



Technische Universität München  
TUM School of Education

**TUM Science Labs**

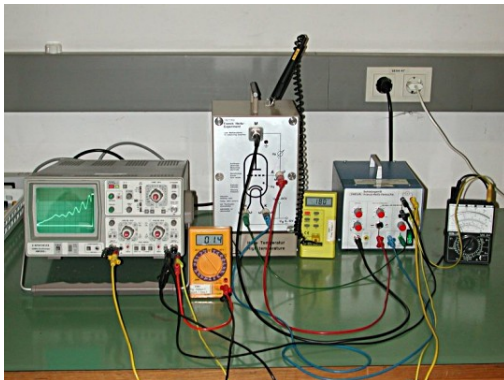
Gefördert durch die

Deutsche Telekom Stiftung



## **Franck-Hertz-Versuch (FHV)**

**Versuch im Physikalischen Anfängerpraktikum**



Bearbeitet von:

Andrea Bugl und Christian Clemens

Stand: 9. März 2012

**Zielgruppe** Dieses Angebot eignet sich besonders für Schüler/-innen der gymnasialen Oberstufe und der Berufsschule, die Physik als naturwissenschaftliches Fach gewählt haben.

**Gruppenstärke** Dieser Versuch ist für eine Gruppenstärke von sechs bis neun Personen ausgelegt und sollte mit einer Führung am „Maier-Leibnitz-Laboratorium“ kombiniert werden. Es können jedoch auch zwölf bis 18 Personen teilnehmen, da diese dann auf zwei unterschiedliche Versuche aufgeteilt werden. Größere Gruppen mit bis zu 36 Personen sind auch möglich, und werden dementsprechend auf zwei unterschiedliche Führungen sowie Versuche aufgeteilt.

**Zeitplan** Der Tagesablauf eines Science Labs besteht aus einer Versuchsdurchführung (90 min) und einer Führung an einem Forschungsinstitut (90 min) am Vormittag, sowie der Auswertung des Versuchs (2,5 h) im Mathematik-Rechnerraum am Nachmittag. Das Programm beginnt somit üblicherweise um 9 Uhr und endet um 16 Uhr, wobei eine halbstündige Mittagspause vorgesehen ist. Der detaillierte Zeitplan hängt jedoch stark von der Gruppengröße ab und muß daher individuell festgelegt werden.

**Erforderliche Grundlagen** Die vorliegende Anleitung beschreibt einen Versuch, der Bezug auf den Abschnitt: „Wellenlehre und Einblick in die Quantenphysik“ des bayerischen Lehrplans nimmt. Sie folgt den Ausführungen des Schulbuchs *Metzler Physik* und setzt die dort erarbeiteten Grundlagen als geläufig voraus. Insofern sind die Science Labs ein weiterführendes Angebot, welches auf dem Schulstoff aufbaut und somit über diesen in einem gewissen Rahmen auch hinausgeht. So sind die angebotenen Versuche zum Teil durchaus anspruchsvoll, da durch eigenständiges Experimentieren und themenbezogene Besichtigungen an die moderne Forschung herangeführt werden soll. Die Schüler/-innen sollen sich jedoch nicht durch kompliziertere Formeln und Zusammenhänge abschrecken lassen, da sie während der Versuchsdurchführung und -auswertung umfassend von Studierenden betreut werden.

**Lernziele** Die Schüler/-innen lernen

- den Aufbau eines Versuchs im Physikalischen Anfängerpraktikum,
- das eigenständige Experimentieren,
- das Protokollieren ihres Versuchs und
- die Auswertung eines eigenständig durchgeführten Versuchs.

**Arbeitsunterlagen und -mittel** Die Bearbeitung der gestellten Aufgaben erfordert die folgenden Arbeitsunterlagen und -mittel, die die Schüler/-innen am Besuchstag bitte selbst mitbringen: diese Versuchsanleitung, einen Schreibblock sowie Stifte, einen Taschenrechner und ggf. eine Digitalkamera oder ein Mobiltelefon mit Photofunktion zur Illustration der gemeinsamen Ausarbeitung. (USB-Kabel und ein Kartenlesegerät stehen zur Verfügung.)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b>	<b>4</b>
1.1. Vorwissen . . . . .	4
1.2. Grundlagen . . . . .	5
<b>2. Versuchsaufbau</b>	<b>9</b>
2.1. Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber . . . . .	9
2.2. Franck-Hertz-Versuch mit Neon . . . . .	10
<b>3. Versuchsdurchführung</b>	<b>10</b>
3.1. Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber . . . . .	11
3.2. Franck-Hertz-Versuch mit Neon . . . . .	13
<b>4. Versuchsauswertung</b>	<b>13</b>
4.1. Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber . . . . .	13
4.2. Franck-Hertz-Versuch mit Neon . . . . .	13
<b>5. Forschungspräsentation</b>	<b>13</b>

## 1. Einführung

### 1.1. Vorwissen

Folgende Begriffe sollten Ihnen für diesen Versuch geläufig sein:

- Plancksches Wirkungsquantum, Bohrsches Atommodell, Stoßprozesse zwischen Elektronen und Atomen, Energieniveauschema, Lichtemission und Linienspektren

Sie sollten folgende Fragen beantworten können:

- Was bezwecken Sie mit dem Franck-Hertz-Versuch?
- Was versteht man unter der Auswahlregel?
- Was besagen die Lyman-, Balmer-, Paschen-, Brackett- und Pfundserie sowie die Rydberg-Konstante  $R$  in diesem Zusammenhang?

Zusatzfragen:

- Was versteht man unter einem elastischen und einem inelastischen Stoß?
- Warum kann ein Elektron mit einer kinetischen Energie von  $E_{\text{kin.}} < 4,89 \text{ eV}$  nur einen elastischen Stoß mit einem neutralen Quecksilberatom ausführen?
- Warum kann ein Elektron bei einem elastischen Stoß mit einem Atom nur wenig Energie übertragen?
- Wie gibt das durch einen inelastischen Stoß angeregte Atom seine Energie wieder ab?
- Welcher Unterschied besteht zwischen der Anregung eines Atoms durch Elektronen bzw. Lichtquanten?
- Warum wird zwischen dem Anodengitter G und der Auffängerelektrode A eine kleine Gegenspannung  $U_G$  benötigt?

