

Das Experiment in Schule und Wissenschaft

ein „Nature of Science“-Aspekt explizit in einem Projekt im Schülerlabor

Stefan Uhlmann, Burkhard Priemer

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Physik und Astronomie,
Universitätsstraße 150, 44801 Bochum
uhlmann@physik.rub.de, priemer@physik.rub.de

Kurzfassung

Viele Schülerlabore verfolgen mehr oder weniger explizit das Ziel, Ansichten über Naturwissenschaften (engl. Nature of Science: NoS) von Schülerinnen und Schülern „positiv“ zu beeinflussen und somit das oft inadäquate Bild von Naturwissenschaften zu „verbessern“. Studien zeigten jedoch, dass adäquate Ansichten über NoS nicht ohne eine explizite Thematisierung vermittelt werden können, was in der Regel bei den meisten Schülerlaboren aber nicht erfolgt. Deshalb wurde ein Schülerlaborprojekt zur Plasmaphysik (Experimente mit der Plasmakugel) entwickelt, welches Wissen über Physik mit Reflexionen über NoS direkt verbindet und explizit thematisiert. Im Fokus stehen dabei Ansichten über die Erkenntnisgewinnung durch Experimente in Schule und Wissenschaft. Neben dem eigenen Experimentieren im Schülerlabor erhalten die Schülerinnen und Schüler Einblicke in „echte“ Labore und Arbeitsweisen der Forscher und diskutieren in Interviews mit diesen über Fachinhalte und Wege der Erkenntnisgewinnung. Abschließend werden die gewonnenen Eindrücke im Schülerlabor kritisch reflektiert und diskutiert. Im Beitrag werden das Projekt und Erfahrungen aus der Durchführung vorgestellt.

1. Nature of Science als Ziel in Schülerlaboren

Der Dachverband der deutschen Schülerlabore „LeLa – Lernort Labor“ hat trotz der erheblichen Konzeptionsunterschiede der verschiedenen Schülerlabore gemeinsame Ziele bestimmt. Zum Beispiel wird die „Vermittlung eines zeitgemäßen Bildes von Naturwissenschaften und Technik und ihre Bedeutung für unsere Gesellschaft“ als ein solches Ziel genannt [1]. Darüber hinaus sind bei den Betreibern von Schülerlaboren selbst ebenfalls Schlagwörter zu finden, die in den Bereich von Nature of Science fallen. Beispiele hierfür sind [2]:

- „... auf unkonventionelle Art Methoden und Erkenntnisse der **modernen Forschung** in einer **authentischen, wissenschaftlichen Umgebung** vermittelt werden.“
- „Vorurteile gegenüber einem naturwissenschaftlichen Studium und der Berufswelt von Wissenschaftlern können durch den Kontakt abgebaut und das **Image von Wissenschaft und Forschung** bei jungen Leuten verbessert werden.“

Auch das Alfred Krupp-Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum nennt NoS betreffende Aspekte wie [3]:

- „Forschergeist wecken“ und
- „Wissenschaft aktiv entdecken“.

Schülerlabore sind meist an Universitäten und Forschungseinrichtungen angesiedelt. Studien [4] zeigten, dass diese Nähe des außerschulischen Lernorts allerdings noch kein Garant dafür ist, dass die Projekte einen direkten erkennbaren Bezug zur Forschung aufweisen und die Ansichten über NoS bei den Schülerinnen und Schülern positiv verändern. Unseres Erachtens wird dadurch aber die Chance verpasst, durch explizite Behandlung von NoS-Themen adäquatere epistemologische Überzeugungen zu verankern. Die grundlegende Frage, ob und wie Schülerlabore imstande sind, die genannten Ziele im Bereich NoS erfüllen zu können, stand am Anfang der Entwicklung des hier vorgestellten Projektes. Das Projekt lässt sich durch drei Schlagwörter charakterisieren: „explizit“, „authentisch“ und „reflexiv“. In den jeweiligen Phasen werden diese näher erörtert.

