

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Phone +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107

 Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien.

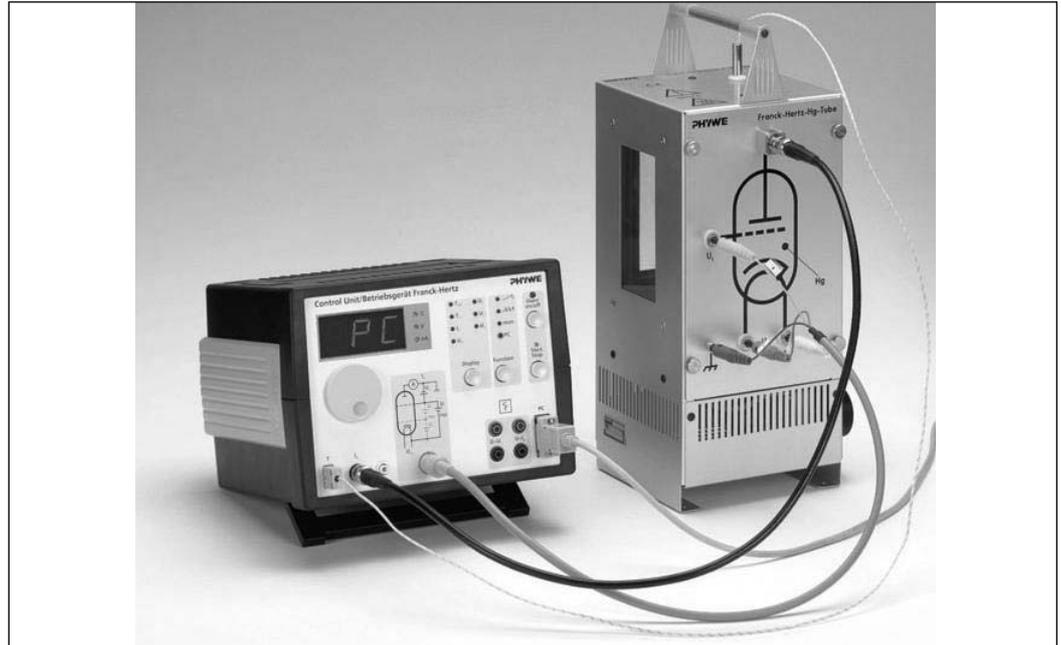


Abb.: 1 Franck-Hertz Experiment mit Hg-Röhre und Ofen

Betriebsanleitung

1 SICHERHEITSHINWEISE



- Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.
- Achten Sie darauf, dass die auf dem Typenschild des Gerätes angegebene Netzspannung mit der Ihres Stromnetzes übereinstimmt.
- Das Gerät ist so aufzustellen, dass Netzschalter bzw. Gerätestecker frei zugänglich sind. Die Lüftungsschlitze des Gerätes dürfen nicht abgedeckt werden.
- Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den dafür vorgesehenen Zweck.

2 ZWECK UND BESCHREIBUNG

Das Franck-Hertz-Betriebsgerät ist ein speziell für die Erfordernisse der Physikausbildung in Schule und Hochschule entwickeltes Demonstrations- und Praktikumsgesetz. Es dient zur Spannungsversorgung und Ansteuerung der angeschlossenen Hg- bzw. Ne-Röhre sowie zur Messung von Temperatur und Anodenstrom. Der Verlauf der Abhängigkeit des Anodenstroms von der angelegten Beschleunigungsspannung liefert den Nachweis der diskreten Energieabgabe freier Elektronen beim Zusammenstoß mit Hg- bzw. Ne-Atomen. Die Anregungsenergie dieser Atome lässt sich aus den aufgezeichneten Spektren bestimmen. Mit Hilfe des Franck-Hertz-Versuchs (nach James Franck und Gustav Hertz) von 1913/14 wurde das von Bohr postulierte Schalenmodell des Atoms experimentell bestätigt.

Das Franck-Hertz-Betriebsgerät ist mit einer festen Betriebsspannung von 115 V oder 230 V (\pm Toleranz) zu versorgen. Der Anschluss über einen Stelltrafo ist nicht erlaubt. Aus dieser Versorgungsspannung erzeugt das Gerät die Beschleunigungsspannung U_1 , die Gegenspannung U_2 , die Steuerspannung U_3 (nur für Ne-Röhre) und die Heizspannung U_H . All diese Spannungen sind nicht berührungsfähig und werden über ein 5-poliges Kabel an die Röhren angelegt. Die Kabel sind kodiert, wodurch das Betriebsgerät den Typ der angeschlossenen Röhre erkennt und die Grundeinstellungen vornimmt.

Alle einstellbaren und messbaren Observablen können mit Hilfe eines 3-stelligen LED-Displays angezeigt werden. Die Darstellung und Auswertung der Messwerte kann alternativ manuell, mit Hilfe eines Oszilloskops, eines xyt-Schreibers oder über die RS 232-Schnittstelle mit Hilfe der Franck-Hertz Measure Software erfolgen.

