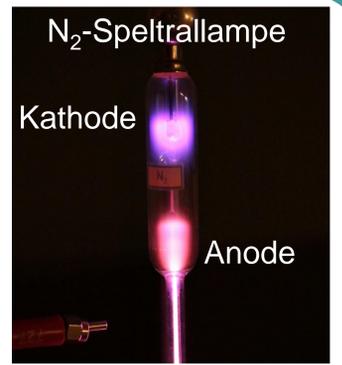


Die Farbe der Gasentladung ist gasspezifisch – darauf wird in Büchern für Schule und Grundstudium zum Teil explizit hingewiesen. Bei der Gasentladung in verdünnter Luft und auch in Stickstoff-Spektrallampen ist das in der Nähe von Kathode und Anode emittierte Licht jedoch deutlich verschiedenfarbig! Warum ist das so? Dieser Frage wird mit Experimenten nachgegangen, die sowohl für den Physikunterricht als auch für Studierende geeignet sind. Die Ergebnisse und Interpretationen sind für Studiums- und Unterrichtsinhalte aus der Atomphysik relevant.



Gasentladungsphänomene

- In Alltag und Natur ständig präsent, z. B. bei Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen, Leuchtreklamen, Blitz und Polarlicht
- Große historische Bedeutung für die Entwicklung der modernen Physik: Elektronen, Ionen und Röntgenstrahlung wurden bei Gasentladungsexperimenten entdeckt. Indirekt folgte auch die Entdeckung der Radioaktivität aus diesen Experimenten.
-und außerdem sind die Leuchterscheinungen ganz einfach schön und faszinieren die Menschen seit ca. 150 Jahren!

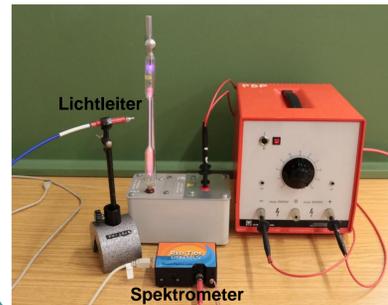


Historische Gasentladungsröhren im Glasapparatemuseum Cursdorf, Thüringen.



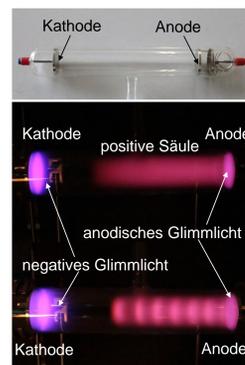
Gasentladungsröhren mit fluoreszierenden Flüssigkeiten

Experimenteller Aufbau

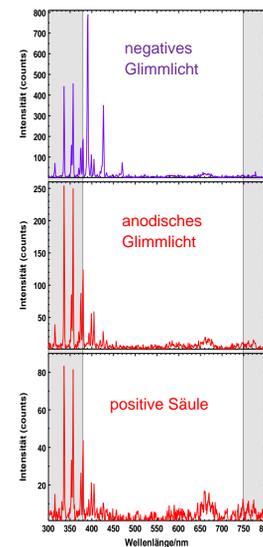


- Computerspektrometer mit Lichtleiter-Einkopplung (Ocean Optics)
- schulübliches Netzgerät (bis 6 kV)
- Beim Gasentladungsrohr zusätzlich Drehschieberpumpe

Unterschiedliche Farben an Kathode und Anode



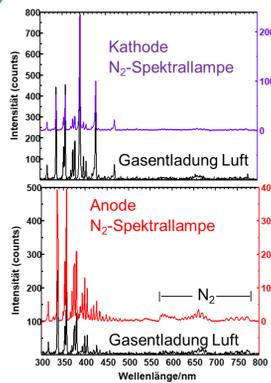
Gasentladungsröhren und Leuchterscheinungen bei unterschiedlichem Druck.



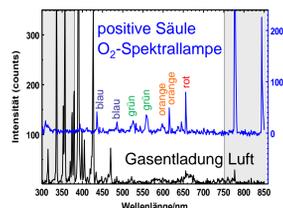
Spektren der Gasentladung in Luft. Nicht-sichtbare Spektralbereiche grau hinterlegt.

