenen explorieren lassen kann, ist an anderer Stelle diskutiert worden (vgl. [6] auf dieser CD). Über die Einführung in die Plasmaphysik hinaus, sind auch weiterführende Experimente mithilfe der Plasmakugel realisierbar, sodass die Thematisierung von Plasmen im Schulunterricht keine einmalige Angelegenheit bleiben muss. In diesem Beitrag liegt der Schwerpunkt auf der Spektroskopie der Füllgase einer handelsüblichen (bzw. befüllbaren) Plasmakugel. Darüber hinaus sind beispielsweise Messungen des elektrischen Wechselfeldes in der Umgebung der Plasmakugel möglich. Wie gezeigt wurde, ist die Plasmakugel als Gegenstand aus der Alltagswelt der

Schülerinnen und Schüler vielseitig und sinnvoll in den Physikunterricht integrierbar. Aktuelle sowie „Standardthemen“ der Physik können dadurch motivierend behandelt werden.

8. Literatur

- [1] Kleinermanns, K. (Hrsg.) (2006). *Bergmann Schäfer Lehrbuch der Experimentalphysik (Bd. 5)*. Berlin: Walter de Gruyter.
- [2] Bisping, V. (2009). unveröffentlichte Bachelorarbeit: „*Spektroskopie von Plasmakugeln (Arbeitstitel)*“ Ruhr-Universität Bochum, Didaktik der Physik.
- [3] Ocean Optics Homepage des Herstellers der USB-Spektrometer:
<http://www.oceanoptics.com/Products/usb2000.asp> (April 2009)
- [4] Grehn, J. (1996). *Metzler Physik*. Hannover: Schroedel.
- [5] Fantz U. & Lotter A. (2002). *Blitze zum Anfasen. Physik in unserer Zeit*, 33, 16-19.
- [6] Uhlmann, St. & Priemer, B. (2010). *Offenes Experimentieren mit der Plasmakugel – eine explorative Einführung in die Plasmaphysik*. In: Nordmeier, V.; Oberländer, A. (Hrsg.): *Didaktik der Physik - Bochum 2009*. Berlin: Lehmanns Media.