



EXPERIMENTIEREN MIT DER PLASMAKUGEL

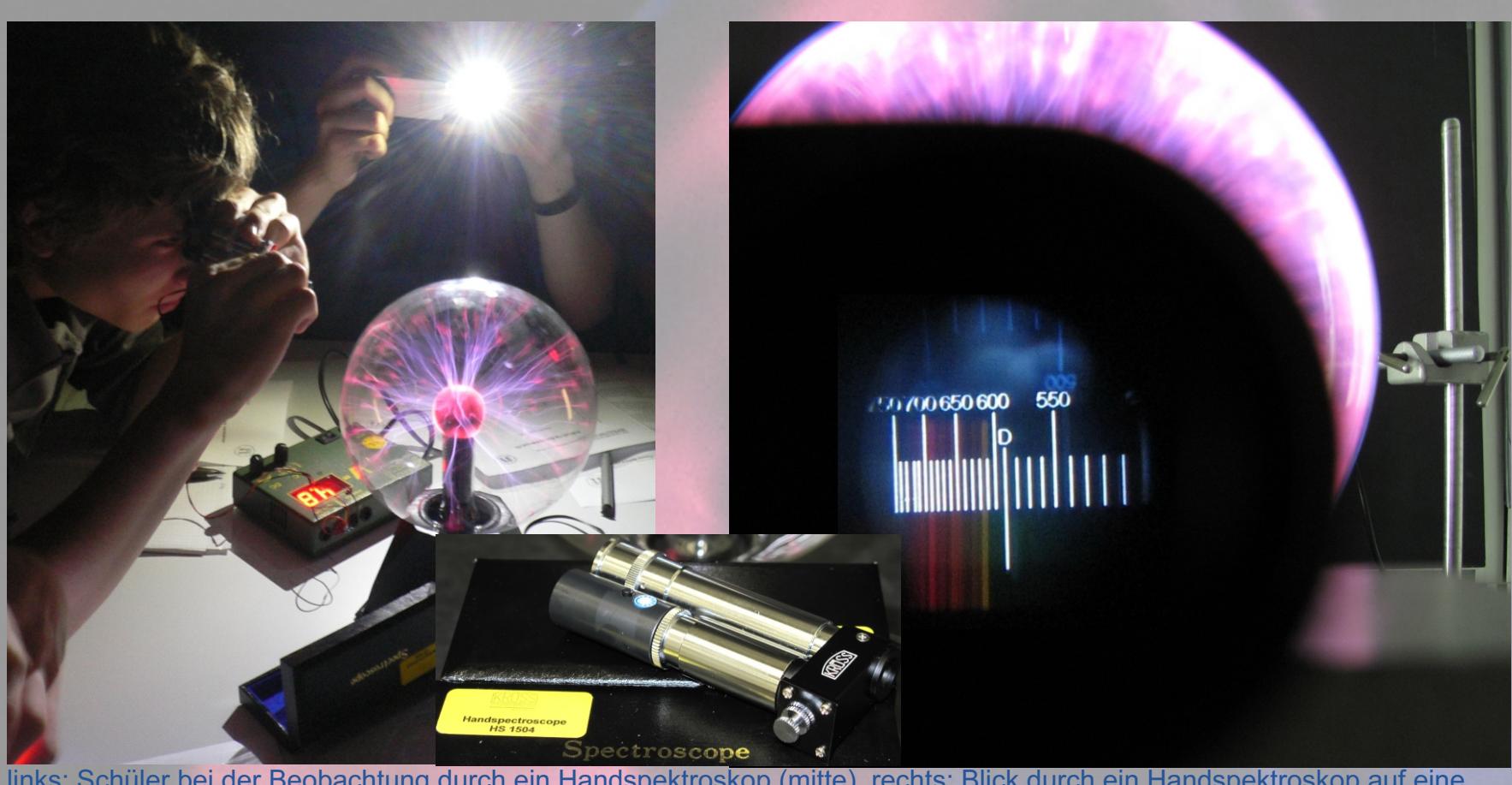
STEFAN UHLMANN & BURKHARD PRIEMER
FAKULTÄT FÜR PHYSIK UND ASTRONOMIE
DIDAKTIK DER PHYSIK

Das Wort Plasmaphysik wird selten in der Schule gebraucht, dennoch sind viele Elemente der Plasmaphysik fester Bestandteil vieler Lehrpläne. Relevante Themen sind: Atommodelle, atomare Anregungen, Atomspektren, Aggregatzustände, elektrisches Feld etc. Anhand einer handelsüblichen und im Vergleich zu professionellen Lehrapparaten äußerst preiswerten Plasmakugel soll auf diesem Plakat ein Überblick über mögliche einführende und vertiefende Versuche mit der Plasmakugel gegeben werden. Das Spektrum reicht von einer Exploration mit der Plasmakugel sowie weiteren Alltagsgegenständen (z.B. Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen, Glimmlampen, ...) bis hin zu Experimenten wie beispielsweise die Bestimmung der Füllgase durch spektroskopische Verfahren sowie die Ausmessung des elektrischen Feldes der Plasmakugel.