Recherchieren Sie vor dem Praktikum:

- Vergleichen Sie die Funktionsweise einer Franck-Hertz-Röhre mit der einer Leuchtstofflampe und versuchen Sie, die Leuchtstofflampe anhand des Prinzipschaltbilds aus Abb. 1 zu verstehen. Warum heißen diese Lampen Leuchtstofflampen?

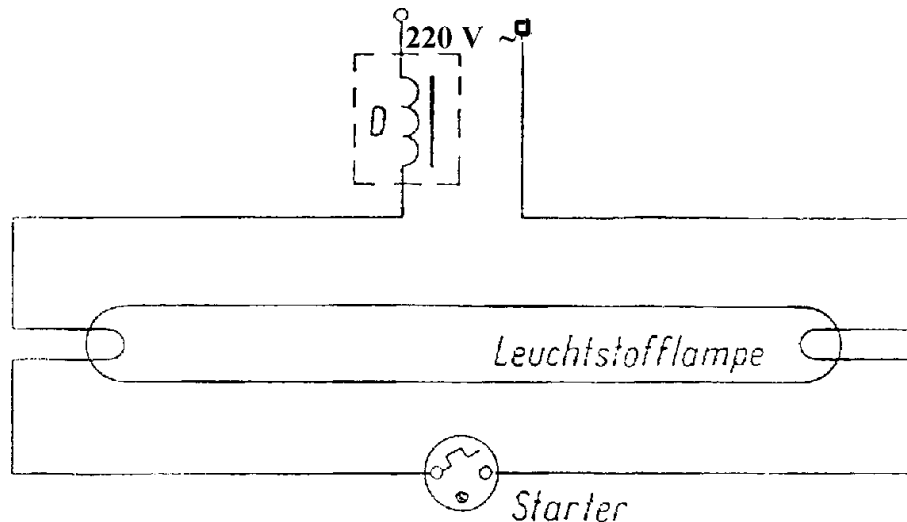


Abb. 1: Prinzipschaltbild einer Leuchtstofflampe

## 1.2. Grundlagen

Der Franck-Hertz-Versuch ist eines der grundlegenden Experimente der Atomphysik. Damit wird gezeigt, dass sich Elektronen nur auf diskreten Bahnen um den Atomkern bewegen und dass die Bindungsenergien der äußersten Elektronen in der Größenordnung von eV liegen.

Beschleunigt man freie Elektronen mit einer Spannung von einigen Volt, so können sie durch inelastische Stöße<sup>1</sup> gebundene Elektronen auf höhere unbesetzte Bahnen anheben. Nach dem Bohrschen Atommodell sind nur solche Elektronenbahnen im Atom erlaubt, für die der Bahndrehimpuls  $L$  gleich einem ganzzahligen Vielfachen  $n$  von  $\hbar = h/2\pi$  mit dem Planckschen Wirkungsquantum  $h$  ist:

$$L = m \cdot v \cdot r = n \cdot \hbar . \quad (1.1)$$

Hierin sind  $m$  die Masse,  $v$  die Bahngeschwindigkeit und  $r$  der Bahnradius des Elektrons. Außerdem postulierte Bohr, daß Elektronenübergänge nur zwischen Energiezuständen möglich sind, deren Energien solchen ausgezeichneten Bahnen entsprechen. Die Emission einer Spektrallinie mit der Frequenz  $f$  ist danach verknüpft mit einem Übergang eines Elektrons von einer Bahn des Energiezustands  $E_2$  auf eine Bahn des Energiezustands  $E_1$ :

$$h \cdot f = E_2 - E_1 . \quad (1.2)$$

Mit Hilfe dieser Vorstellung lassen sich die Atomspektren ohne Schwierigkeiten verstehen. Eine direkte experimentelle Bestätigung des Bohrschen Atommodells lieferte der Franck-Hertz-Versuch.

In unseren Experimenten werden Quecksilber- und Neonatome durch Elektronenstoß angeregt. Ein vereinfachtes Energieniveauschema von neutralem Quecksilber ist in Abb. 2 dargestellt. Das äußerste Elektron (mit der Hauptquantenzahl  $n = 6$ , d.h. in der P-Schale) hat per Definition im Grundzustand eine Energie von 0 eV und kann bei Energiezufuhr (z.B.

<sup>1</sup>Beim elastischen Stoß wird kinetische Energie von Teilchen zu Teilchen weitergegeben und bleibt insgesamt als kinetische Energie erhalten. Beim inelastischen Stoß wird dagegen ein Teil der kinetischen Energie in innere Energie umgewandelt.