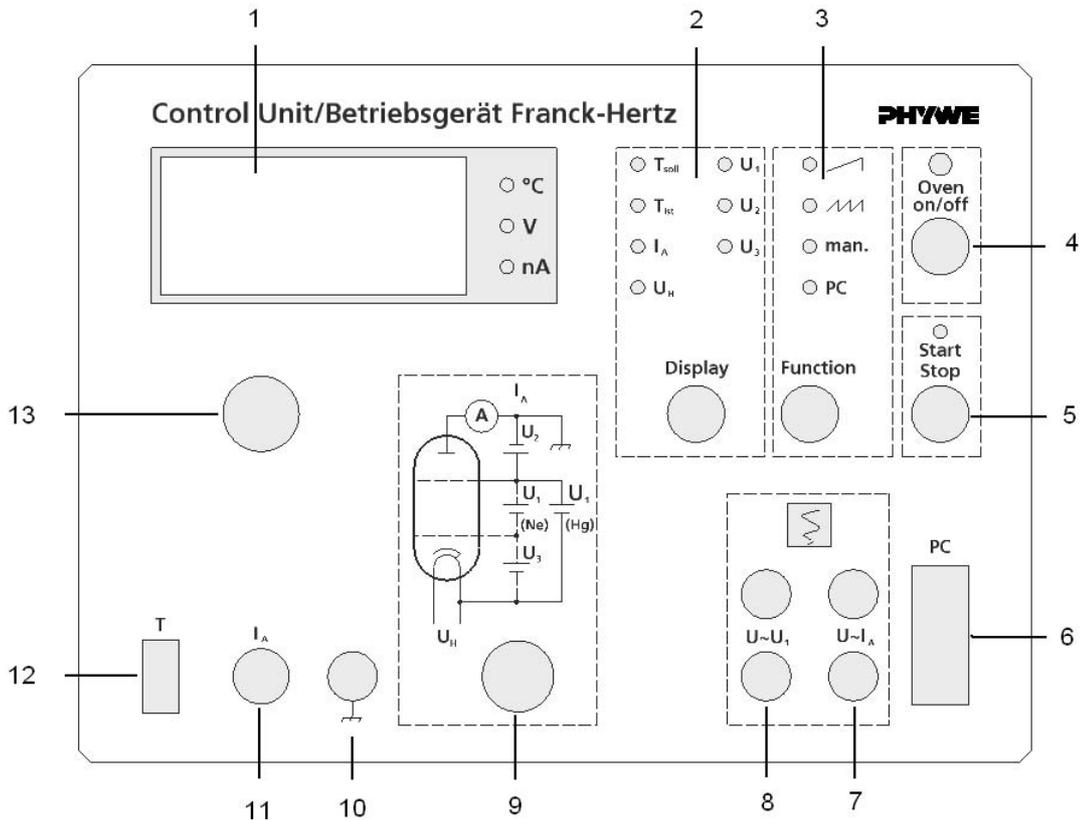


Abb.: 2 Franck-Hertz Betriebsgerät

3 HANDHABUNG

3.1 Funktions- und Bedienelemente (Abb. 2)

- 1 Dreistellige Digitalanzeige zur wahlweisen Anzeige von Temperatur T , Anodenstrom I_A , Spannungen U_H , U_1 , U_2 und U_3 .
- 2 Tastschalter "Display" zur Auswahl der in der Anzeige dargestellten Größe.
- 3 Tastschalter "Function" zur Auswahl der Funktionen: "Rampe", "Sägezahn", "Manuelle Ansteuerung" oder "PC-Ansteuerung".
- 4 Tastschalter "Oven on/off" zur Aktivierung der Heizung des Hg-Ofens.
- 5 Tastschalter "Start/Stop" zur Aktivierung oder zum Beenden der Messung.
- 6 9-polige D-SUB-Buchse RS 232 zum Anschluss des Betriebsgerätes an die serielle Schnittstelle eines Computers.
- 7 4mm-Buchsen-Paar " $U \sim I_A$ " Analog-Ausgang (Y): Spannung proportional zum Anodenstrom.
- 8 4mm-Buchsen-Paar " $U \sim U_1$ " Analog-Ausgang (X): Spannung proportional zur Beschleunigungsspannung U_1 .
- 9 DIN-Buchse zur Spannungsversorgung (U_H , U_1 , U_2 und U_3) der angeschlossenen Röhre.
- 10 GND-Anschluss
- 11 BNC-Buchse " I_A " Eingang zur Messung des Anodenstroms.
- 12 Temperatureingang T Thermoelement-Buchse, an die ein NiCr-Ni-Thermoelement mit DIN-Stecker (Typ K) angeschlossen werden kann.
- 13 Drehknopf zur Einstellung von Temperatur ($T_{nom.}$) und Spannungen (U_H , U_1 , U_2 und U_3).
- 14 Auf der Rückseite des Betriebsgerätes: Schukosteckdose zur Spannungsversorgung des temperaturgeregelten Franck-Hertz Ofens für die Hg-Röhre.

3.2 Inbetriebnahme

Das Betriebsgerät wird mit Hilfe der mitgelieferten Geräteanschlussleitung an das Wechselstromnetz (115 V oder 230 V) angeschlossen und durch den auf der Rückseite befindlichen Netzschalter eingeschaltet.

Die Hg- bzw. Ne-Röhre über 5-poliges Kabel und BNC-Kabel mit dem Betriebsgerät verbinden [Anschlüsse (9) und (11)]. Bei der Verbindung der Hg-Franck-Hertz Röhre ist darauf zu achten, dass die Beschriftungen der 4 mm-Stecker mit denen der Buchsen auf der Platte übereinstimmen (siehe Abb. 1). Für den Betrieb der Hg-Röhre ist zusätzlich ein Temperatursensor (12) anzuschließen. Die Fühlerspitze wird durch die Öffnung im Franck-Hertz Ofen geführt und in der Höhe der Röhren-Kathode positioniert. Des Weiteren ist der Ofen mittels der Anschlussleitung mit der Schukosteckdose auf der Rückseite des Betriebsgerätes zu verbinden. Hierbei ist zu beachten, dass die Anschlussspannung des Ofens mit der örtlichen Netzspannung übereinstimmt. **Der seitlich am Ofen befindliche Drehknopf ist auf Maximum zu stellen.** Hierdurch wird gewährleistet, dass der Bimetallschalter im Ofen erst bei sehr hohen Temperaturen aktiviert wird und den Ofen abschaltet, und somit den Regelprozess nicht stört. Zur Erfassung und Darstellung der Messwerte die Ausgänge (7) und (8) an einen xyt-Schreiber oder an einen Oszilloskop anschliessen. Für die Messung mit Hilfe eines Computers ist das Betriebsgerät über ein RS 232-Kabel mit der seriellen Schnittstelle zu verbinden (falls notwendig einen USB - RS 232 Adapter 14602.10 verwenden).

3.2.1 Manuelle Versuchsdurchführung

Werte in [] sind typische Werte, mit denen eine Messkurve erfolgreich aufgenommen werden sollte.

Wenn der Auffängerstrom zu hoch ist (beim Zünden), dann wird die Messung durch das Franck-Hertz-Betriebsgerät nach 7 sec. unterbrochen, um die Röhre vor Beschädigungen zu schützen. Um das Zünden des Rohres zu vermeiden, verändere die Parameter U₂, U₃ und U_H wie folgt: reduziere die Heizspannung U_H und reduziere U₃.