Spektroskopie der Füllgase

Handspektrometer

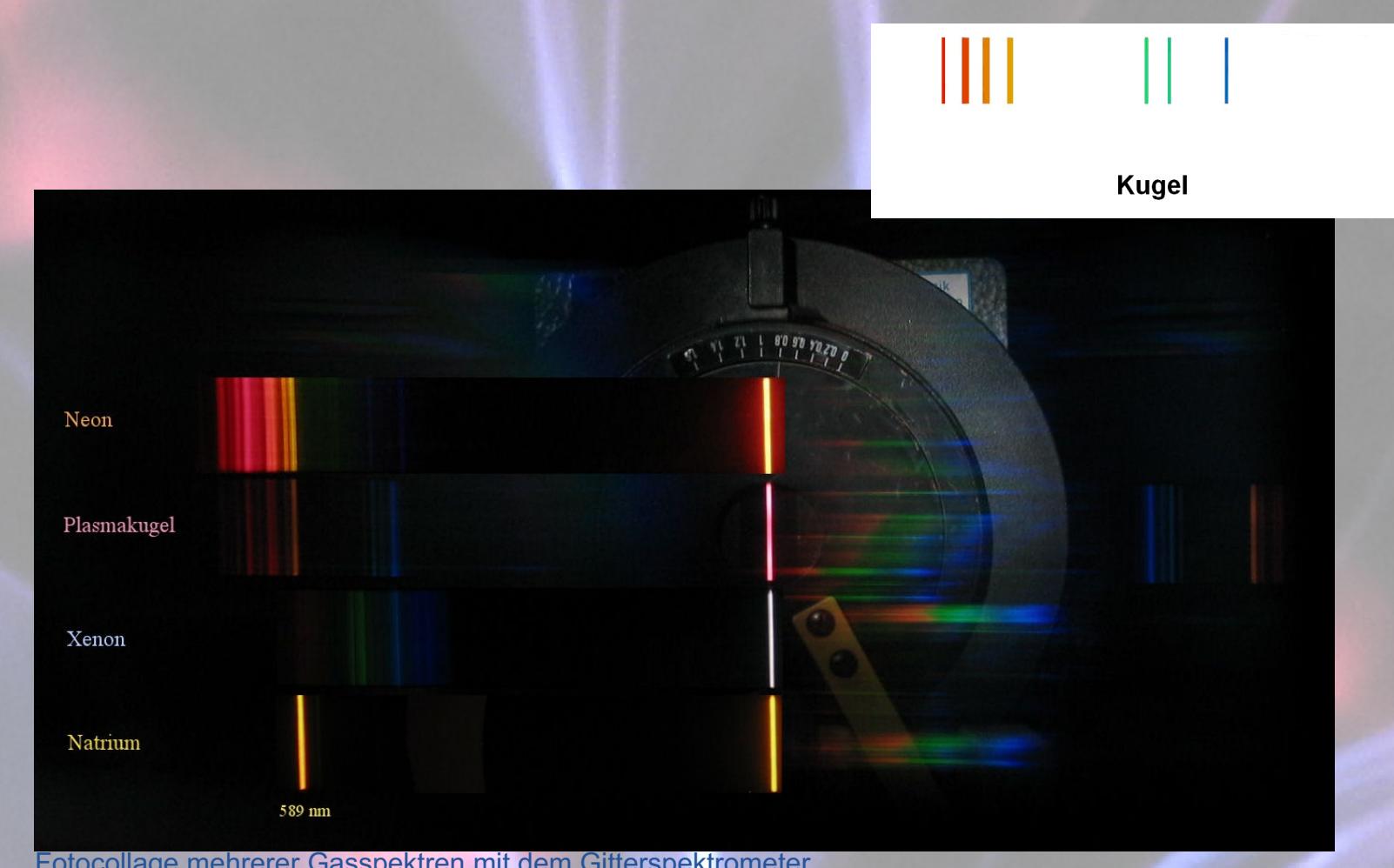
Das Ziel aller drei Spektroskopieverweise ist es, die Füllgase der Plasmakugel zu bestimmen. In der ersten Methode wird ein handelsübliches Handspektrometer verwendet. Das Handspektrometer der Firma Krüss (siehe Bild unten) basiert auf dem physikalischen Prinzip der Dispersion an einem Geradsichtprisma. Neben dem Spektrum des beobachteten Lichts wird zusätzlich noch eine geeichte Wellenlängenskala in den Strahlengang gebrochen. Dies dient der Wellenlängenbestimmung der einzelnen Linien. Durch den Vergleich des aufgenommenen Spektrums mit Referenzspektren von bekannten Gasen kann man die Füllgase der Plasmakugel bestimmen.



