

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM
FAKULTÄT FÜR PHYSIK UND ASTRONOMIE

SOWAS - RÖNTGENSTRAHLUNG MIT TESAFILM

Ulrich Botterbrod - Lisa Buschmann - Alba Titze - Dominik Walter

Betreuer: Jan Fischer

In unserem SOWAS Projekt ging es um die Erzeugung von Röntgenstrahlung durch das Abrollen von verschiedenen Klebebandsorten im Vakuum. Das Abrollen einer handelsüblichen Rolle Klebeband stellt etwas völlig alltägliches dar. Was die meisten nicht wissen: Auch bei diesem scheinbar vollkommen unspektakulären Vorgang können quantenmechanische Effekte auftreten und sich tatsächlich bemerkbar machen.

Wird eine Rolle Klebeband unter normalem Druck mit genügend hoher Geschwindigkeit (3 cm pro Sekunde oder schneller) abgerollt, so kommt es zu Emission von Licht. Die jeweilige Energie der Strahlung und ihre Intensität ist dabei natürlich von den genaueren Versuchsumständen (Art des Klebebands, Abrollgeschwindigkeit, Druck, Temperatur, etc.) abhängig. Diese Phänomene wollen wir in unserem Experiment behandeln.

Physikalische Grundlagen

Ein Elektret ist ein Material, welches ein permanentes, makroskopisches elektrisches Feld besitzt. Betrachtet man handelsübliches Klebeband, so kann dieses über kurze Zeit durch Abrollen zu einem Elektret werden. Wird nun Klebeband im Vakuum abgerollt, so findet eine Ladungstrennung statt (s. Abb 2). Dadurch entsteht das oben genannte benötigte elektrische Feld. Entladen sich die Teilchen nun wieder, so werden die Elektronen zur positiven Seite des Tapes beschleunigt, wodurch Bremsstrahlung entsteht. (Vgl. zum Versuch Röntgenröhre)

Zur Berechnung der Anzahl an Elektronen, welche von der einen Seite des Tapes zur anderen transferiert werden, wird folgendes betrachtet:

Es befinden sich auf einer Seite des Klebebands N Ladungsträger im Abstand d zur anderen Seite des Klebebands. Die Arbeit, welche benötigt wird, um ein Elektron von der einen Seite zur anderen Seite zu bewegen, ist

$$W = \frac{nde^2}{\epsilon_0}$$

Im Gleichgewicht ist das Verhältnis der Ladungsträger auf beiden Seiten gegeben durch

$$\frac{n}{N-n} = \exp\left(\frac{nde^2}{\epsilon_0 kT}\right)$$

Geht man nun von den Werten $T=298$ K, $d = 2$ nm und 1 Ion / nm², so wird eine Elektronendichte von $3000 / \mu\text{m}^2$ erreicht.

Versuchsaufbau | -durchführung

Der Aufbau unseres Projekts wurde von uns zum größten Teil selbst hergestellt. In eine Vakuumkammer, welche vorher gründlich mit Ethanol gereinigt werden musste, montierten wir auf eine Platte einen Motor und einen Zylinder, auf welchem die Klebebänder abgerollt werden sollten. An den Zylinder, unterhalb der Stelle, wo sich das Band von der Rolle löst, befestigten wir einen Detektor, welcher über Kabel nach draußen mit einem Netzteil verbunden wurde. Somit stellten wir fest, dass keine Strahlung abgeschirmt wurde, bevor sie in den Detektor fiel. Wir verwendeten zwei Sorten von Klebebändern: Zum einen durchsichtiges Klebeband mit einer Dicke von 5 cm und zum anderen Paketband mit einer Dicke von 5 cm. Von beiden Klebebändern nahmen wir



Abb. 1 - Vakuumkammer mit befestigter Röntgenplatte

Messungen bei 1 V, 2 V, 4 V, 6 V und 8 V auf, was die Geschwindigkeit des Motors beeinflusste. Vom durchsichtigen Klebeband erhielten wir insgesamt 4 Messungen pro Spannung, vom Paketband erhielten wir 2 Messungen pro Spannung, wobei jedoch eine Paketbandrolle Luftblasen enthielt und eine nicht. Die Daten für das durchsichtige Klebeband werteten wir nach Druck aus: Zwei Mal hatten wir bei gleichem Druck gemessen und zwei Mal bei unterschiedlichem. Beim Paketband haben wir bei konstantem Druck gemessen, jedoch war ein Klebeband durch die Luftblasen qualitativ schlechter.