2. Die Konzeption des Projektes

Der Fokus im fachlichen Teil liegt im Bereich der Plasmaphysik, genauer in der Physik handelsüblicher Plasmakugeln und der Spektroskopie dieser. Neben diesem sehr wichtigen Fokus wird in dem hier vorgestellten Projekt ein gleichwertiger erkenntnistheoretischer Schwerpunkt hinzugenommen. Dieser thematisiert die Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Schulversuchen und wissenschaftlichen Experimenten sowie das Bild der Schülerinnen und Schüler von wissenschaftlichen Experimenten und Wissenschaftlern. Damit die Ansichten der

Schülerinnen und Schüler veränderbar sind, bedarf es einer sinnvollen Dimensionierung der Lernziele. Das heißt im Wesentlichen, dass „nur“ Teilaspekte von NoS – genau wie im fachinhaltlichen Bereich auch – behandelt werden können und sollen.

Im Folgenden wird der Tagesablauf des Schülerlaborprojektes im Detail vorgestellt. Konzipiert wurde das Projekt für die Klassenstufe 10-13 und ca. sechs Stunden Projektdauer.

2.1. Einführung in die physikalischen Grundlagen

Zu Beginn des Projektes wird eine kurze fachliche Einführung in die „Welt der Plasmen“ mittels eines kurzen Vortrages gegeben. Mit Hilfe einfacher Modelle und Erklärungen werden u.a. die folgenden Fragen geklärt: „Was ist ein Plasma in der Physik?“, „Warum leuchten Plasmen?“, „Wie kann man das Gas eines Plasmas bestimmen?“, „Wie funktioniert eine Plasmakugel?“

Warum es überhaupt Sinn hat, sich mit Plasmen zu beschäftigen, wird in dieser Einführung durch Vorkommen und Anwendungen von Plasmen in Natur und Technik motiviert. Zum einen erfolgt der Hinweis, dass künstliche Plasmen in der Technik beispielsweise zum Ätzen, Schweißen, Beschichten, Reinigen, Trennen, Fügen und Härten von Materialien verwendet werden. Zum anderen werden Plasmen in vielen Lichtquellen eingesetzt (Plasmafernseher, Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren, Plasmakugeln, usw.). Plasmen kommen darüber hinaus auch vielfältig in der Natur vor (Flammen, Blitze, Polarlichter, unsere Sonne sowie andere Sterne).

Da die Schülerinnen und Schüler in der nächsten Phase des Projektes selbst Plasmen spektroskopieren sollen, werden die Grundlagen der Prismen-Spektroskopie (Brechung, Dispersion, Geradsichtprismen, Handspektrometer) ebenfalls eingeführt (Abb.: 1).

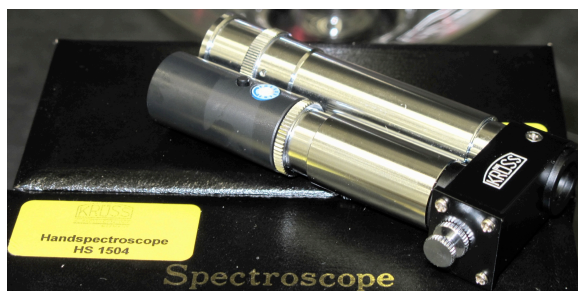


Abbildung 1: Handspektrometer

2.2 Spektroskopie der Füllgase einer Plasmakugel

Damit u.a. die Unterschiede zwischen „typischen“ Schulversuchen und wissenschaftlichen Experimenten eindeutig kontrastiert werden können, werden die Schülerinnen und Schüler in dieser Phase dazu angeleitet, einen Versuch durchzuführen, dessen Methodik schulähnlich