links: Schüler bei der Beobachtung durch ein Handspektrometer (mitte); rechts: Blick durch ein Handspektroskop auf eine Plasmakugel (Hintergrund)

Gitterspektrometer

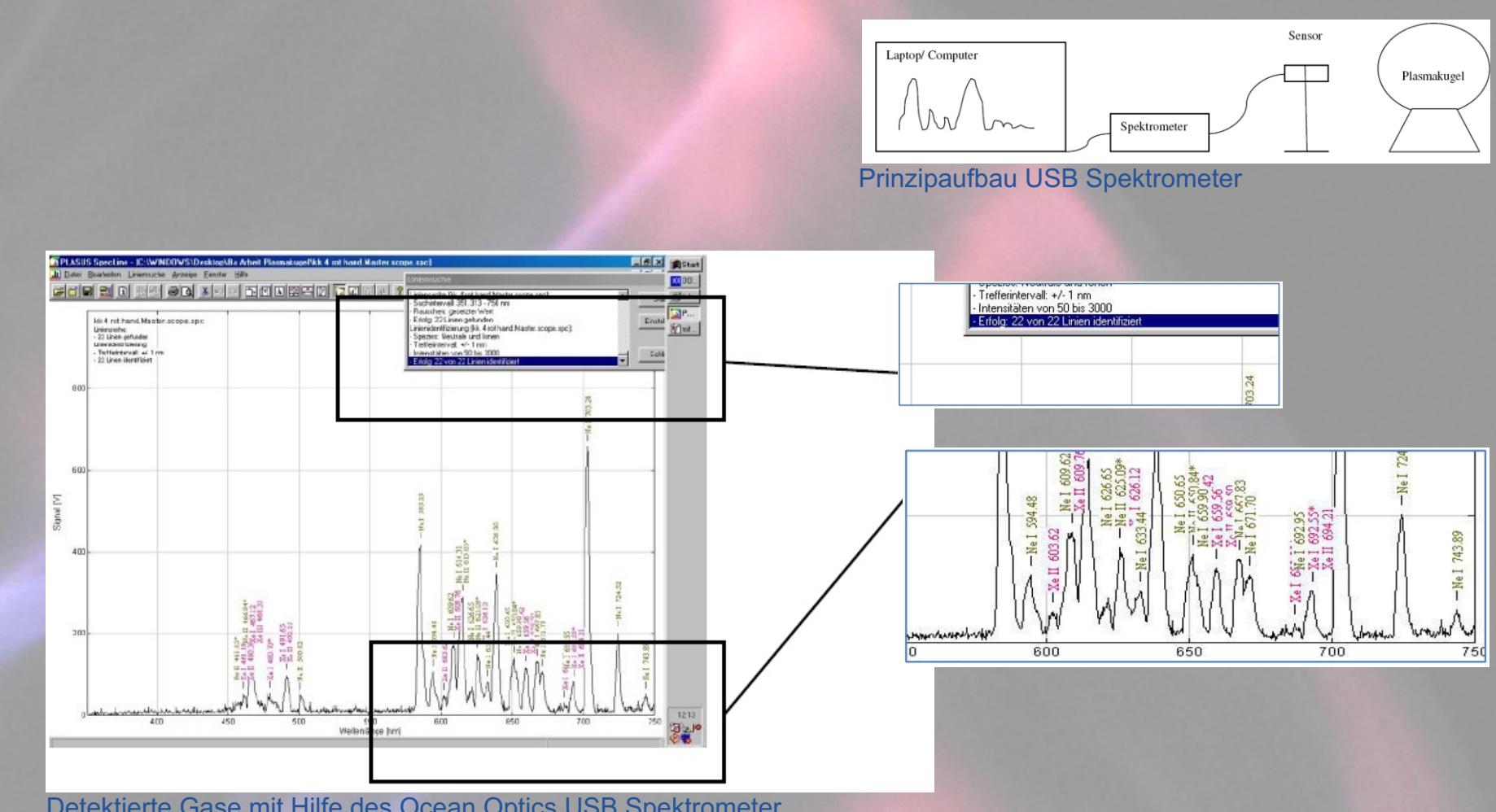
Bei der zweiten Methode wird ein schulüblicher Gitterspektroskopieaufbau verwendet. Da die Strahlungsintensität der Plasmakugel sehr gering ist, kann man nur bei einem stark abgedunkelten Raum das Linienspektrum der Plasmakugel auf dem Schirm beobachten. Eine weitere Möglichkeit ist die langbelichtete Aufnahme mittels einer Fotokamera. (siehe Bild unten: Collage aus dem Spektrum der Plasmakugel und Vergleichsgasen) Durch eine zu eichende Skala auf dem Schirm kann wiederum durch den Vergleich mit Referenzgasen die Zusammensetzung des Füllgases der Plasmakugel bestimmt werden.