Versuch mit Hg-Röhre

A) Komponenten (wie in 3.2 beschrieben) verbinden. Mittels Netzschalter Betriebsgerät einschalten. In Abhängigkeit der angeschlossenen Röhre sind im Gerät Vorgabewerte aktiviert. So sind u.a. die Heizungs-Spannung U_H auf 6,3 V voreingestellt und der Bereich der Beschleunigungsspannung U₁ auf 60 V begrenzt.

B) Mit dem Tastschalter (2) und Drehknopf (13) folgende Parameter einstellen.

- Soll -Temperatur T_{nom.} [175 ± 10 °C];
- U_H [6.3 ± 0.5 V];
- U₁ [0 ... 60 V];
- U₂ [2.0 ± 0.5 V];
- U₃ ist für die Hg-Röhre nicht erforderlich

C) Mit dem Tastschalter (4) den Ofen einschalten. Die Ist-Temperatur "T_{act.}" hat den Wert der Soll-Temperatur erst dann erreicht (Abweichung ca. ± 2 °C), wenn die rote LED oberhalb des Tastschalters (4) nicht mehr blinkt.

D) Mit dem Tastschalter (3) "Manuell" einstellen. Mit dem Tastschalter (5) die Messung starten.

Versuch mit Ne-Röhre

Hier ist keine Heizung notwendig.

A) Komponenten (wie in 3.2 beschrieben) verbinden. Mittels Netzschalter Betriebsgerät einschalten.

B) Mit dem Tastschalter (2) und Drehknopf (13) folgende Parameter einstellen.

- die Soll-Temperatur nicht erforderlich;
- U_H [7.5 ± 0.5 V];
- U₁ [0 ... 99.9 V];
- U₂ [8 ± 1 V];
- U₃ [2 ± 1 V].

C) Mit dem Tastschalter (3) "Manuell" einstellen. Mit dem Tastschalter (5) die Messung starten.

Ein typisches Bild der Leuchtschichten bei Ne-Rohr ist in Abb. 3 zu sehen. Die sichtbaren Leuchtschichten (Wellenlänge beträgt ca. 640 nm und entspricht etwa 2 eV) entstehen, wenn die durch Elektronenstöße angeregten Ne-Atome aus den 3p-Zuständen (ca. 19 eV) über die 3s-Zustände (ca. 17 eV) wieder in den Grundzustand übergehen.

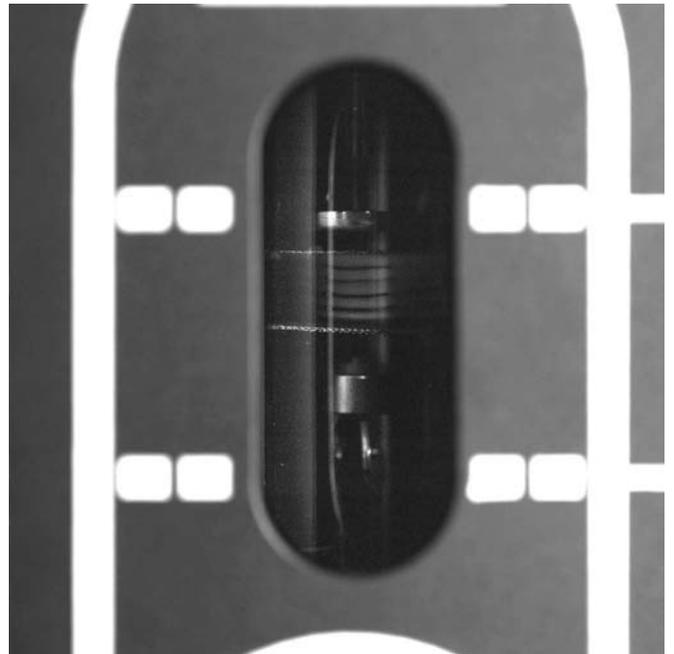


Abb.: 3 Franck-Hertz-Experiment mit Ne-Röhre:
Fünf typische Leuchtschichten

3.2.2 Versuchsdurchführung mit dem Oszilloskop

Versuch mit Hg-Röhre

A) Komponenten (wie in 3.2 beschrieben) verbinden. Mittels Netzschalter Betriebsgerät einschalten.

B) Mit dem Tastschalter (2) und Drehknopf (13) folgende Parameter einstellen.

- Soll-Temperatur $T_{\text{nom.}}$ [$175 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$];
- U_H [$6.3 \pm 0.5 \text{ V}$];
- U_1 [0 ... 60 V];
- U_2 [$2.0 \pm 0.5 \text{ V}$];
- U_3 ist für die Hg-Röhre nicht erforderlich

C) Mit dem Tastschalter (4) den Ofen einschalten. Die Soll-Temperatur ist erst dann erreicht, wenn die rote LED oberhalb des Tastschalters (4) nicht mehr blinkt.

D) Mit dem Tastschalter (3) "Sägezahn" einstellen. Ausgänge (7) und (8) mit dem Oszilloskop verbinden und am Oszilloskop den XY-Betriebsmode auswählen. Mit dem Tastschalter (5) die Messung starten. Die eingestellten Spannungen U_1 und U_2 werden im "Sägezahn"-Betrieb mit einer Frequenz von 28 Hz am Hg-Rohr angelegt. Ein dabei typisch entstehendes Franck-Hertz-Bild ist in Abb. 4 gezeigt.

Versuch mit Ne-Röhre

A) Komponenten (wie in 3.2 beschrieben) verbinden. Mittels Netzschalter Betriebsgerät einschalten.

B) Mit dem Tastschalter (2) und Drehknopf (13) folgende Parameter einstellen.

- die Soll-Temperatur nicht erforderlich;
- U_H [$7.5 \pm 0.5 \text{ V}$];
- U_1 [0 ... 99.9 V];
- U_2 [$8 \pm 1 \text{ V}$];
- U_3 [$3 \pm 1 \text{ V}$].

C) Mit dem Tastschalter (3) "Sägezahn" einstellen. Ausgänge (7) und (8) mit dem Oszilloskop verbinden und am Oszilloskop den XY-Betriebsmode auswählen. Mit dem Tastschalter (5) die Messung starten. Sägezahnmessung könnte nach 7 sec. automatisch unterbrochen werden, um die Röhre vor Beschädigungen zu schützen, wenn zu hohe Ströme fließen. Die Messung kann dann mit Tastschalter (5) jederzeit wiederholt werden.