aufgearbeitet wurde. Die Aufgabe besteht darin, die Füllgase einer handelsüblichen Plasmakugel zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurde von den Autoren eine detaillierte Anleitung konzipiert, welche die Projektteilnehmer abarbeiten müssen (vgl. Aufgabenblatt im Anhang). Mittels eines Handspektrometers sollen die Schülerinnen und Schüler die Spektrallinien der Plasmakugel aufnehmen. Durch die zusätzlich eingeblendete geeichte Skala können die Schülerinnen und Schüler die einzelnen Wellenlängen der Linien bestimmen. Des Weiteren werden Intensitäten und Farberscheinungen eingeschätzt und notiert. Ein Vergleich mit vorgegebenen Referenzgasen (siehe Abb.: 2) hilft den Teilnehmern, die Gase Neon und Xenon als Füllgase zu bestimmen. Abschließend werden die Ergebnisse dieser Gruppenarbeit im Plenum vorgestellt und kurz diskutiert.

2.3 Einführung des Projektschwerpunktes im Bereich von Nature of Science

Viele Schülerinnen und Schüler kennen den Themenbereich NoS noch nicht. Aus diesem Grund wird in einer kurzen Präsentation das Themenfeld NoS grob skizziert und erörtert, über welche grundsätzlichen Fragen man in diesem metaphysischen Gebiet nachdenkt. Es wird bspw. erklärt, dass es nun primär nicht um physikalische Fakten und Wissen geht, sondern vielmehr darum, wie dieses Wissen in der Wissenschaft gewonnen wird.

Die anschließende Diskussion wird seitens der Betreuer durch provokante Thesen eingeleitet. Beispielsweise wird zur Diskussion gestellt,

- ob das gleiche Experiment an unterschiedlichen Orten (und damit auch von unterschiedlichen Forschern mit unterschiedlichen Forschungshintergründen, wie Religion, Geldgeber etc.) zu identischen Ergebnissen führen kann
- ob die Datenauswertung eines wissenschaftlichen Experiments stets objektiv verläuft,
- wie lange wissenschaftliche Experimente dauern,
- wo Unterschiede zu Schulversuchen liegen könnten,
- ob Wissenschaftler allein arbeiten,
- wie wissenschaftliche Experimente finanziert werden usw.

Dem Organigramm in Abbildung 4 sind weitere Kategorien dieser einführenden Diskussionsrunde zu entnehmen. Dieses Organigramm ist für das Projekt von hoher Relevanz, da es die wichtigsten NoS-Inhalte des Schwerpunkts widerspiegelt (weitere NoS-Aspekte in [5]). Diese ca. 30-minütige erste reflexive Einheit, in der die Schülerinnen und Schüler meist zum ersten Mal über ihre Ansichten im NoS-Schwerpunkt reflektieren, wird durch die Betreuer schriftlich fixiert. Ziel dieser Phase ist es, die Schülerinnen