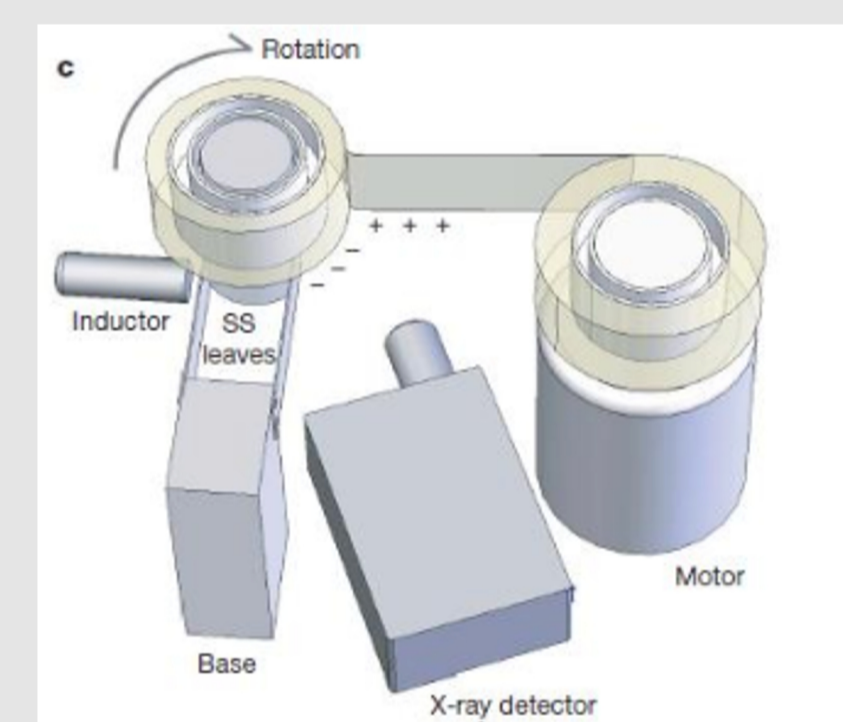
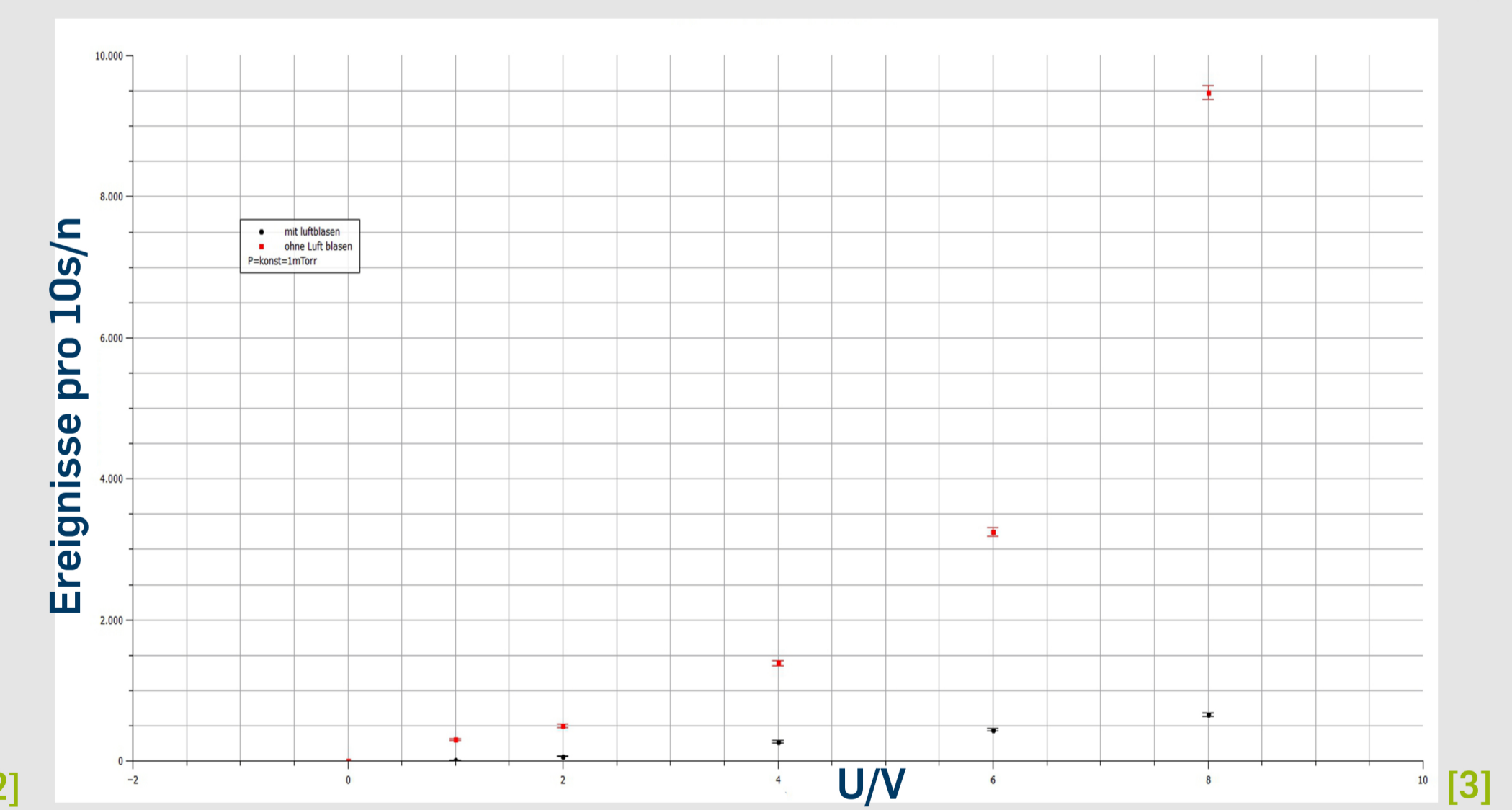