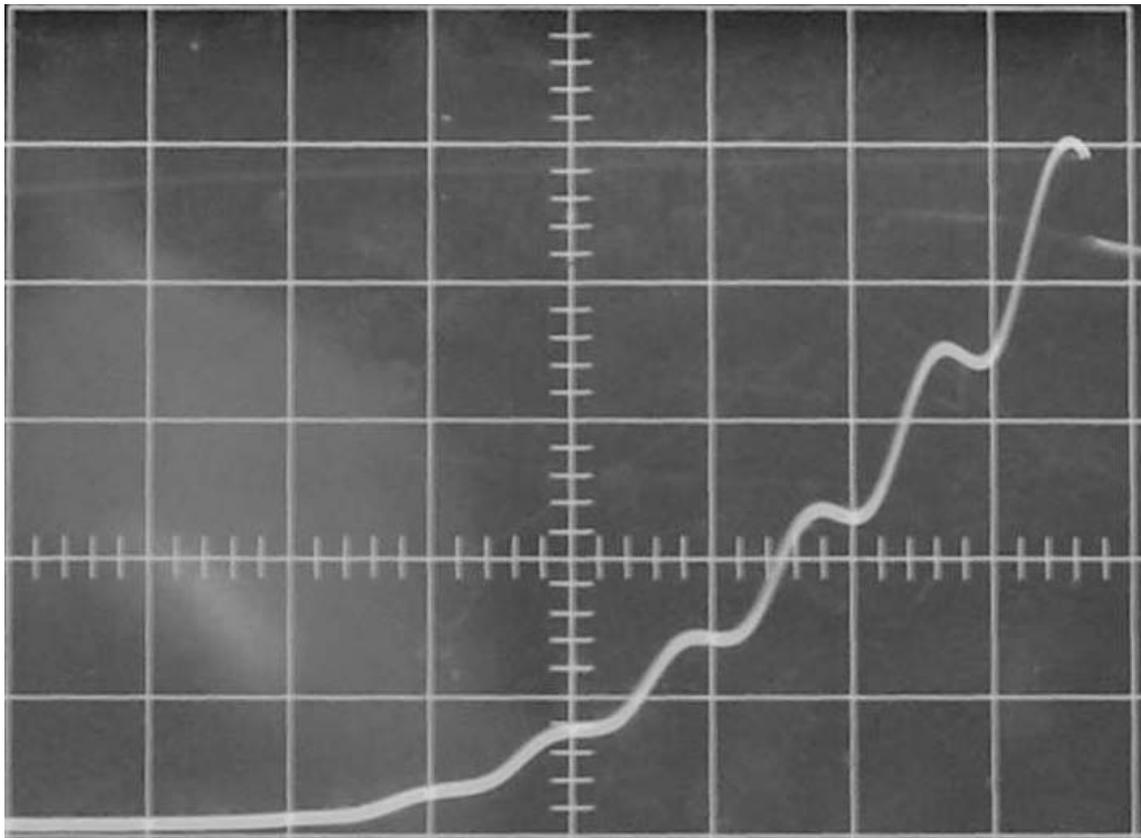


Abb.: 4 Franck-Hertz-Experiment mit Hg-Röhre: Sägezahnmessung mit Oszilloskop

3.2.3 Versuchsdurchführung mit xyt-Schreiber

Versuch mit Hg-Röhre

A) Komponenten (wie in 3.2 beschrieben) verbinden. Mittels Netzschalter Betriebsgerät einschalten.

B) Mit dem Tastschalter (2) und Drehknopf (13) folgende Parameter einstellen.

- Soll -Temperatur $T_{\text{nom.}}$ [$175 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$];
- U_H [$6.3 \pm 0.5 \text{ V}$];
- U_1 [0 ... 60 V];
- U_2 [$2.0 \pm 0.5 \text{ V}$];
- U_3 ist für die Hg-Röhre nicht erforderlich

C) Mit dem Tastschalter (4) den Ofen einschalten. Die Soll-Temperatur ist erst dann erreicht, wenn die rote LED oberhalb des Tastschalters (4) nicht mehr blinkt.

D) Mit dem Tastschalter (3) "Rampe" einstellen.

E) Ausgang (7) an den Y-Eingang, Ausgang (8) an den X-Eingang eines Schreibers anschließen.

F) Mit dem Tastschalter (5) die Messung starten.

Im Betrieb "Rampe" wird die Beschleunigungsspannung von 0 V bis U_{1_max} innerhalb von 20 sec automatisch durchgeführt. Wenn der Maximalwert der Beschleunigungsspannung erreicht ist, blinkt die grüne LED oberhalb des Tastschalters (5).

Im manuellen Betrieb sollte U_1 mittels Tastschalter (2) ausgewählt und mit Drehknopf (13) von 0 V bis U_{1_max} verändert werden. In dieser Betriebsart können die Parameter auch nach dem Start der Messung durch Tastschalter (5) variiert werden.