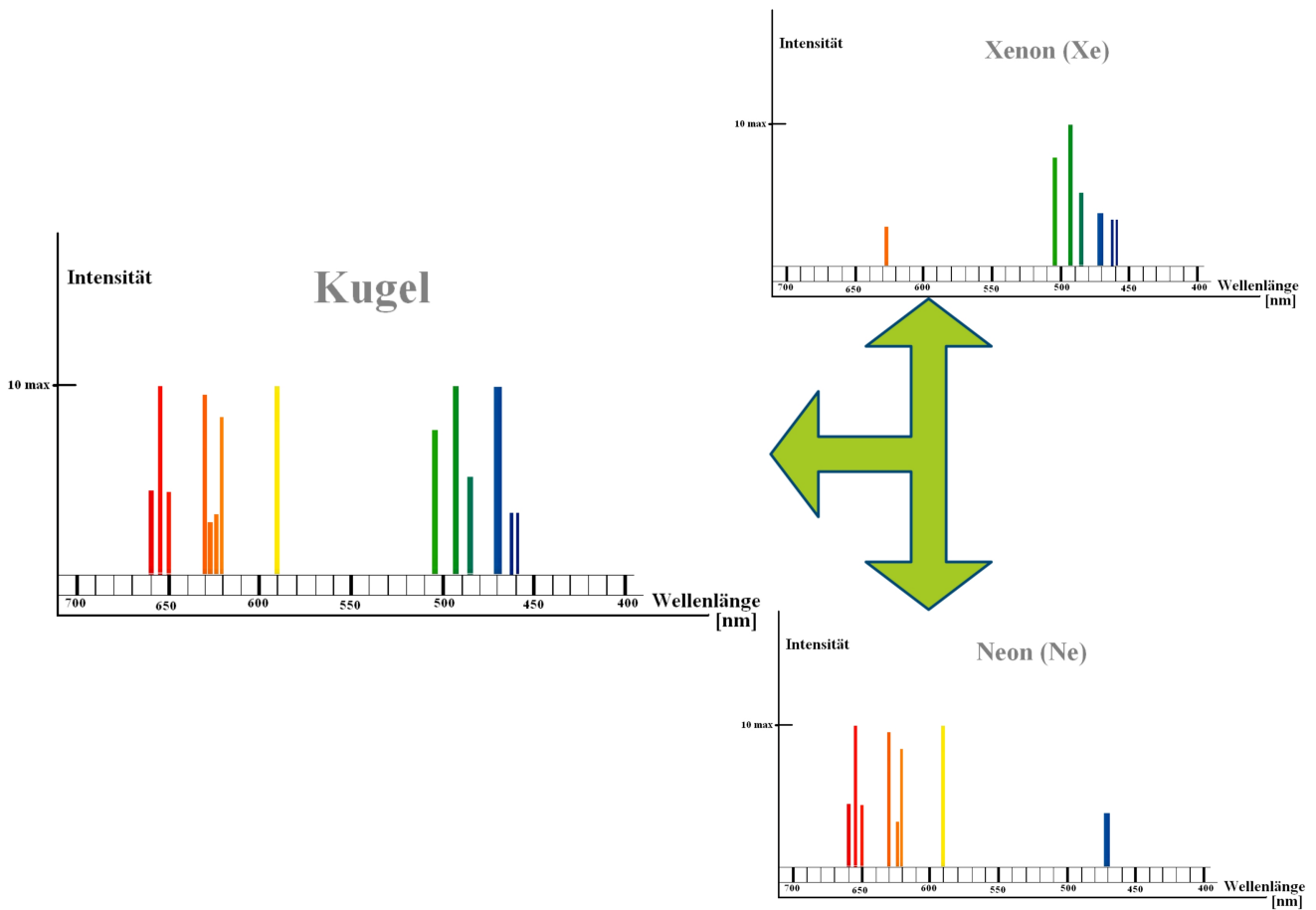


Abbildung 2 Bestimmung der Füllgase durch Referenzgase

und Schüler auf die folgende Phase der Interviews mit Physikern vorzubereiten sowie die Ansichten der Schülerinnen und Schüler über wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Plenum zu diskutieren. Die in dieser Phase genannten Ansichten der Schülerinnen und Schüler werden in einer späteren Phase des Projektes wieder aufgegriffen und kontrastiert mit Ansichten von Wissenschaftlern.

2.4 Entwicklung der Experten-interviews

In dieser Phase werden die Schülerinnen und Schüler in sechs Gruppen eingeteilt. Jede Gruppe erhält vier Kategorien aus Abbildung 4 mit dem Auftrag, zu diesen Kategorien Fragen zu entwickeln, die sie später den Plasmaphysik-Experten aus der Fakultät stellen wollen. Als Hilfestellung werden die Mitschriften der vorherigen Phase den jeweiligen Kategorien zugeordnet und den Schülerinnen und Schülern zu Verfügung gestellt. Ziel ist die Konzeption eines 20-minütigen Interviews mit einem Schwerpunkt in der Erkenntnistheorie.