Fotocollage mehrerer Gasspektren mit dem Gitterspektrometer

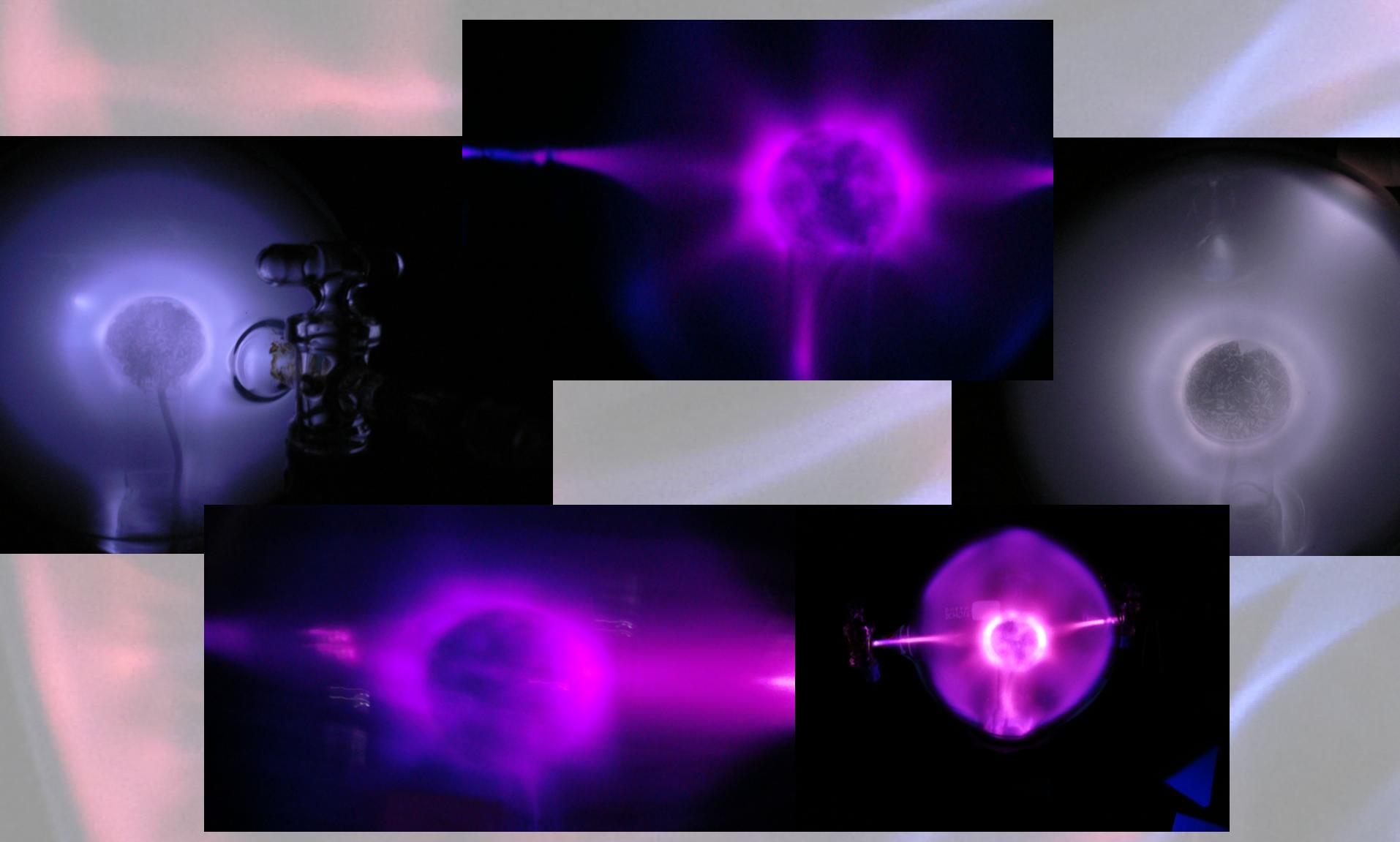
USB-Spektrometer

Die professionellste und exakte hier vorgestellte Spektroskopiemethode ist wegen des hohen Kostenaufwands für den Schuleinsatz weniger relevant. Die Aufnahme des Spektrums erfolgt über einen Sensor, welcher die Daten durch ein Glasfaserkabel an das eigentliche Spektrometer (Ocean Optics) weiterleitet. Dieses ist mit dem Computer verbunden und stellt im Programm OOIBase32 das beobachtete Spektrum graphisch dar. Zur weiteren Verarbeitung der Daten wird das Programm Plasus SpecLine verwendet (siehe Bild unten). Mit einer chemischen Datenbank im Hintergrund kann man somit die detektierten Gase nebst Intensität ermitteln.