- Kathode: Spektrum wird von einer violetten Spektrallinie (391 nm) dominiert. Starke blaue Linien bei 427 nm (weitere blaue Linien um 400 nm und 470 nm). Rot sehr intensitätsschwach. → Farbeindruck **violett**.
- Anode: Violette Linie (391 nm) und blaue (470 nm) fehlen. Blaue Linie bei 427 nm stark reduziert. Schwache violette Linien um 400 nm und rote (650 – 680 nm) sind sichtbar. → Farbeindruck **pink/rötlich**.

Vergleich mit den Spektren von N₂ und O₂ Interpretation der Spektren



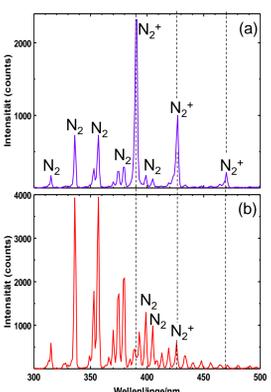
Vergleich der Spektren der Gasentladung in Luft und N₂. Die roten Linien sind Anregungen des neutralen N₂-Moleküls [1]



Vergleich der Spektren der Gasentladung in Luft und O₂. Sauerstoff hat intensive Linien im Infraroten (777 nm und 844 nm), die Anregungen von atomarem Sauerstoff zugeordnet werden können [2]. Im sichtbaren Bereich nur schwache Linien, deren Farben sich zu nahezu weißem Licht addieren.

- Die Spektren der Gasentladung in verdünnter Luft und N₂ stimmen sowohl an der Kathode als auch an der Anode praktisch vollständig überein. Ausnahme: Die schwache 777 nm-Linie in Luft ist eine Sauerstoffanregung.

- Das Spektrum des negativen Glimmlichts wird im Sichtbaren von intensiven Anregungen des ionisierten Stickstoffmoleküls dominiert. Diese fehlen im Anodenspektrum fast vollständig und verursachen die violette Lichtfarbe. Ursache ist die sich stationär einstellende positive Raumladungswolke im Bereich des negativen Glimmlichts: Aus der Kathode herausgeschlagene Elektronen ionisieren in diesem Bereich. Die schwereren Ionen verlassen den Bereich langsamer als die leichten Elektronen. Das führt auch zum maximalen Spannungsabfall an dieser Stelle des Entladungsrohrs (sogenannter „Kathodenfall“).
- Bandenstruktur der Spektren sehr gut zu erkennen.



Kurzwelliger Teil der N₂-Spektren: (a) negatives Glimmlicht, (b) positive Säule. Die Emissionslinien können Anregungen des N₂- und N₂⁺-Moleküls zugeordnet werden ([1], [3], [4]).

Resümee

- Die Leuchterscheinungen der Gasentladung in Luft lassen sich einfach und schnell untersuchen. Messmethode für Studium und Physikunterricht geeignet.
- **Anknüpfungsmöglichkeiten an vielfältige Unterrichtsinhalte:**
 - Anregung und Ionisation von Atomen und Molekülen durch Elektronenstoß
 - Emission von Licht fester Energie beim Übergang von Elektronen zwischen zwei Energieniveaus (Bohrsches Postulat)
 - Identifikation des Gases im Entladungsrohr aus den Emissionsspektren
 - Additive Farbmischung
 - Positive Ionen (positive Raumladung) in Kathodennähe können als Ursache für den in Schulbüchern behandelten - und mit schulischen Mitteln auch messbaren - Kathodenfall direkt nachgewiesen werden.

Es lohnt sich, der Gasentladungsphysik mit ihren schönen Leuchterscheinungen und der großen historischen Bedeutung wieder mehr Beachtung zu schenken!

Literatur:

[1] Bayram, S. B.; Freamat, M. V. (2012): Vibrational spectra of N₂: An advanced undergraduate laboratory in atomic and molecular spectroscopy. In: American Journal of Physics 80 (8), 664 - 669

[2] Lide, David R. (1995): CRC Handbook of Chemistry and Physics, 76. Auflage, Boca Raton: CRC

[3] Sharma, M. K.; Saikia, B. K (2008): Discharge conditions and emission spectroscopy of N₂ and N₂⁺ active species in variable power dc-pulsed plasma used for steel nitriding. In: Indian Journal of Pure & Applied Physics 46, 463 - 470

[4] Lofthus, A.; Krupenie, P. H. (1977): The spectra of molecular nitrogen. In: Journal of Physical and Chemical Reference Data 6, 113 - 307