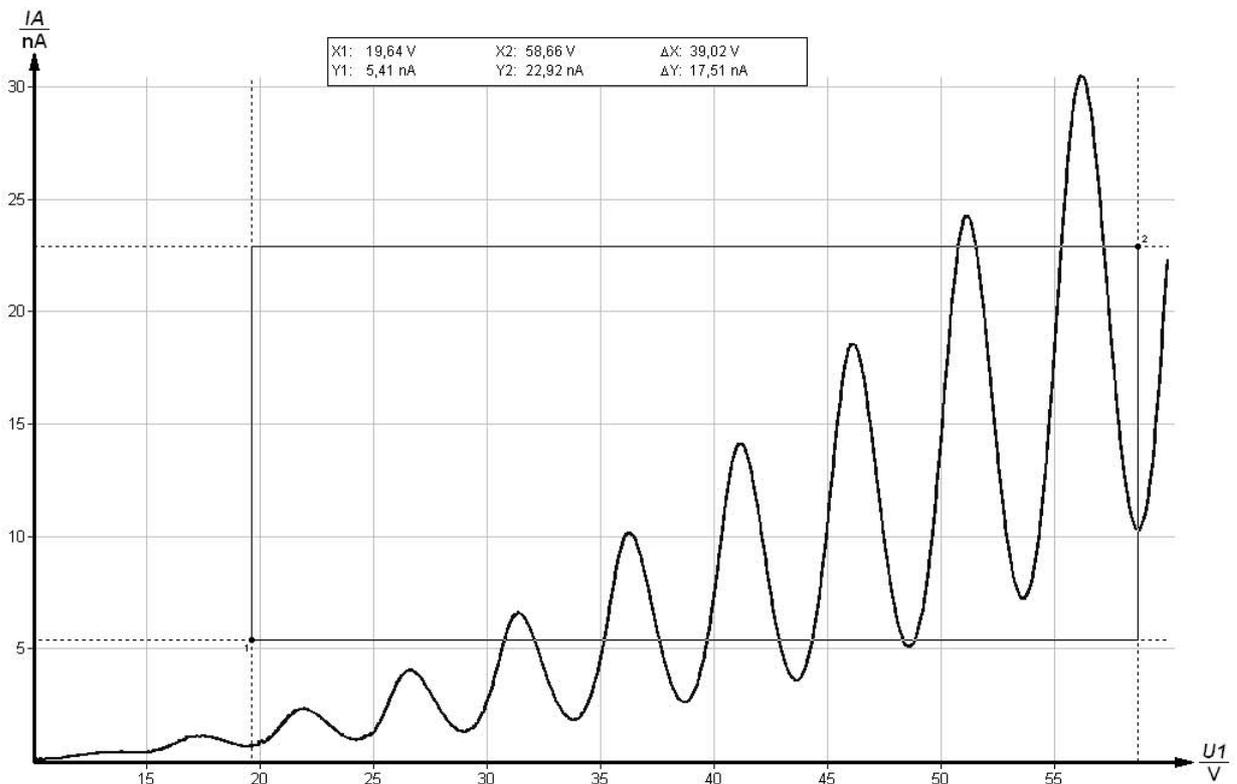


Abb.: 5 Franck-Hertz-Kurve Hg

Versuch mit Ne-Röhre

A) Komponenten (wie in 3.2 beschrieben) verbinden. Mittels Netzschalter Betriebsgerät einschalten.

B) Mit dem Tastschalter (2) und Drehknopf (13) folgende Parameter einstellen.

- die Soll-Temperatur nicht erforderlich;
- U_H [7.5 ± 0.5 V];
- U_1 [0 ... 99.9 V];
- U_2 [8 ± 1 V];
- U_3 [2 ± 1 V].

C) Mit dem Tastschalter (3) "Rampe" einstellen.

D) Ausgang (7) an den Y-Eingang, Ausgang (8) an den X-Eingang eines Schreibers anschließen.

E) Mit dem Tastschalter (5) die Messung starten.

Im Betrieb "Rampe" wird die Beschleunigungsspannung von 0 V bis U_1_max innerhalb von 20 sec automatisch durchgeführt. Wenn der Maximalwert der Beschleunigungsspannung erreicht ist, blinkt die grüne LED oberhalb des Tastschalters (5).

Im manuellen Betrieb sollte U_1 mittels Tastschalter (2) ausgewählt und mit Drehknopf (13) von 0 V bis U_1_max verändert werden. In dieser Betriebsart können die Parameter auch nach dem Start der Messung durch Tastschalter (5) variiert werden.