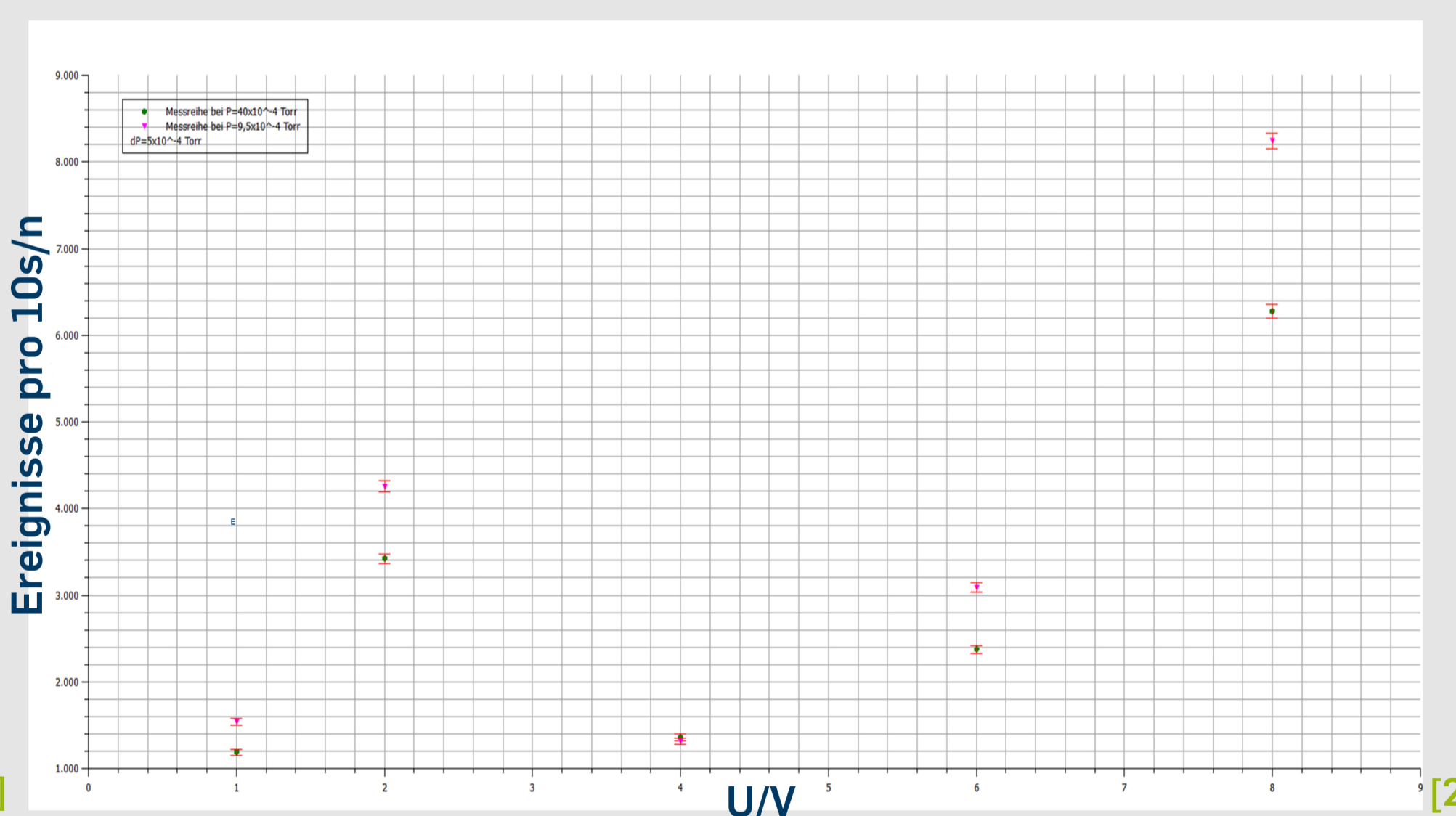