2.5 Experteninterviews und Laborführungen

An dieser Stelle des Projektes wird die authentische Umgebung des Schülerlabors explizit genutzt. Die Teilnehmer verlassen das Schülerlabor gruppenweise und treten in Kontakt mit den Fachexperten der Fakultät. Um einen „echten“ Interviewcharakter zu bewahren, wird die Gruppengröße relativ klein gehalten (4-6 Personen). Keiner der Fachexperten wird vor den Projekten instruiert. Parallel dazu finden Laborführungen statt. Ziel dieser Führungen ist es,

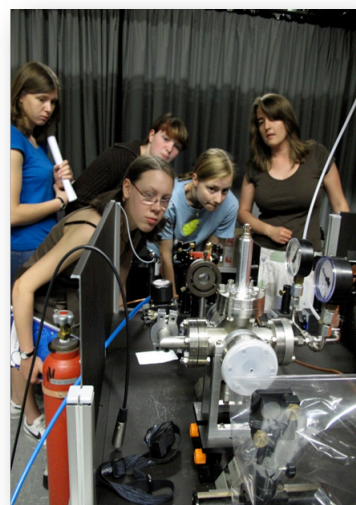


Abbildung 3: Die SuS bei den Laborführungen

den Projektteilnehmern authentische wissenschaftliche Experimente aufzuzeigen. Die Wissenschaftler im Labor wurden zuvor gebeten, keine „Show“ mit „tollen“ Effekten oder Phänomenen vorzuführen. Es geht darum, zu diesem Zeitpunkt laufende Experimente kurz zu zeigen und prinzipiell zu erklären (siehe Abb.: 3). Die Authentizität, ein Schlagwort dieses Projektes, wird an dieser Stelle gesichert.

2.6 Zusammentragen der Ergebnisse

Da jede der Schülergruppen andere Kategorien und damit auch Fragen hat, haben die Schülerinnen und Schüler nach den Interviews und Laborführungen die Gelegenheit, ihre eigenen Eindrücke (Fragen, Antworten der Experten, Laborerfahrungen) aufzuarbeiten, damit sie diese danach im Plenum den Mitschülern vorstellen können.

2.7 Reflexion der Eindrücke

Nach den kurzen Präsentationen der Schülergruppen wird erneut eine Diskussion seitens der Betreuer initiiert. An dieser Stelle wird abermals der reflexive Charakter des Projektes hervorgehoben. Nachdem in der Diskussion die Ansichten der Wissenschaftler zusammengetragen und reflektiert wurden, werden diese Ansichten mit den eigenen Ansichten vor und nach den

authentischen Eindrücken kontrastiert und Unterschiede sowie Gemeinsamkeiten herausgestellt. Auf den Vergleich dieser drei Standpunkte wird besonderes Augenmerk gelegt, da dies u. E. eine wichtige Reflexion der Lernziele im erkenntnistheoretischen Bereich darstellt. Es wird explizit nicht versucht, einen Konsens bezüglich der meist unterschiedlichen Ansichten zu finden und „das“ Adäquate (oder gar „Richtige“) festzulegen, sondern eher die Unterschiede und das Nicht-Festlegen-Können von adäquatem Verständnis bei einigen Fragen zu diskutieren und dies als ein Merkmal von NoS festzuhalten.

Das Projekt endet mit einem kurzen Rückblick auf den Tagesablauf.

3. Erfahrungen aus den Projekterprobungen

Das hier vorgestellte Projekt ist Teil einer Studie. Hauptziel der Studie ist es, exemplarisch zu zeigen, dass gut dimensionierte (d.h. in der Regel „kleine“) explizite Thematisierungen von NoS-Aspekten zu adäquateren Ansichten der Projektteilnehmer führen können.