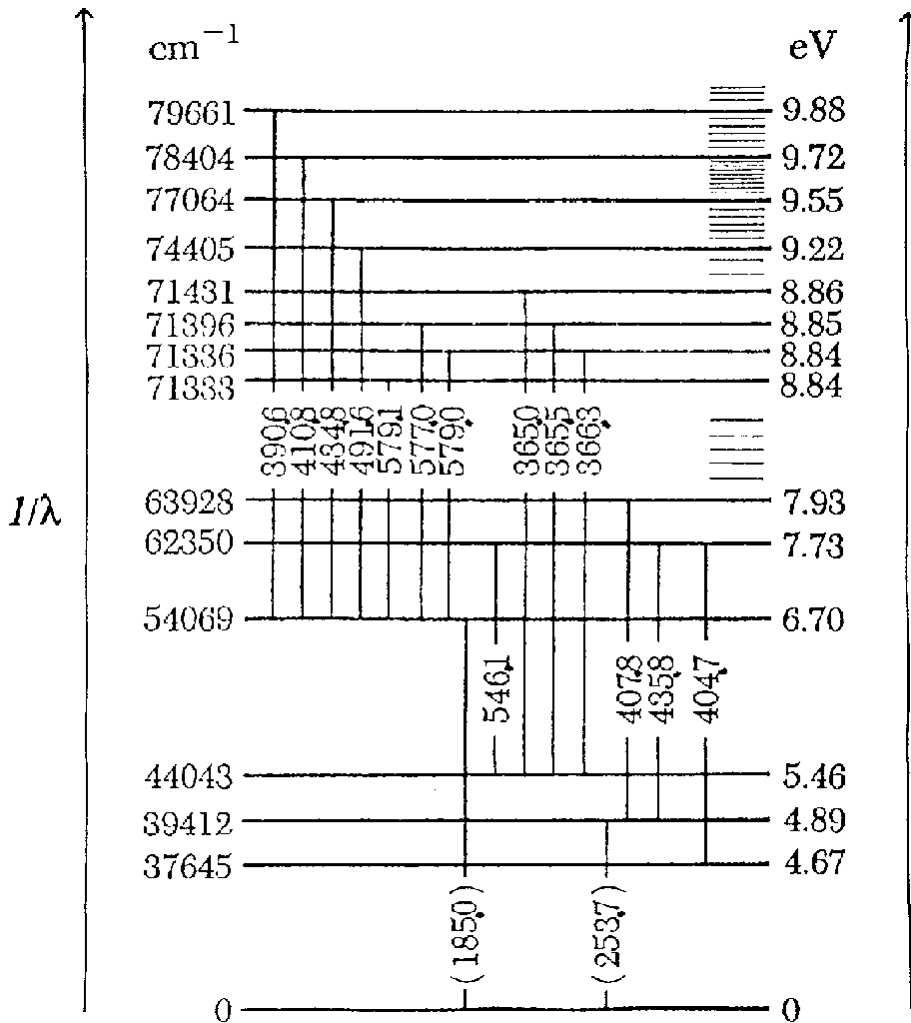


Abb. 2: Energieniveauschema von neutralem Quecksilber

Elektronenstoß) die beiden eingezeichneten Übergänge nach oben, d.h. in energiereichere Zustände, machen. Von diesen angeregten Zuständen mit 4,89 eV und 6,70 eV kann es durch spontane Lichtemission zu einem tieferen Zustand gelangen<sup>2</sup>. Aufgrund der Auswahlregeln<sup>3</sup> für den Bahndrehimpuls  $L$  (unterschiedlich für Elektronenstoß und Lichtemission) sind nur gewisse Übergänge erlaubt.

Das Schema des Versuchsaufbaus ist in Abb. 3 dargestellt. In einer Quecksilberdampf enthaltenden Röhre treten Elektronen aus einer Glühkathode K aus und werden durch eine, zwischen Glühkathode K und Anodengitter G angelegte, variable Spannung  $U_B$  beschleunigt. Zwischen dem Anodengitter G und der Auffängerelektrode A ist eine kleine Gegenspannung  $U_G$  von etwa 0,5 V angelegt. Man beobachtet den Auffängerstrom  $I$  in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung  $U_B$ .

Bei langsamer Steigerung der Beschleunigungsspannung  $U_B$  steigt der Auffängerstrom  $I$  steil an; die Elektronen geben durch elastische Stöße mit den Quecksilberatomen nur unmerkliche Energiebeiträge an diese ab. Die Elektronen - ein Teil fliegt durch das

<sup>2</sup>Die Wellenlängen [nm] sind entlang der Übergänge in runden Klammern angegeben.

<sup>3</sup>Als Auswahlregel bezeichnet man in der Quantenmechanik eine Regel, die darüber Auskunft gibt, ob ein Übergang zwischen zwei Zuständen eines gegebenen Systems (beispielsweise Atomhülle, Atomkern oder Schwingungszustand) durch Emission oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung möglich ist.

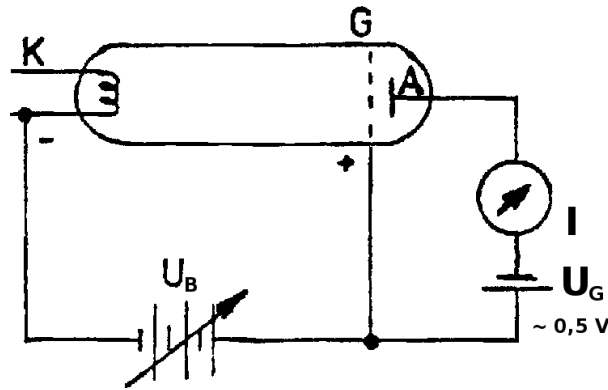


Abb. 3: Schema des Versuchsaufbaus

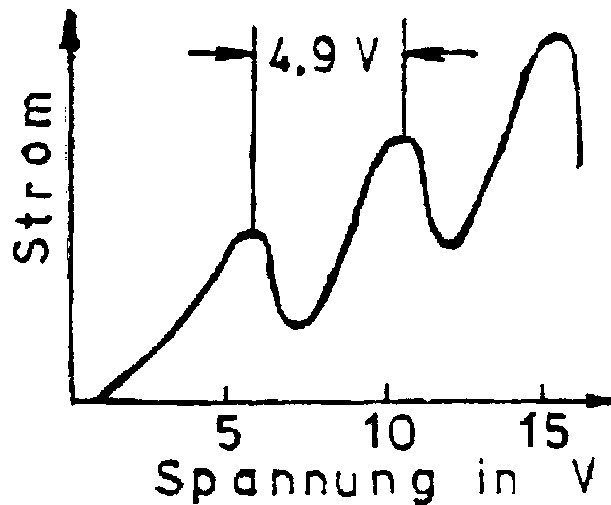


Abb. 4: Strom-Spannung-Kennlinie

Anodengitter G hindurch - haben daher genügend Energie, um gegen die Gegenspannung  $U_G$  anlaufen zu können. Wird nun aber die Beschleunigungsspannung  $U_B$  gerade so groß, dass die Energie  $eU_B$  der stoßenden Elektronen kurz vor dem Anodengitter G gerade ausreicht, das äußerste Elektron des Quecksilberatoms aus seinem Grundzustand auf seinen ersten anregbaren Energiezustand anzuheben, dann verlieren die Stoßelektronen so viel Energie, dass sie das Gegenfeld nicht mehr überwinden können. Der Auffängerstrom  $I$  sinkt folglich stark ab (vgl. Abb. 4). Das gleiche wiederholt sich, wenn die Energie der beschleunigten Elektronen gerade ausreicht, auf ihrem Weg zwischen Glühkathode K und Anodengitter G zwei, drei oder noch mehr Anregungsstöße auszuführen.