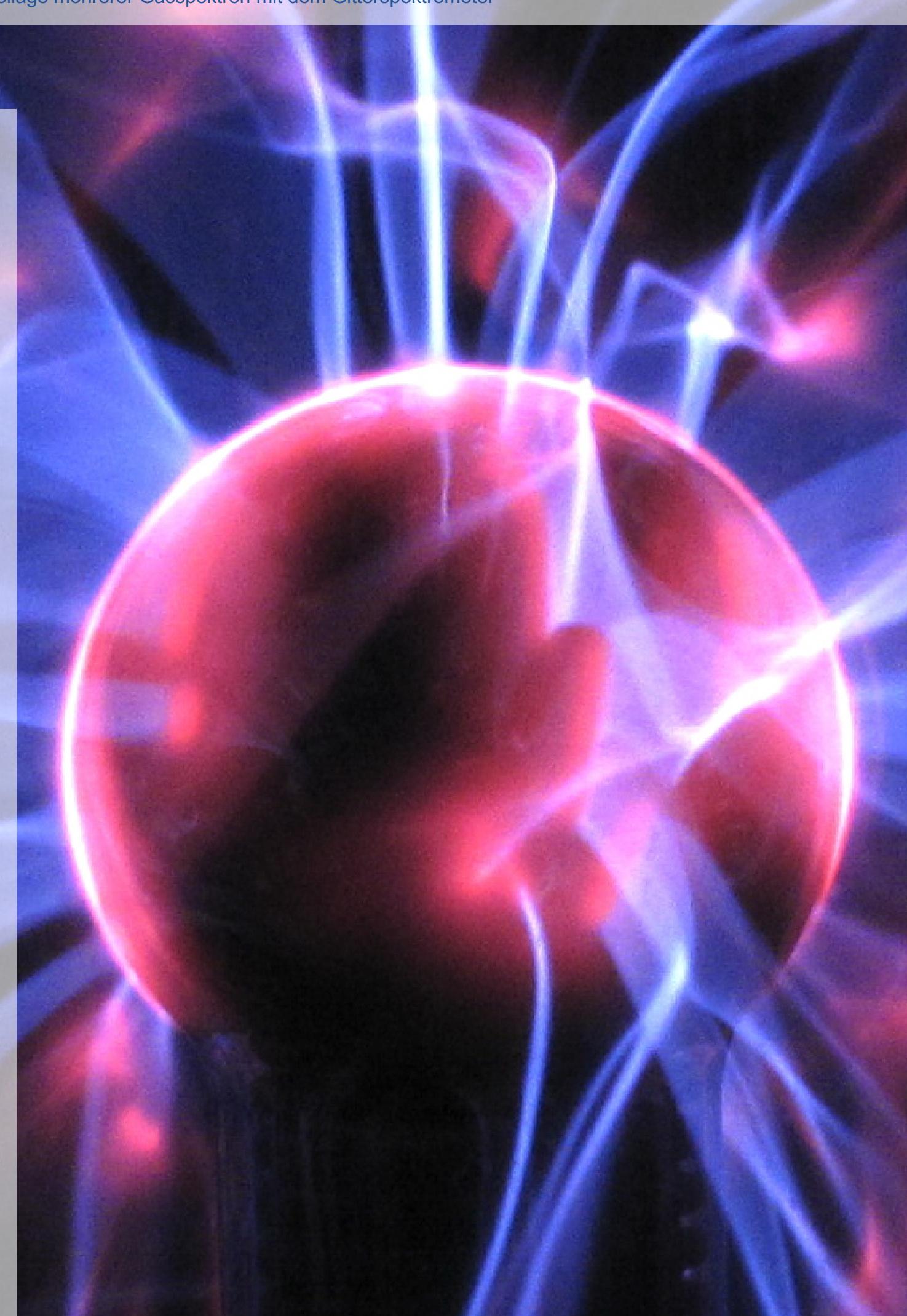


Variation der Füllgase

Den ursprünglichen Glaskörper der handelsüblichen Plasmakugel kann man durch eine andere Glaskugel gleichen Durchmessers allerdings mit Zuführhahn (siehe Bild links) ersetzen. Dadurch kann man mittels einer schulüblichen Vakuumpumpe verschiedene Gase in Abhängigkeit vom Druck in den Plasmazustand überführen. Der Teslatransformator und alle anderen technischen Bauteile bleiben dabei die gleichen. Denkbar sind bei diesem Versuch vielerlei Gase, unten dargestellt sind die Ergebnisse von Luft (Bild unten links), Helium (Bild links und rechts bei unterschiedlichen Drücken), Wasserstoff/Stickstoff- Gemisch (Bild unten rechts) und Argon/Kohlenstoffdioxid- Gemisch (Bild oben aufgehellt).