Grundsätzlich fiel auf, dass die Schülerinnen und Schüler sehr von NoS als Thema in einem Schülerlaborprojekt begeistert waren. Die aktive Teilnahme in den reflexiven Diskussionsrunden sowie das engagierte und kreative Einbringen in die



Abbildung 4: Die Kategorien der Interviews und Diskussionsrunden

Konzeption und Durchführung der Experteninterviews belegten dies. Die Teilnehmer konnten sich auffallend schnell in das für sie neue erkenntnistheoretische Themengebiet einarbeiten. Bei einigen Aspekten (vgl. Abb.: 4) lagen bereits adäquate Vorstellungen vor. Bspw. bestand der Mythos [5] des „einsamen Forschers“ bei den meisten Schülerinnen und Schülern auch vor dem Projekt schon nicht mehr. Den Teilnehmern war bekannt, dass Wissenschaftler sich in „scientific communities organisieren, um so effektiver arbeiten zu können. Bei den meisten Aspekten lagen allerdings eher inadäquate Ansichten vor. Beispielsweise wurde die Dauer von wissenschaftlichen Experimenten zu unreflektiert von den Projektteilnehmern eingeschätzt. Zeiten im schulüblichen 45 Minuten Takt wurden häufig genannt. Eine korrekte Differenzierung zwischen „typischen“ Schulversuchen und wissenschaftlichen Experimenten wurde vor dem Projekt offensichtlich noch nicht vorgenommen.

Sowohl den Fachexperten als auch den Autoren (bei der Sichtung der Interview-Videos) fiel auf, dass die Schülerinnen und Schüler tiefgründige und sehr durchdachte Fragen stellten und auch in dieser Zeit sehr interessiert waren (vgl. Tabelle 1). Auch den fachphysikalischen Schwerpunkt in der Plasmaphysik bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler mit großem Interesse. Die hohe Relevanz dieses physikalischen Themas im Alltag sowie die Begeisterung der Wissenschaftler, hinterließ einen besonderen Eindruck.

Tabelle 1: Bsp. aus den Experteninterviews:

- „Kommt es auch vor, dass von irgendwelchen Ergebnissen Trugschlüsse gezogen werden und die dann so zuzusagen für wahr gehalten werden?“
- „Wie sehr fließen politische Entscheidungen ein?“
- „Wenn man solche Experimente jetzt vergleichen [würde] mit Schulversuchen, inwiefern werden da unterschiedliche Geräte benutzt? Wie unterscheiden sich die Geräte?“
- „Sind die Ergebnisse und Experimente ähnlich, also international? Hängt das Ergebnis vom kulturellen Umfeld oder der Herkunft des Forschers ab?“
- „Was macht ein Wissenschaftler?“
- „Also würden Sie sagen, dass Gesetze [die] gefunden wurden, wieder in Frage gestellt wurden und dann später widerlegt werden?“
- „Kann ein Experiment 100%ige Ergebnisse bringen, also können daraus geschlossene Gesetze ewig gelten?“

4. Fazit und Implikationen

Die Erfahrungen aus dem Projekt sowie die in Abschnitt 3 erwähnte empirischen Evaluationsstudie haben gezeigt, dass durch explizite Behandlung eng vorgegebener NoS-Themen die Ansichten der Schülerinnen und Schüler positiv beeinflusst werden können. Unseres Erachtens ist eine realistische Dimensionierung des NoS-Schwerpunktes besonders wichtig. Dabei erfordern unterschiedliche NoS-Aspekte unterschiedliche Methoden. Insofern sind die in dem vorliegenden Projekt durchgeführten Interviews mit Wissenschaftlern und die Laborführungen nicht als notwendige Voraussetzung zu sehen. Authentizität lässt sich bspw. auch durch (historische) Originalquellen oder Videos versuchen zu erzielen. Dies gilt natürlich insbesondere für Schulen, denen die Nähe zu einer Forschungseinrichtung fehlt.