Bei Quecksilber ergeben sich lokale Maxima des Auffängerstroms  $I$  in Abständen der Beschleunigungsspannung  $U_B$  von 4,89V; das bedeutet, dass der erste anregbare Energiezustand des Quecksilberatoms 4,89 eV über dem Grundzustand liegt. Diese Anregungsenergie  $E$  von 4,89 eV entspricht gemäß folgender Gleichung mit  $c$  als Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (1.3)$$

einer Wellenlänge von  $\lambda = 253,7 \text{ nm}$ . Bei der spontanen Rückkehr des angeregten Hüllenelektrons in den Grundzustand sollte also ein Photon mit dieser Wellenlänge emittiert werden. Tatsächlich konnten Franck und Hertz bei ihrem Stoßversuch diese im Ultravio-

letten liegende Spektrallinie beobachten. Damit war zweifelsfrei nachgewiesen, dass die Spektrallinien als Elektronenübergänge zwischen diskreten Energiezuständen gemäß dem Bohrschen Atommodell zu verstehen sind.

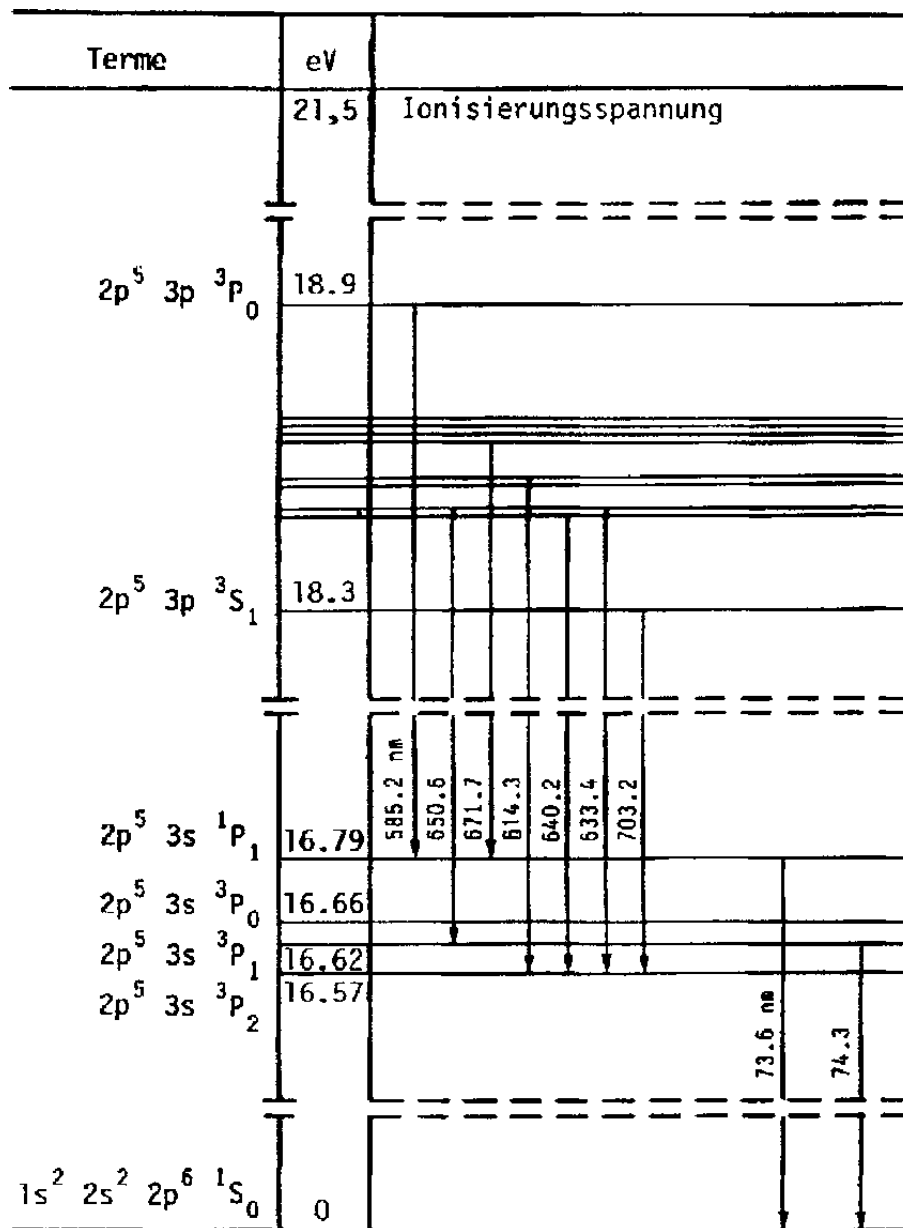


Abb. 5: Energieniveauschema von neutralem Neon

Auch Neonatome können durch Elektronenstoß angeregt werden. Ein Auszug aus dem Energieniveauschema von neutralem Neon ist in Abb. 5 dargestellt. Durch Elektronenstoß werden bevorzugt Zustände im Bereich zwischen 18,3 eV und 18,9 eV angeregt (wg. höhere Zustandsdichte und Auswahlregel). Im Gegensatz zu Quecksilber gehen die angeregten Atome durch Aussendung von Licht nicht direkt zurück in den Grundzustand. Sie geben zunächst nur etwa 2 eV spontan ab und gehen in Zustände zwischen 16,57 eV und 16,79 eV über. Licht, das bei diesen Übergängen abgestrahlt wird, liegt im sichtbaren Spektralbereich. Es enthält mehrere rote und gelbe Spektrallinien im Bereich von 585,2 nm (gelb) bis 703,2 nm (rot). Beim Franck-Hertz-Versuch kann dieses Licht als schwaches Leuchten beobachtet werden.



Wird die Beschleunigungsspannung  $U_B$ , wie bei der Versuchsdurchführung mit Quecksilber beschrieben, von 0 V ausgehend erhöht, so erreichen die Elektronen bei einer Beschleunigungsspannung  $U_B$  von etwa 19 V kurz vor dem Anodengitter G die nötige Energie, um Neonatome anzuregen (vgl. Abb. 3). Bei dieser Beschleunigungsspannung  $U_B$ , bei der der Auffängerstrom  $I$  abzufallen beginnt, beobachtet man am Anodengitter G eine schwach leuchtende Schicht. Mit steigender Beschleunigungsspannung  $U_B$  verschiebt sich diese Wechselwirkungszone zur Glühkathode K und der Auffängerstrom  $I$  wächst wieder an. Bei einer Beschleunigungsspannung  $U_B$  von ca. 38 V erscheint am Anodengitter G abrupt eine zweite, leuchtende Gasschicht während sich die andere etwa in der Mitte zwischen Glühkathode K und Anodengitter G befindet. In diesem Fall erreichen die Elektronen schon auf dem halben Weg zwischen beiden Elektroden eine Energie, die ausreicht Neonatome durch Stoß anzuregen. Sie werden dann erneut beschleunigt und sind dann kurz vor dem Anodengitter G energetisch ein zweites Mal zur Stoßanregung der Neonatome in der Lage. Wird die Beschleunigungsspannung  $U_B$  weiter erhöht, erscheint jeweils nach Erreichen eines Maximums in der Strom-Spannung-Charakteristik eine weitere leuchtende Schicht, während die früheren Schichten weiter in Richtung Glühkathode K gewandert sind.