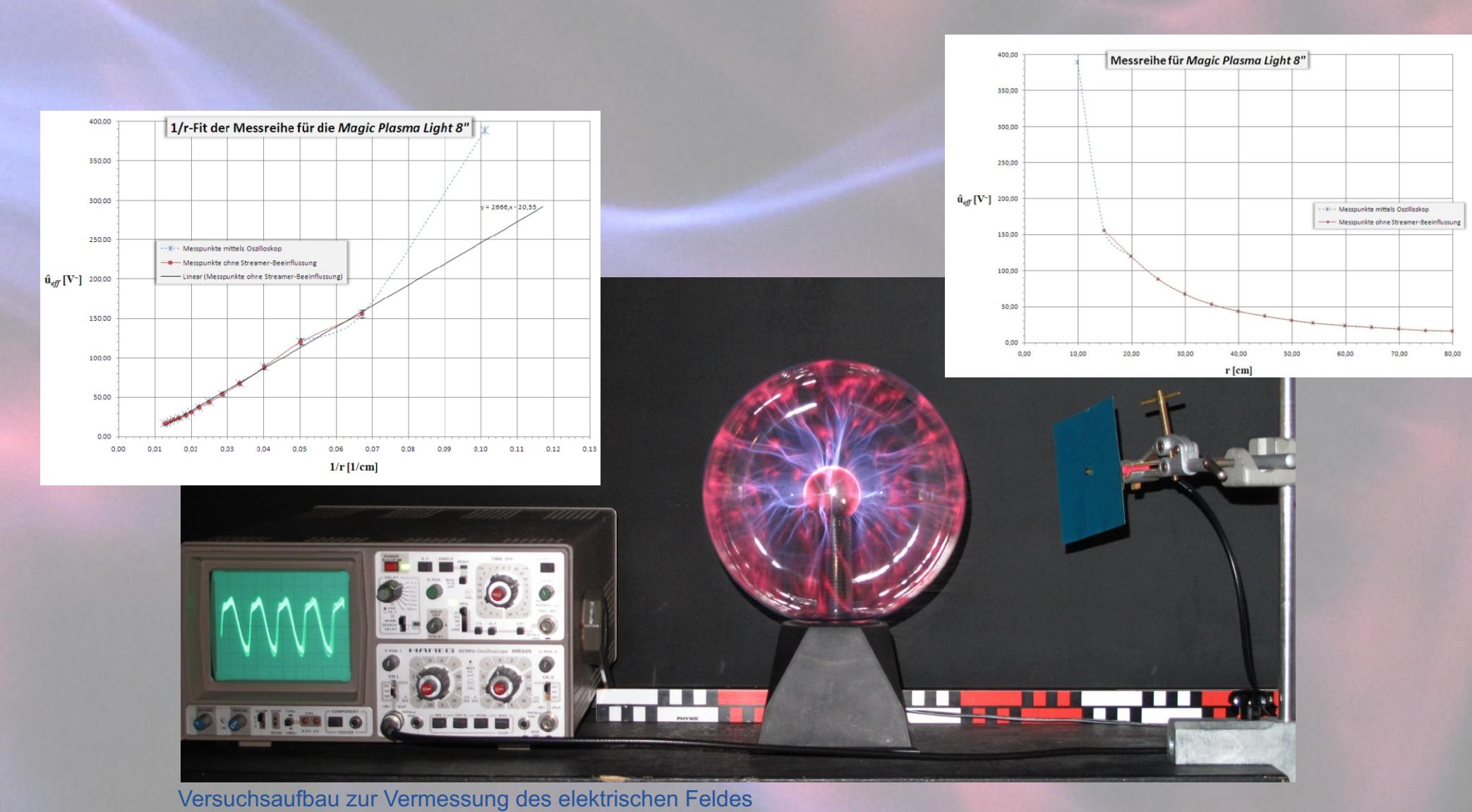


Die Plasmakugel gefüllt mit verschiedenen Gasen.