Die eingangs gestellte Frage, ob Schülerlabore imstande sind, das beschriebene sehr hochgesteckte Ziel zu erfüllen, kann unter der Maßgabe einer guten Fokussierung bejaht werden. Da Schülerlabore meist an Forschungszentren oder Universitäten angesiedelt sind, ist u. E. ein Übertrag dieses Projektes auf andere außerschulische Lernorte ohne Weiteres denkbar. Gleiches gilt sinngemäß für andere physikalische Themen und andere naturwissenschaftliche Fächer.

5. Literatur

- [1] Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 90, 4-12.
- [2] Homepage des Fachverbandes Didaktik der Physik der DPG: <http://www.dpg-physik.de/gliederung/fv/dd/index.html> (Stand: 3/2010)
- [3] Flyer zum Tag der offenen Tür 2007-2009 des Alfried Krupp-Schülerlabors der Ruhr-Universität Bochum
- [4] Uhlmann, S. & Priemer, B. (2008). Können Schülerlabore Ansichten über Naturwissenschaften ändern? In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Essen 2007, Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Münster: Lit Verlag.
- [5] Lederman, N.G. (2007). *Nature of Science: Past, Present, and Future*. In N.G. Lederman, S.K. Abell. *Handbook of Research in Science Education* (p. 831-879), Mahwah (N.J.,USA): Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers

6. Anhang

Aufgabenstellung Plasmakugel

Bestimme die Gase, die sich in der Plasmakugel befinden!

Gehe dabei wie folgt vor:

1. Voreinstellungen

Mache dich mit dem Handspektrometer vertraut.

- a. Halte das Handspektrometer in Richtung einer Lichtquelle (z.B. Deckenlampe) und schaue hindurch.
- b. Verstelle am vorderen Teil des Handspektrometers die Spaltbreite solange, bis du die dünnen Linien des Spektrums sehen kannst.
- c. Schalte das Netzteil ein (Skalenbeleuchtung) und variiere die Spannung so, dass du eine helle Skala im Sichtfeld des Handspektrometers siehst.
- d. Jeder in eurer Gruppe sollte das Spektrum der Deckenlampe gesehen haben.

2. Aufnahme des Plasmaspektrums

Der Raum wird nun abgedunkelt und das Plasma gezündet.

- a. Beobachte das Plasma durch das Handspektrometer.
- b. Finde heraus unter welchen Versuchsbedingungen du die verschiedenen Linien am besten sehen kannst.
- c. Notiere in der vorgefertigten Tabelle
 - i. die Farbe,
 - ii. die Wellenlänge (in nm) und
 - iii. die Intensität (Selbsteinschätzung: stark → mittel → schwach → sehr schwach)

von **mindestens 7 Linien** des Spektrums (die lichtstärksten Linien).

- d. Überprüfe nochmals alle Angaben der aufgenommenen Linien.
- e. Übergib das Handspektrometer dem Nächsten in deiner Gruppe. Während er/sie an Punkt 2 arbeitet, kannst du schon Punkt 3 bearbeiten.

3. Gasbestimmung

- a. An deinem Arbeitsplatz befinden sich vorgefertigte Spektren von Referenzgasen, die mit derselben Methode (aus 2) aufgenommen wurden. Mache dich mit den Diagrammen vertraut (Diagrammachsen, abgetragene Werte, etc.)
- b. Vergleiche die Spektren der Referenzgase mit dem von dir aufgenommenen Spektrum.
- c. Versuche herauszufinden, welche Gase sich in der Plasmakugel befinden.
- d. Begründe dein Ergebnis (Vergleich, Ausschlusskriterium, etc.) und mache dir Notizen.

4. Präsentation

- a. Diskutiert in eurer Gruppe die Ergebnisse.
- b. Nun sollen eure Ergebnisse und Vorgehensweisen dem Plenum vorgestellt werden. Bereitet eine kleine Präsentation vor (1-2min)