## 2. Versuchsaufbau

### 2.1. Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber

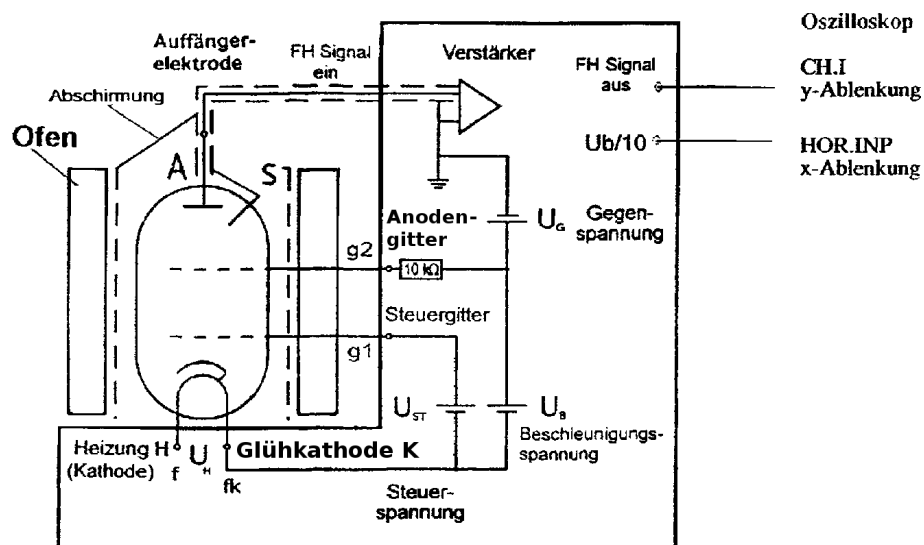


Abb. 6: Versuchsaufbau für Quecksilber: Schaltung der Franck-Hertz-Röhre im Ofen

Das Kernstück des Versuchsaufbaus ist die Franck-Hertz-Röhre. Sie befindet sich in einem Ofen. Ein Betriebsgerät enthält die Spannungsversorgung für die Röhre und einen empfindlichen Gleichstromverstärker für den Auffängerstrom  $I$ . Weiter gehören zur Messapparatur ein Oszilloskop sowie Geräte zur Temperatur- und Spannungsmessung.

Der Schaltplan für die Messapparatur ist in Abb. 6 dargestellt. Die Franck-Hertz-Röhre enthält im Inneren einen Tropfen Quecksilber sowie - von außen nach innen angeordnet - die folgenden zylinderförmigen Elektroden: Auffängerelektrode A, Anodengitter  $g_2$ , Steuergitter  $g_1$ , Glühkathode K (indirekt geheizt) und Heizfaden f.

Am besten gelingen die Messungen bei einem Quecksilberdampfdruck von etwa 1 kPa bis 2 kPa. Um diesen Dampfdruck zu erreichen, muss die Röhre auf eine Temperatur von etwa 220°C erhitzt werden. Daher befindet sich die Quecksilberöhre in einem Ofen, dessen Temperatur variiert werden kann. Eine Regelung hält die Ofentemperatur hinreichend konstant auf dem Wert, der mit dem Drehknopf (seitlich am Ofen) eingestellt wird.

## 2.2. Franck-Hertz-Versuch mit Neon

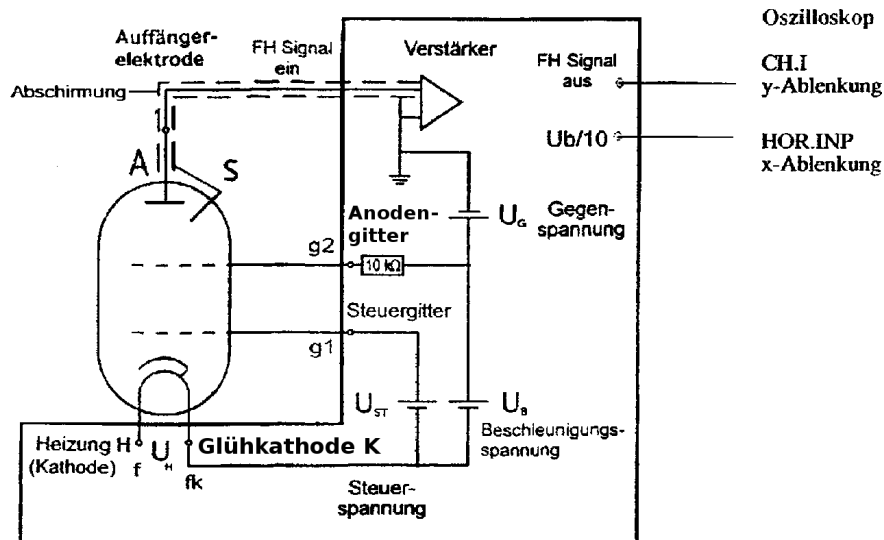


Abb. 7: Versuchsaufbau für Neon

Der Neongasdruck in der Franck-Hertz-Röhre beträgt einige hPa. Indirekt geheizte Glühkathode K, Steuergitter  $g_1$ , Anodengitter  $g_2$  und Auffängerelektrode A sind scheibenförmig. Sie sind planparallel übereinander angeordnet. Der Abstand zwischen Steuergitter  $g_1$  und Anodengitter  $g_2$  beträgt etwa 5 mm, die Abstände zwischen Glühkathode K und Steuergitter  $g_1$  sowie Anodengitter  $g_2$  und Auffängerelektrode A jeweils etwa 2 mm. Die Messschaltung der Röhre ist in Abb. 7 dargestellt.