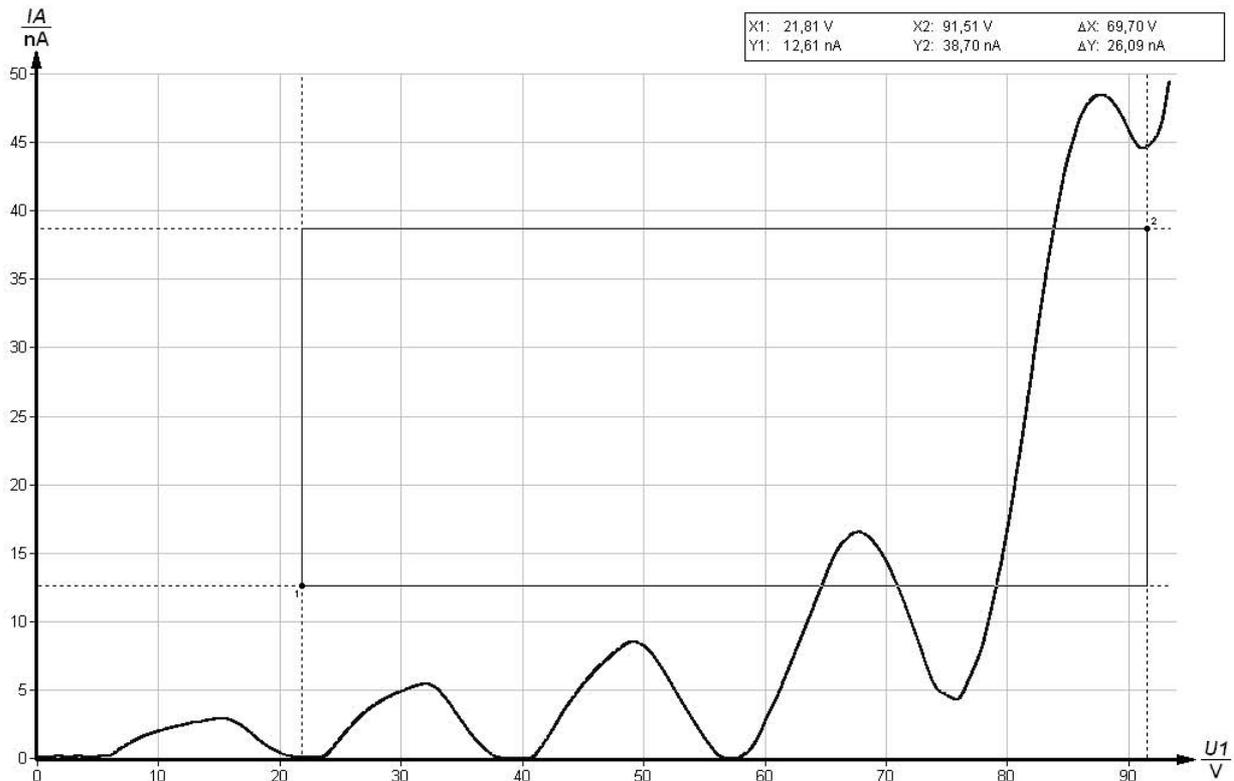


Abb.: 6 Franck-Hertz-Kurve Ne

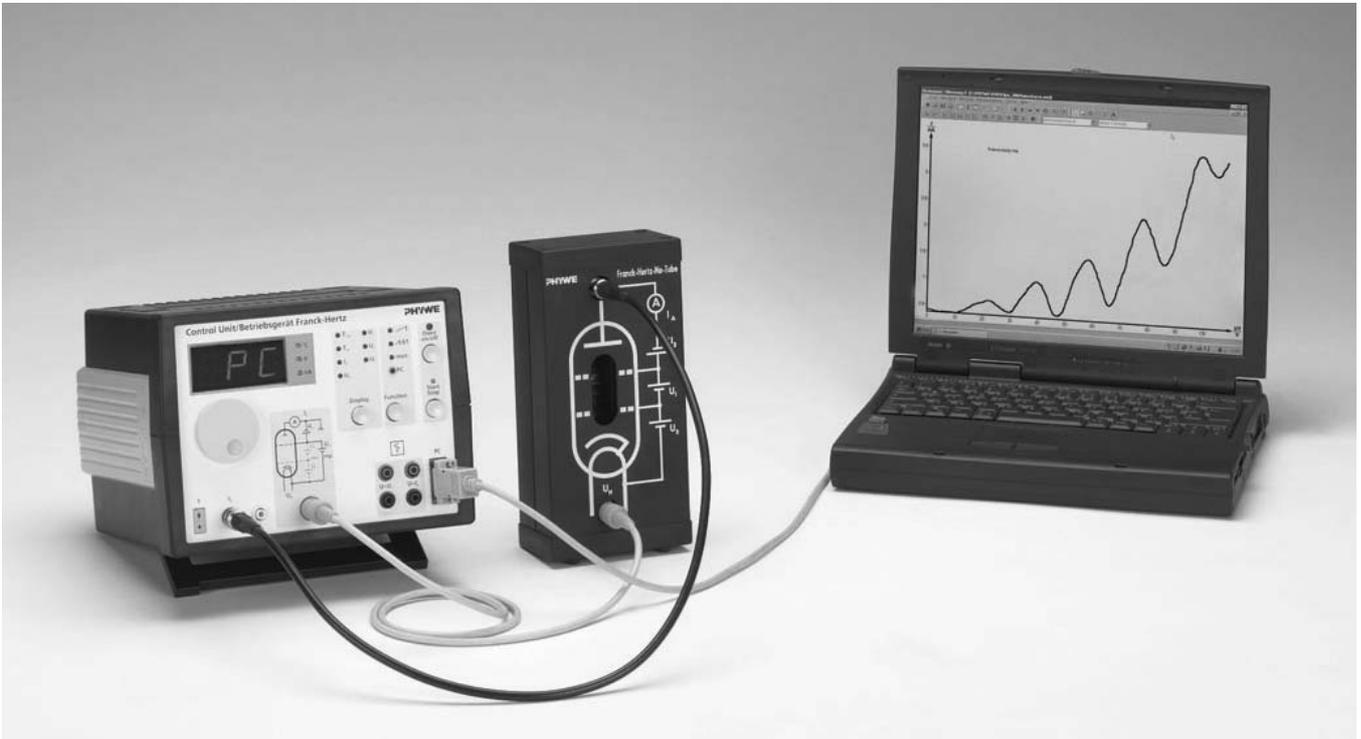


Abb.: 7 Komplett Experiment Franck-Hertz mit Neon-Röhre und direktem Anschluss an PC

3.2.4 Versuchsdurchführung mit dem Computer

Betriebsgerät über RS 232-Kabel an Computer anschließen. Die FHV-Measure-Software erlaubt die Ansteuerung des Betriebsgerätes, die Erfassung, Darstellung und Auswertung aller Messwerte. Zusätzliche externe Messgeräte sind nicht erforderlich.

A) Komponenten (wie in 3.2 beschrieben) verbinden (siehe Abb. 7). Mittels Netzschalter Betriebsgerät einschalten. Mit dem Tastschalter (3) "PC" einstellen.

B) Measure Software starten und Frank-Hertz-Messsoftware aufrufen. Das Programm erkennt automatisch ob ein Hg- oder Ne-Rohr angeschlossen ist. Die notwendigen Parameter sind voreingestellt (siehe Abb. 8). Die Parameter in Abb. 8 sind typische Werte, mit denen eine Messkurve erfolgreich aufgenommen werden sollte. **Wenn der Auffängerstrom zu hoch ist (beim Zünden), dann wird die Messung durch das Franck-Hertz-Betriebsgerät nach 7 sec. unterbrochen, um die Röhre vor Beschädigungen zu schützen. Um das Zünden des Rohres zu vermeiden, verändere die Parameter U₂, U₃ und U_H wie folgt: reduziere die Heizspannung U_H und reduziere U₃.**