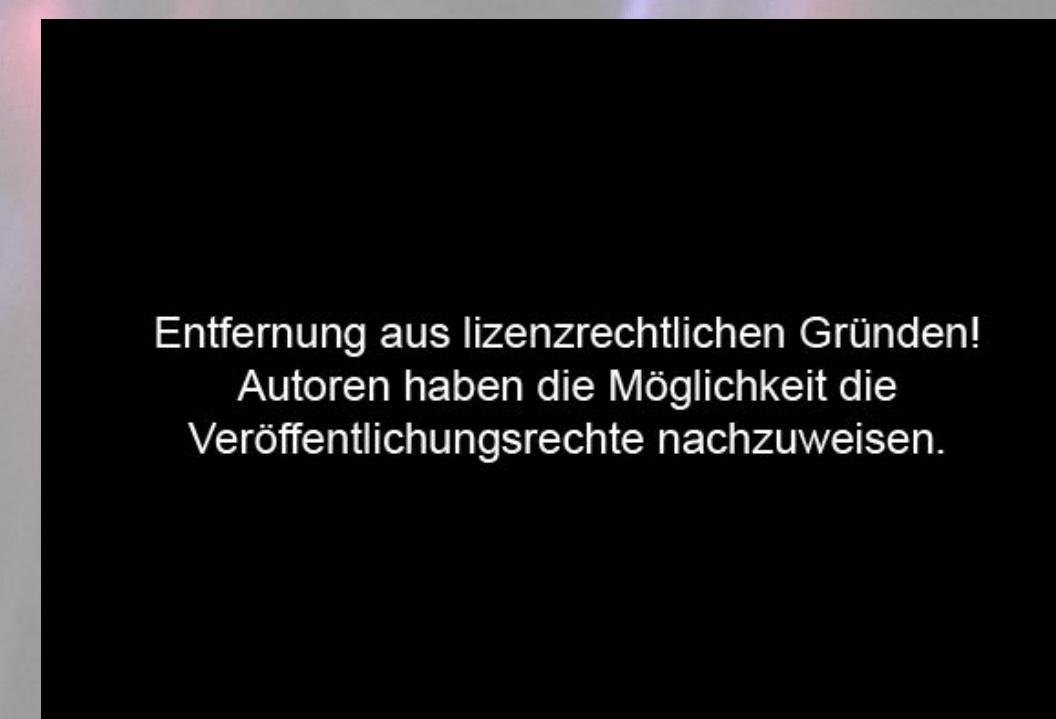
Messung des elektrischen Feldes

Das elektrische Wechselfeld, welches durch den im inneren der Plasmakugel befindlichen Teslatransformator generiert wird, kann mittels einer Antenne (im Bild rechts die Metallplatte) und einem Oszilloskop (im Bild links) ausgemessen werden. Sowohl die Spannung als auch die Frequenz der Plasmakugel kann ermittelt werden. Bei der Plasmakugel handelt es sich um eine Hochfrequenzentladung in der Größenordnung 30-40 kHz, die aufgetretene Spannung liegt in der Größenordnung von einigen KV. Die Anordnung ist vergleichbar mit einem Kugelkondensator bei Wechselstrom. Das Berühren der Plasmakugel ist aufgrund des Skin-Effekts für den Menschen ungefährlich.