## 3. Versuchsdurchführung

In der Wissenschaft ist das Erstellen eines detaillierten Versuchsprotokolls sehr wichtig, denn es macht den Ablauf Ihrer Arbeit für eine spätere Auswertung nachvollziehbar. Ebenso ist eine lückenlose Dokumentation wichtig, falls ein Experiment z.B. aufgrund neuer Erkenntnisse wiederholt werden soll. Auch können bei längeren Experimenten Probleme auftauchen, und Ihre Partner müssen die genaue Vorgeschichte nachlesen können. So ist in erster Linie der Inhalt des Protokolls wichtig, nicht seine äußere Form. Allerdings soll es auch für andere nachvollziehbar sein und muß deshalb übersichtlich und sauber geführt werden.

Skizzieren Sie zunächst den Versuchsaufbau sowie ggf. einen Schaltplan und beschriften Sie die Zeichnung mit relevanten Informationen (z.B.: Abmessungen, verwendete Substanzen, ...). Alle weiteren Eintragungen in Ihr Versuchsprotokoll müssen zeitnah und deshalb

während der Versuchsdurchführung erfolgen: Schreiben Sie sich hierzu wichtige Beobachtungen auf und dokumentieren Sie alle erforderlichen Versuchsparameter (z.B.: Ströme, Spannungen, Widerstände, ...) zusammen mit den Einstellungen der Netzteile und Messgeräte (z.B.: Strom-, Spannungsbereiche, Wechsel- oder Gleichspannung, ...). Vergessen Sie dabei bitte nicht Ihre Messwerte aufzuschreiben! Notieren Sie sich ferner auch Ideen bzw. Dinge, die Sie nicht verstehen.

### 3.1. Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber

Führen Sie den Schaltungsaufbau gemäß Abb. 6 durch.

**ACHTUNG: Vor dem Einschalten eines Geräts bitte die Schaltung von Ihrem Betreuer überprüfen lassen!**

Heizen Sie den Ofen auf etwa  $220^{\circ}\text{C}$ . Sobald der Ofen diese Temperatur erreicht hat, stellen Sie die Beschleunigungsspannung  $U_B$  auf 0 V ein und schalten Sie erst dann das Betriebsgerät an. Beachten Sie zudem, daß die Heizspannung  $U_H$  an der Glühkathode K einen Wert von 8 V nicht überschreiten darf!

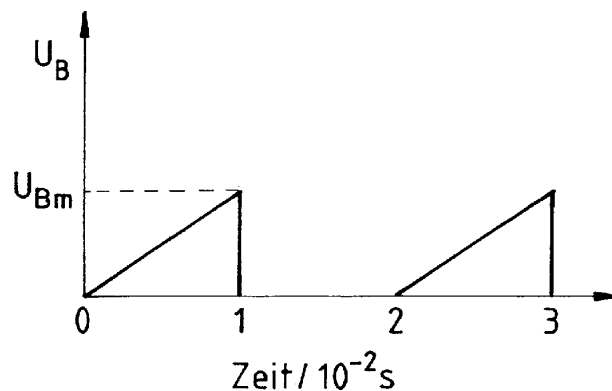


Abb. 8: Zeitlicher Verlauf der Beschleunigungsspannung

Zunächst muss versucht werden, durch geeignete Wahl der verschiedenen an der Röhre anliegenden Spannungen eine Strom-Spannung-Kennlinie mit möglichst vielen deutlich ausgeprägten, lokalen Maxima und Minima zu erhalten. Dazu wird die Möglichkeit benutzt, die Beschleunigungsspannung  $U_B$  während  $1/100\text{ s}$  annähernd linear von 0 V bis zu einem maximalen Wert  $U_{Bm}$  ansteigen zu lassen. Die Wiederholfrequenz für diesen Vorgang beträgt 50 Hz (vgl. Abb. 8). Bringen Sie für diese Betriebsart den Schalter am Betriebsgerät unterhalb des Reglers für die Spannung in seine rechte Stellung. Beim hier verwendeten Betriebsgerät steigt die Beschleunigungsspannung  $U_B$  nicht linear mit der Zeit an, wie in Abb. 8 angegeben, was jedoch für die Messung ohne Bedeutung ist<sup>1</sup>. Der Maximalwert  $U_{Bm}$  kann auf Spannungen zwischen 0 V und 70 V eingestellt werden.

**ACHTUNG: Bei diesem Versuch mit der Quecksilberröhre darf die maximale Beschleunigungsspannung  $U_{Bm}$  nie höher als 45 V sein, sonst tritt in der Röhre Ionisation**

<sup>1</sup>Warum?

**ein!**

Die Abhängigkeit des Auffängerstroms  $I$  von der Beschleunigungsspannung  $U_B$  wird auf dem Bildschirm eines Oszilloskops sichtbar gemacht (Franck-Hertz-Kurve) und die Anregungsenergie daraus bestimmt. Die dem Auffängerstrom  $I$  proportionale Anzeigespannung am Messverstärkerausgang wird an den Eingang „CH.I“ des Oszilloskops für die y-Ablenkung gelegt. Die Beschleunigungsspannung  $U_B$  bestimmt die x-Ablenkung des Elektronenstrahls. Verbinden Sie die Buchse „x-Ablenk.“ des Betriebsgeräts, an der  $U_B/10$  liegt, mit dem Eingang „HOR. INP“ des Kanals II, und schalten Sie das Oszilloskop auf X-Y-Betrieb. Bei geeigneten Werten der verschiedenen Betriebsspannungen an der Franck-Hertz-Röhre, die dem Datenblatt beim Versuch zu entnehmen sind, erscheint auf dem Bildschirm des Oszilloskops eine Kurve, die ähnlich der Abb. 4 abwechselnd lokale Maxima und Minima aufweist. Verändern Sie vorsichtig die Gegenspannung  $U_G$  zwischen Anodengitter  $g_2$  und Auffängerelektrode A bis mindestens vier lokale Maxima der Franck-Hertz-Kurve im Bereich der Beschleunigungsspannung  $U_B$  von 0V bis 40V besonders deutlich zu erkennen sind.

Bei unzureichendem Dampfdruck, also bei zu kalter Röhre, geben nicht alle Elektronen mit einer Energie von 4,89 eV diese an Quecksilberatome ab; sie können höhere Energiebeträge ansammeln und schließlich eine Ionisierung und somit eine unerwünschte Gasentladung hervorrufen. Die Gasentladung ist an einem sprunghaften Anstieg des Auffängerstroms  $I$  zu erkennen. Bei zu hohem Dampfdruck, also bei zu heißer Röhre, werden die Elektronen durch elastische Stöße mit den Quecksilberatomen so stark gestreut, dass der Auffängerstrom  $I$  für alle Beschleunigungsspannungen  $U_B$  sehr klein ist. Die lokalen Maxima und Minima sind dadurch schlecht oder gar nicht auszumachen. Je schärfer sie ausgeprägt sind, desto genauer ist die Messung ihrer gegenseitigen Abstände.