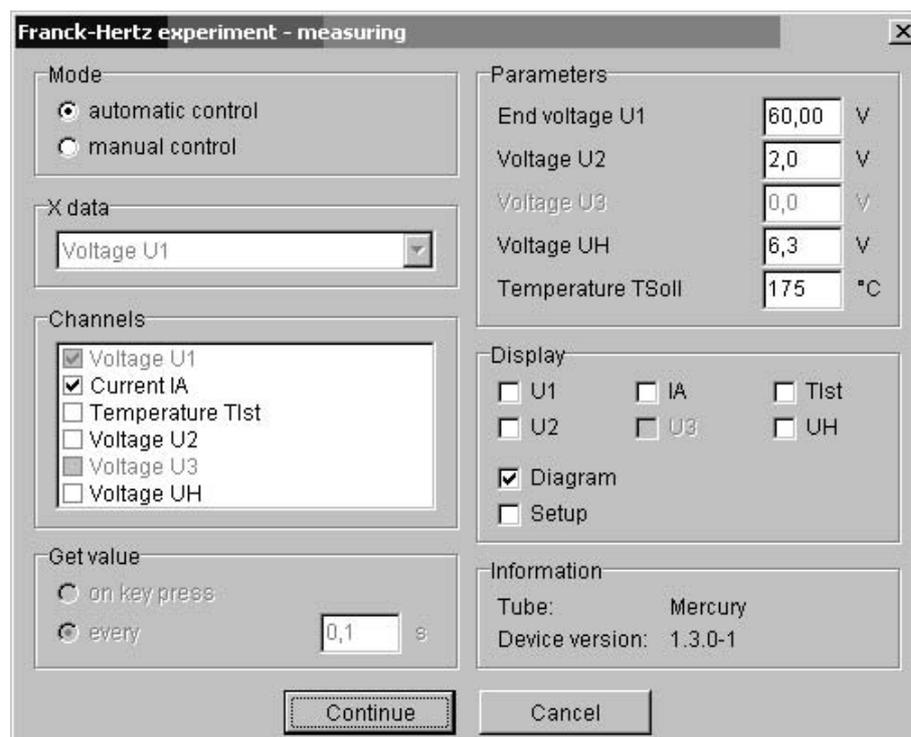


Abb.: 8 Messparameter der Franck-Hertz-Software für Hg-Rohr

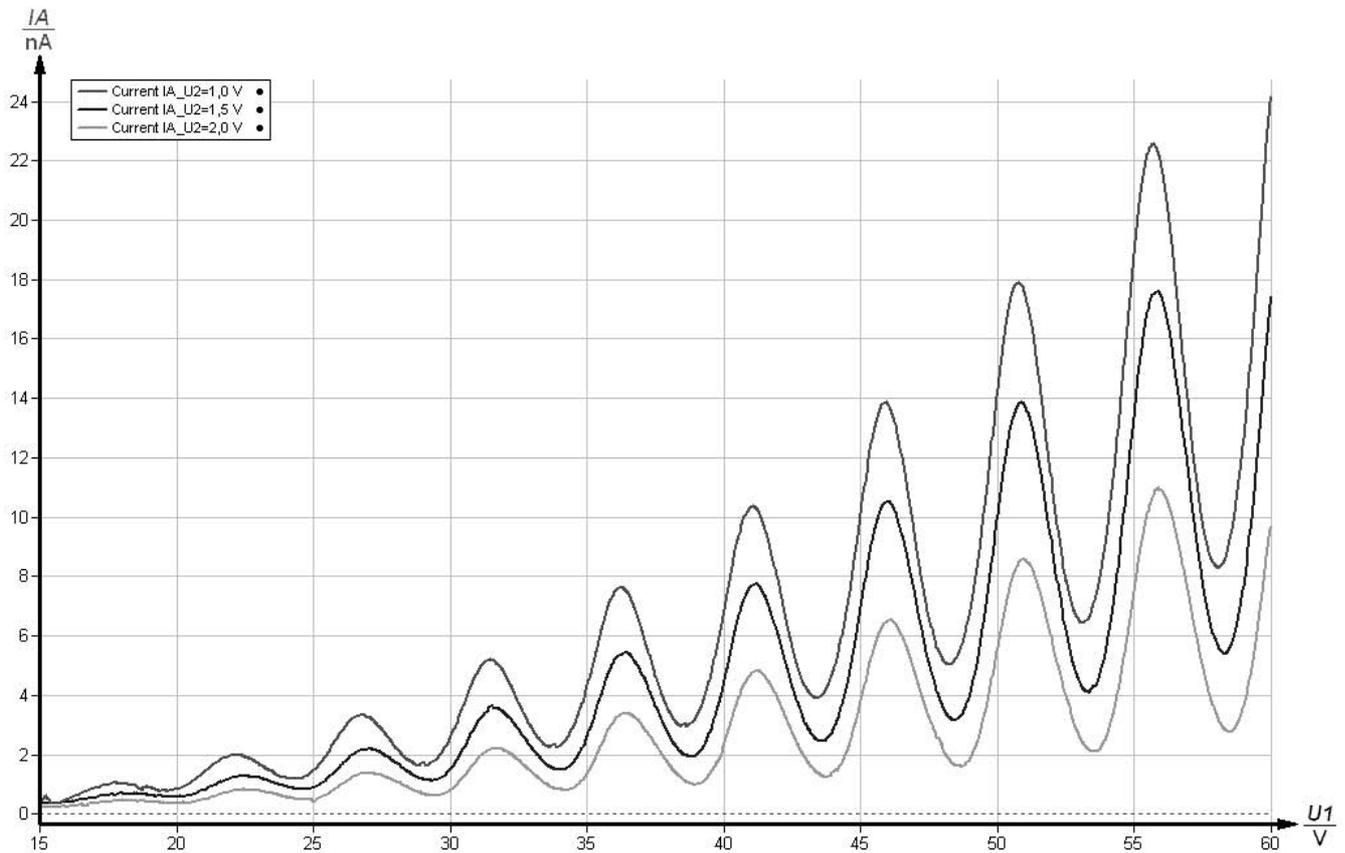


Abb.: 9 Franck-Hertz-Kurve für Hg-Röhre für unterschiedliche Gegenspannungen U_2

C) Die Software erlaubt sowohl automatisch als auch manuell die Beschleunigungsspannung durchzufahren. Die Abbildung 9 zeigt drei Kurven, die bei unterschiedlichen Gegenspannungen U_2 ($= 1\text{ V}$; $1,5\text{ V}$; 2 V) aufgezeichnet wurden.

D) Aus den Abständen zwischen den Minima bestimmt man die Anregungsenergie der Quecksilber- bzw. Neon-Atome. Typischer Wert für Hg-Atome liegt bei $4,9\text{ V}$; für Ne-Atome bei $17,2\text{ V}$.

4 BETRIEBSHINWEISE

Das vorliegende Qualitätsgerät erfüllt die technischen Anforderungen, die in den aktuellen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft zusammengefasst sind. Die Produkteigenschaften berechtigen zur CE-Kennzeichnung. Der Betrieb dieses Gerätes ist nur unter fachkundiger Aufsicht in einer beherrschten elektromagnetischen Umgebung von Forschungs-, Lehr- und Ausbildungsstätten (Schulen, Universitäten, Instituten und Laboratorien) erlaubt. Dies bedeutet, dass in einer solchen Umgebung Sendefunk-einrichtungen, wie z. B. Mobiltelefone nicht in unmittelbarer Nachbarschaft verwendet werden dürfen. Die einzelnen angeschlossenen Leitungen dürfen nicht länger als 2 m sein.