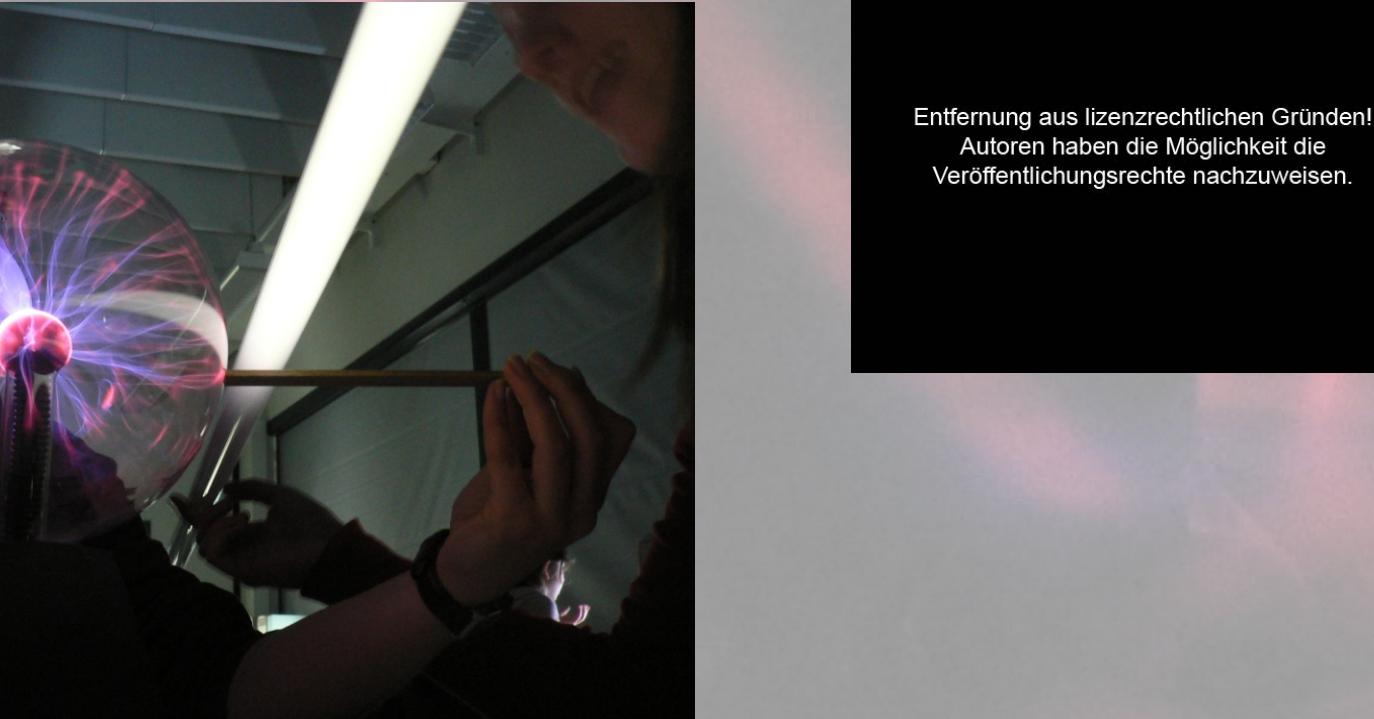


Exploration der Plasmakugel

In einer offenen (und bilingualen) Lernumgebung wurden Schüler und Schülerinnen mit der Aufgabe betraut, mit einer Plasmakugel sowie weiteren handelsüblichen Materialien frei zu explorieren und ihre Beobachtungen ohne Erklärungsversuche niederzuschreiben. Neben der eigentlichen Plasmakugel hatten die Schüler Leuchtstoffröhren, Glimmlampen, Energiesparlampen, Kabel sowie Metallschlüssel zu Verfügung. Die erstaunlich vielfältigen Ergebnisse sind rechts in der Tabelle kategorisiert dargestellt. Die Schüler und Schülerinnen hatten während der Exploration viel Spaß und bewiesen eine erfreuliche Kreativität. Gleichzeitig fiel es ihnen auffallend schwer, zunächst "nur" zu beobachten ohne dabei Erklärungen für die gefundenen Phänomene zu äußern.



Entfernung aus lizenzierten Gründen!
Autoren haben die Möglichkeit die Veröffentlichungsrechte nachzuweisen.



Entfernung aus lizenzierten Gründen!
Autoren haben die Möglichkeit die Veröffentlichungsrechte nachzuweisen.



Schüler und Schülerinnen bei der offenen Exploration

Die von den Schülern und Schülerinnen gefundenen Phänomene:

Gegebenen	Beobachtungen	Anzahl
plasma sphere in normal condition	- lots of streamers - streamers are blue-pink - glow around fast - object/human approach - streamers change direction and speed - the bigger the area of touching the bigger the streamer - streamers are connecting objects - circulation (light up at bottom, vanish at top) - turns red when touched - electric field - buzzing - black field in middle - from top up - streamers split up at top - object touches sphere: pink field spreads out - streamer splits up	9 9 9 7 7 3 3 2 2 1 1
touched by finger	- only blue streamer? - two fingers: connected by streamer - development of heat - streamers are more there, but less than before - streamers headed towards finger - weak prickly/tingle - streamers between these two fingers - smells like chlorine/ozone/solarium - finger smells burned	14 10 9 7 4 4 2 2 2 1
Touched by hand	- very quiet buzz & whir (as if gas is escaping) - when touching, buzz gets louder - streamer moves on finger - sound of electricity - bigger streamer	2 2 1 1 1
fluorescent lamp and glow lamp	- starts to glow at a distance of about 10 cm - glows brighter if closer to sphere - streamer heading towards - does not matter if it touches sphere with sides or metal cap, always glows - also glows if touching sphere directly - connected to sphere by cable: lights up - has orange light - if human touching both ends of lamp, it delays lighting up - the centre always lights up first - doesn't light up if connects by cable while hand on sphere	10 4 3 3 3 3 1 1 1
ring	- if ring lays on sphere and human touches it, he or she gets an electric shock - prickly/tingle - sound is higher and louder - finger with ring creates bigger streamer	1 1 1
paper	- reaction - if finger touches sphere through paper, reaction	1 1
plastic	- no reaction	0
metal key	- electric shock - sharp edges outside of sphere - vibration	2 2 1
cable	- human touches sphere to sphere by cable, even if further away - electrical shock if cable is connected to sphere and human - if cable is laying on sphere, streamer is around it - contact - finger smells burned	4 3 3 2 2 1
audio	- when there is clapping, plasma sphere lights up - reading to sound wave - only when there is clapping or noise around it	2 1 1
kissing	- streamer splits up	1
two people touching	- electric shock, if both lay one hand on sphere and touch each other with the other hand - streamer goes to more charged hand	2 1