Die diesen Abständen entsprechende Spannungsdifferenz ist die Größe, die schließlich gemessen werden soll. Die Strom-Spannung-Charakteristik auf dem Bildschirm eignet sich, um die verschiedenen Röhrenparameter zu optimieren. Um daraus Werte für die Beschleunigungsspannung  $U_B$  zu entnehmen, müsste die x-Ablenkung kalibriert werden. Die Spannungsdifferenzen zwischen den lokalen Maxima werden deshalb auf andere Weise gemessen.

Die Beschleunigungsspannung  $U_B$  steht am Betriebsgerät auch als Gleichspannung zur Verfügung und kann von Hand geregelt werden. Dazu bringen Sie den Schalter unterhalb des Regelknopfs bitte in die linke Stellung und schalten Sie das Oszilloskop auf Gleichspannungsbetrieb (DC) um. Die Beschleunigungsspannung  $U_B$  wird nun zwischen den Buchsen „ $U_B/10$ “ („x-Ablenk.“) und Masse mit einem Digitalvoltmeter (Vielfachmessgerät) gemessen. An diesem Ausgang liegt nur  $U_B/10$  an. Mit Hilfe des  $U_B$ -Spannungsreglers kann man die gesamte Strom-Spannung-Kurve von Hand durchfahren. Ermitteln Sie auf diese Weise die Lage der lokalen Maxima sowie Minima und messen Sie die dazugehörigen Spannungswerte.

Skizzieren Sie diese Franck-Hertz-Kurve von Hand und notieren Sie sich alle für die spätere Versuchsauswertung notwendigen Parameter.

### 3.2. Franck-Hertz-Versuch mit Neon

Eine Heizung der Röhre entfällt. Optimieren Sie zunächst die Einstellung der Betriebsdaten, indem Sie die Beschleunigungsspannung  $U_B$  periodisch variieren wie in Kap. 3.1. beschrieben. Messen Sie anschließend mit Oszilloskop und Spannungsmesser die Lage der lokalen Maxima und Minima der Franck-Hertz-Kurve. Beobachten Sie die Lichtemission nach der Elektronenstoßanregung im Raum zwischen den Gittern. Nach jedem Maximum kommt eine neue leuchtende Schicht hinzu.

**Hinweis: Vergessen Sie am Ende des Versuchs bitte nicht den Abbau der Schaltung!**

## 4. Versuchsauswertung

Fertigen Sie, wie in Kap. 5. beschrieben, als Versuchsauswertung bitte eine Forschungspräsentation an. Dokumentieren Sie hierzu Ihre Ergebnisse aus der Versuchsdurchführung, diskutieren Sie diese sowie gegebenenfalls entstandene Auffälligkeiten ausführlich.

### 4.1. Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber

1. Bestimmen Sie den Mittelwert der aus jeweils zwei benachbarten, lokalen Maxima sich ergebenden Spannungsdifferenzwerte. Berechnen Sie aus der erhaltenen Anregungsspannung die Wellenlänge  $\lambda$  der resultierenden Emissionslinie ( $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$  und  $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ).

### 4.2. Franck-Hertz-Versuch mit Neon

1. Bearbeiten Sie die Aufgabe aus Kap. 4.1. entsprechend für Neon.

## 5. Forschungspräsentation

Auf Fachkonferenzen ist es üblich, die eigenen Forschungsergebnisse durch einen Vortrag und ein detailliertes Poster im Format DIN A0 zu präsentieren (vgl. Abb. 9). Diese Poster müssen inhaltlich fehlerfrei sein sowie optisch ansprechend und übersichtlich gestaltet werden, damit ein(e) Konferenzteilnehmer/-in zum Lesen angeregt wird und zudem das Wesentliche in kurzer Zeit erfassen kann. Ein solches Poster gliedert sich deswegen in

- eine aussagekräftige Überschrift,
- eine alphabetisch sortierte Autorenliste (z.B.: A. Bugl, C. Clemens, ...),
- eine Auflistung der beteiligten Forschungsinstitute bzw. Gymnasien,
- eine Einführung in die physikalischen Grundlagen des Versuchs (I),
- eine detaillierte Beschreibung des Versuchsaufbaus u.a. anhand von Skizzen und Schaltplänen (II),