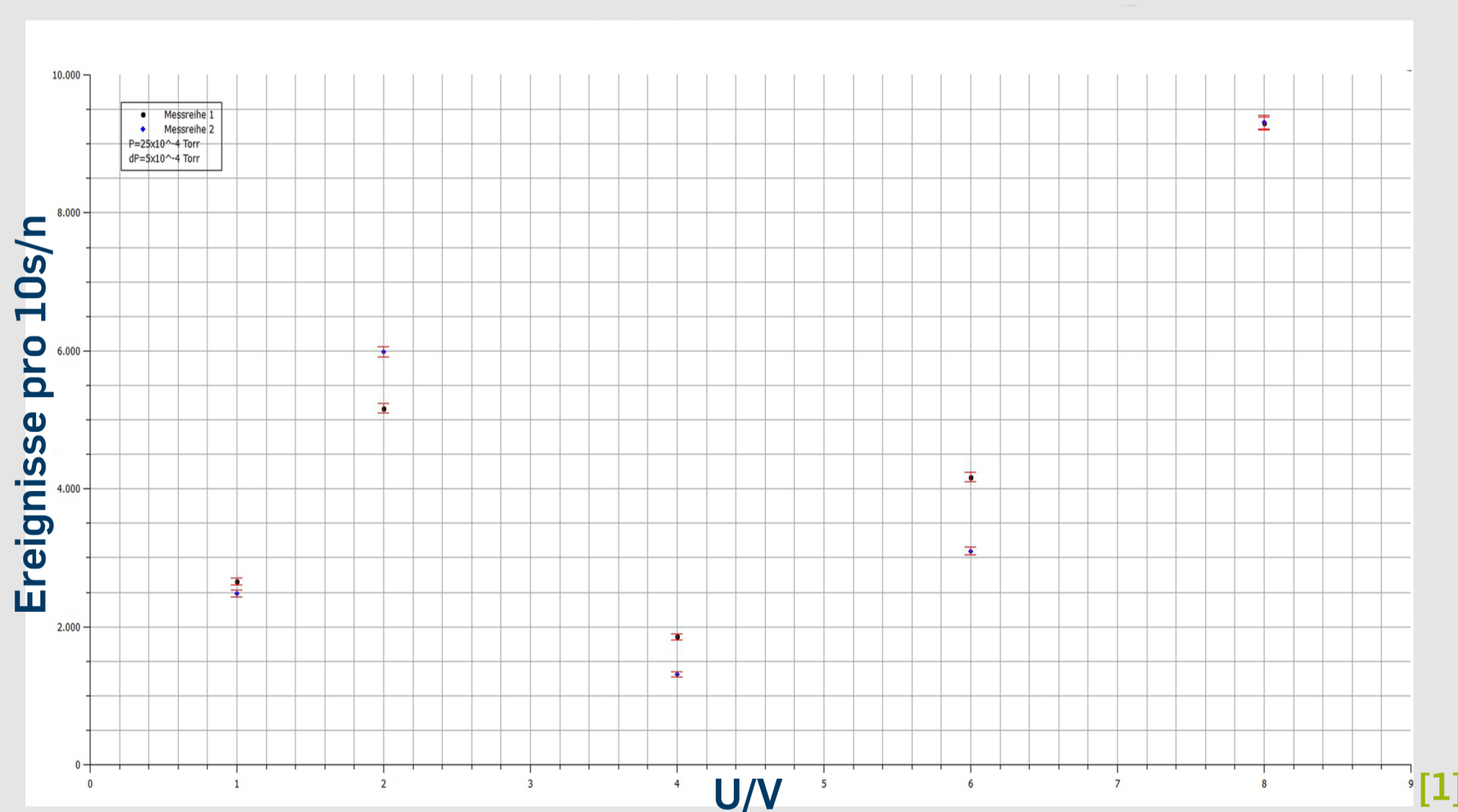
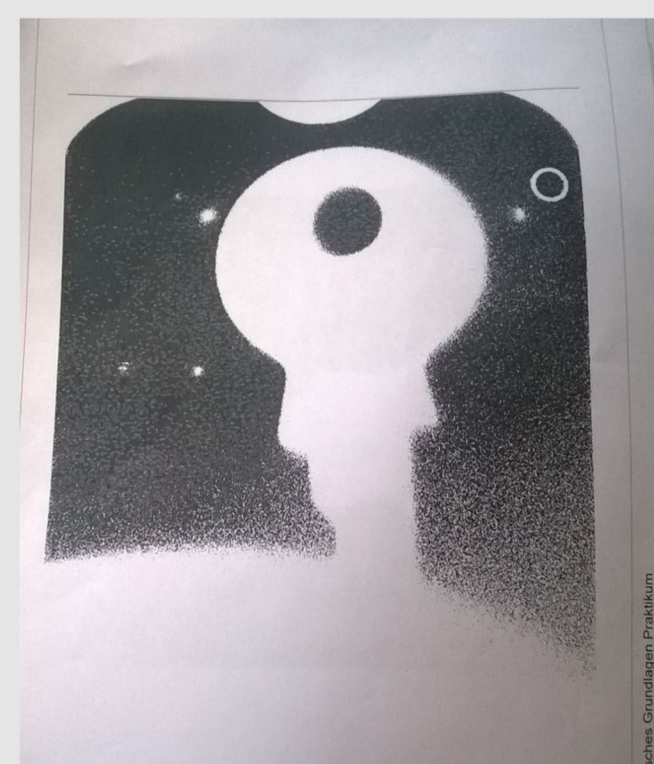