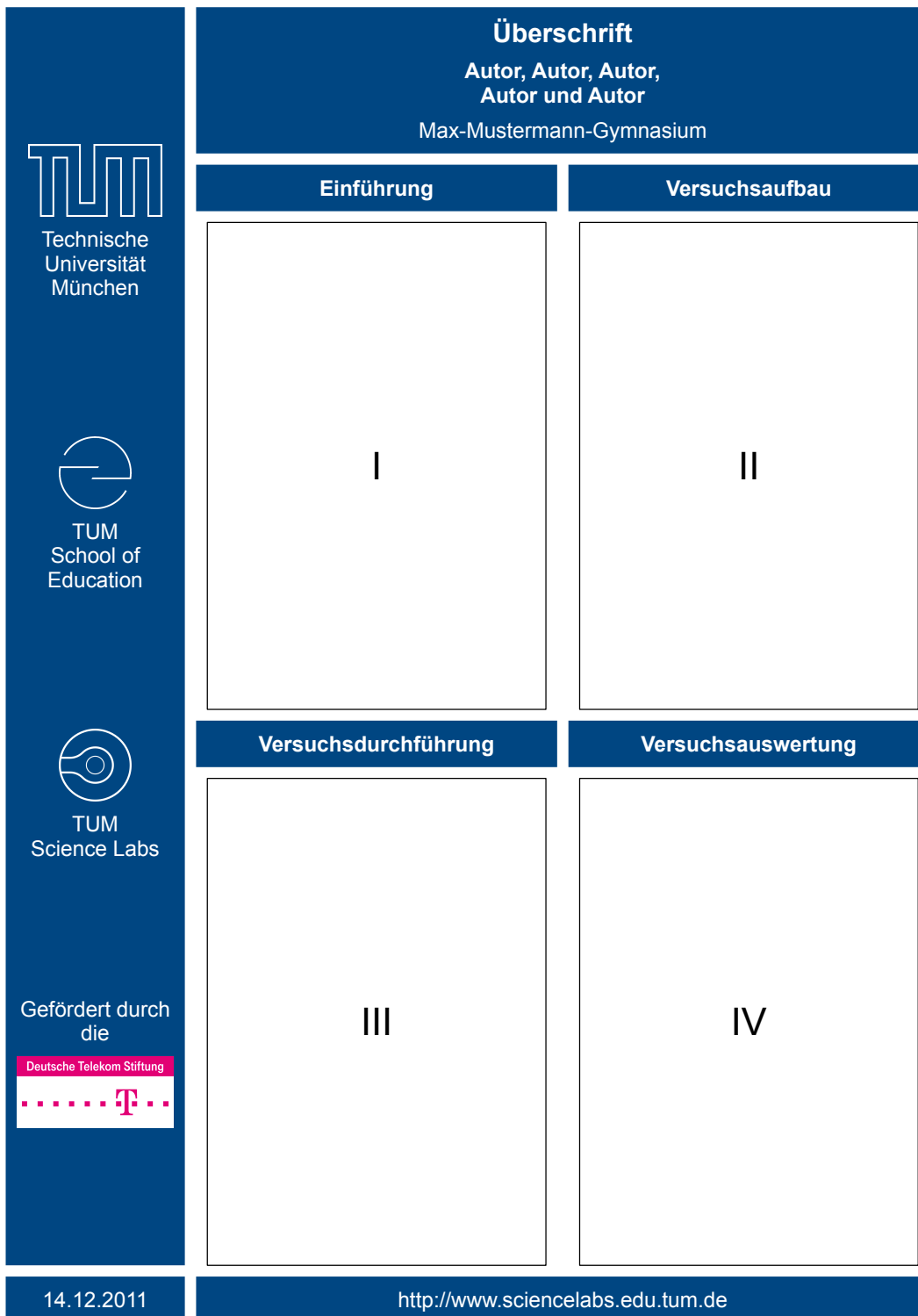


Abb. 9: Forschungspräsentation: Struktur und Aufbau eines Posters

- eine Erläuterung der Versuchsdurchführung mit wichtigen Beobachtungen, allen erforderlichen Versuchsparametern und einer tabellarischen Aufstellung der Messwerte (III) sowie
- eine Versuchsauswertung mit Angabe der verwendeten Formeln, einer Beschreibung der angewandten Methoden (Wie haben Sie die Daten ausgewertet?), einer übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse anhand von Diagrammen sowie einer

Diskussion bzw. Interpretation der Ergebnisse, wobei letzteres eine physikalische Erklärung der gemachten Beobachtungen und mögliche Folgerungen, die aus den gewonnen Ergebnissen gezogen werden können, umfasst (IV).

Diese vorgegebene Struktur hat sich über die Jahre hinweg bewährt und wird deswegen in der Forschung bevorzugt verwendet.

Fertigen Sie als Versuchsauswertung bitte ein solches Poster an und gehen Sie dazu wie nachfolgend beschrieben vor:

1. Überlegen Sie sich zunächst gemeinsam eine aussagekräftige Überschrift und versetzen Sie sich dabei in die Lage des Forschenden, der bzw. die auf seine bzw. ihre neuartige Entdeckung aufmerksam machen möchte.
2. Öffnen Sie dann ein neues OpenOffice-Textdokument und notieren Sie sich darin die Überschrift auf die Sie sich geeinigt haben.
3. Erstellen Sie im gleichen Dokument eine vollständige Namensliste der beteiligten Schüler/-innen und fügen Sie diesem Dokument auch den Namen und den Ort Ihres Gymnasiums bei.
4. Speichern Sie nun dieses Dokument in einem beliebigen Verzeichnis unter der Kurzbezeichnung des Versuchs (z.B.: SEL.odt) ab.
5. Überlegen Sie sich jetzt, wie Sie sich die Abschnitte I bis IV untereinander aufteilen. Jedes Team erstellt im Anschluss daran für seinen Abschnitt ein zweites OpenOffice-Textdokument. Übernehmen Sie für dieses Dokument die Standardvorgaben von OpenOffice und ändern Sie nur folgende Einstellungen:
  - Papierformat: Breite: 30,09 cm (= 11,85"), Höhe: 43,26 cm (= 17,03")
  - Papierausrichtung: Hochformat
  - Seitenränder: links, rechts, oben und unten: 0,00 cm (= 0,00")
  - Schrift: -art: Arial, -größe: 36 pt, -stil: normal, -farbe: schwarz
  - Absatzausrichtung: Blocksatz

Speichern Sie am Ende dieses Dokument in einem beliebigen Verzeichnis unter der Kurzbezeichnung des Versuchs und der arabischen Nummer des bearbeiteten Abschnitts (z.B.: SEL1.odt) ab.

6. Die weitere Gestaltung und der genaue Inhalt Ihres Abschnitts ist frei und somit Ihnen überlassen. Bemühen Sie sich jedoch Ihren Abschnitt vollständig auszufüllen bzw. den vorhandenen Platz komplett auszunutzen.

Versuchen Sie sich beim Formulieren möglichst prägnant und unmissverständlich auszudrücken. Diskutieren Sie jedoch die physikalischen Grundlagen, den Versuchsaufbau, Ihre Beobachtungen und Messungen sowie Ihre Vorgehensweise und

Ergebnisse ausführlich. Beantworten Sie zudem die Fragestellungen der Versuchsanleitung und formulieren Sie deutlich die Zielsetzung (d.h. Sinn und Zweck) des Versuchs.

Fügen Sie zur Veranschaulichung ausreichend Skizzen, Photos, Messwerttabellen und Diagramme ein.

Denken Sie bei der Gestaltung des Posters daran, daß es sich um eine Forschungspräsentation handelt mit der Sie auf Ihre Ergebnisse aufmerksam machen wollen und vor allem Interesse an Ihrer Arbeit wecken möchten.

7. Der Praktikumsleiter wird aus den einzelnen Abschnitten ein gemeinsames Poster im Format DIN A0 zusammenstellen und es Ihnen sobald wie möglich als Datei sowie ausgedruckt per Post zuschicken. Sie können es dann in Ihrem Klassenzimmer oder in Ihrer Schule aufhängen.