Abb 2 - Skizze des Versuchsaufbaus

Ergebnisse | Diskussion



U / V	v / cms ⁻¹	n _e / cm ⁻¹ s ⁻¹
1	0.9	1.35x10 ¹²
2	2.0	3.00x10 ¹²
4	4.06	6.90x10 ¹²
6	6.3	9.50x10 ¹²
8	8.7	1.30x10 ¹³



[1] Grafik 1 - Ereignisse in Abhängigkeit der Spannung des Motors (p konst), nur Tesafilm

[2] Grafik 2 - Ereignisse in Abhängigkeit der Spannung des Motors (p nicht konst)

[3] Grafik 3 - Einfluss der Luftblasen im Paketband

[4] Tabelle 1 - Anzahl der Elektronen, welche zur Strahlung beitragen, in Abhängigkeit der Spannung

[5] Abb 3. - Röntgenbild eines Schlüssels

Quellen

- [1] Achim von Keudell, Vorlesungsskript Atom- und Molekülphysik, Ruhr-Universität-Bochum, 2008/09
- [2] Wilhelm Walcher, Praktikum der Physik, Vieweg+Teubner Verlag, 2006
- [3] R.W.Pohl, Optik und Atomphysik 11. Auflage, Springer-Verlag, 1963
- [4] hydrogen.physik.uni-wuppertal.de
- [5] http://www.oliverheinrich.de/daten/FP/6-Strukturbestimmung_mit_Roentgenstrahlen-oliverheinrich.de
- [6] http://www.christophutorials.de/PDF/Facharbeit_Tribolumineszenz.pdf
- [7] <http://www.rwscharf.homepage.t-online.de/faz08/faz1029.html>
- [8] <http://www.aip.org.au/info/sites/default/files/cmm/2009/p22.pdf>
- [9] <http://www.nature.com/nature/journal/v455/n7216/pdf/nature07378.pdf>
- [10] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.200701812/epdf>

Danksagungen

Lehrstuhl für angewandte Plasmaphysik insbesondere
Dr. J. Benedikt
N. Grabkowski

Techniker des Praktikums und der Elektrowerkstatt