Durch elektrostatische Aufladungen o.ä. elektro-magnetische Phänomene (HF, Burst, indirekte Blitzentladungen usw.) kann das Gerät beeinflusst werden, so dass es nicht mehr innerhalb der spezifizierten Daten arbeitet. Folgende Maßnahmen vermindern bzw. beseitigen den störenden Einfluss:

Teppichboden meiden; für Potentialausgleich sorgen; Experimentieren auf einer leitfähigen, geerdeten Unterlage, Verwendung von Abschirmungen, abgeschirmter Kabel.

Hochfrequenzsender (Funkgeräte, Mobiltelefone) nicht in unmittelbarer Nähe betreiben. Nach einem Totalausstieg durch Betätigung des Netzschalters einen „Reset“ durchführen.

Dieses Gerät entspricht der Klasse A, Gruppe 1, der Norm EN 55011 und darf nur außerhalb von Wohnbereichen uneingeschränkt betrieben werden. Sollten trotz Beschränkung des Einsatzes auf den Fachraum einer Schule oder einer anderen Ausbildungsstätte im umgebenden Wohnbereich elektromagnetische Störungen auftreten, so kann vom Betreiber verlangt werden, angemessene Maßnahmen (z. B. Abschirmung, großer Abstand, kurze Betriebsdauer) durchzuführen und dafür aufzukommen.

Bei Verwendung des Franck-Hertz Ofens 09105.93/90 ist die Betriebsanleitung dieses Gerätes zu beachten.

Achtung: Ein Sicherungswchsel darf nur im stromlosen Zustand (Netzstecker ziehen) erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die Sicherungen (Werte siehe Typenschild) den jeweiligen Sicherungshaltern FU1 und FU2 zugeordnet werden. Sie dürfen auf keinen Fall verwechselt werden. Die defekte Sicherung kann nach dem Lösen der Sicherungskappe (leichte Linksdrehung) entnommen und durch eine neue Sicherung ersetzt werden.

5 TECHNISCHE DATEN (typ. für 25 °C)

Betriebstemperaturbereich 5 ... 40 °C,
rel. Luftfeuchte < 80 %

Eingänge

Temperatur T

NiCr-Ni-DIN-Buchse (Typ K)

Messbereich 0 °C ... 999 °C
Auflösung 1 °C

Strom I_A

BNC-Buchse

Messbereich 0 ... 50 nA
Auflösung 0,1 nA

Ausgänge

Analogausgang U-U1

4mm-Buchsen-Paar

Ausgangsspannung 0 ... 10 V (10 V == 100V)
Ausgangsstrom max. 10 mA

Analogausgang U-I_A

4mm-Buchsen-Paar

Ausgangsspannung 0 ... 10 V (10 V == 50 nA)
Ausgangsstrom max. 10 mA

Röhrenversorgung

DIN-Buchse

Spannung U1 0 ... 99,9 V
Auflösung 0,1 V

Spannung U2 0 ... 12 V
Auflösung 0,1 V

Spannung U3 0 ... 6 V
Auflösung 0,1 V

Spannung U_H 0 ... 10 V
Auflösung 0,1 V
Ausgangsstrom max. 400 mA

Ofenversorgung

Schukosteckdose

Spannung

Rückseite
entspricht der Netz-
anschluss-Spannung s.u.
max. 600 VA

Ausgangsleistung

Datenausgang

D-SUB-9-Buchse

RS 232C bis 115200 Baud

Digital-Anzeige

Art der Anzeige 7-Segment-LED
Höhe der Zeichen 20 mm

Netzversorgung

Schutzklasse I
Anschlussspannung 115 V/230 V
(+6% / -10%)
Netzfrequenz 50/60 Hz
Leistungsaufnahme mit Ofen ca. 625 VA
Leistungsaufnahme mit
Neonröhre ca. 40 VA
Netzsicherung siehe Typenschild
(5 mm x 20 mm)
Gehäusemaße (mm) 230 x 236 x 168 (B,H,T)
Masse ca. 3,390 kg

6 MATERIAL

A. Franck-Hertz Experiment mit Hg-Röhre ohne PC

Franck-Hertz Betriebsgerät	09105.99
Franck-Hertz Hg-Röhre	09105.10
Franck-Hertz Ofen	09105.93 bzw. 09105.90
NiCr-Ni Thermoelement	13615.01 bzw. 13615.02
5-Pin Verbindungskabel, für Hg-Röhre	09105.30
BNC-Kabel, 75 cm	07542.11

B. Franck-Hertz Experiment mit Ne-Röhre ohne PC

Franck-Hertz Betriebsgerät	09105.99
Franck-Hertz Ne-Röhre	09105.40
5-Pin Verbindungskabel, für Ne-Röhre	09105.50
BNC-Kabel, 75 cm	07542.11

C. Franck-Hertz Experiment mit PC

Wie in A. oder B. zusätzlich	
RS 232 Datenkabel	14602.00
Franck-Hertz Measure Software	14522.61

7 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten; sie umfasst nicht den natürlichen Verschleiß sowie Mängel, die durch unsachgemäße Behandlung entstehen.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich hierfür ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

8 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.

Entsorgungsmöglichkeiten für das ausgediente Gerät erfahren Sie bei Ihrer Gemeinde- bzw. Stadtverwaltung.



Franck-Hertz Röhre auf Platte
Franck-Hertz Ofen
Franck-Hertz Ofen

09105.10
09105.90
09105.93

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Breite 10
D-37079 Göttingen

Phone +49 (0) 551 604-0
Fax +49 (0) 551 604-107

 Das Gerät entspricht den zutreffenden EG-Rahmenrichtlinien.

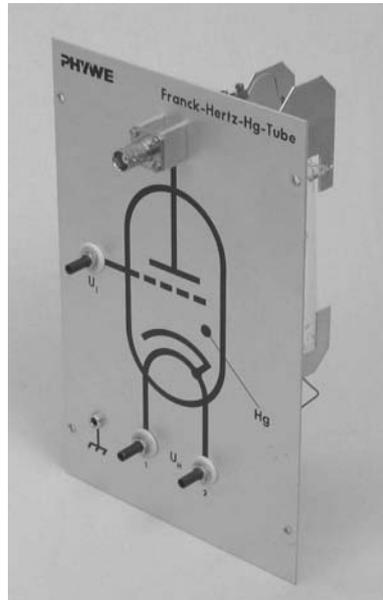
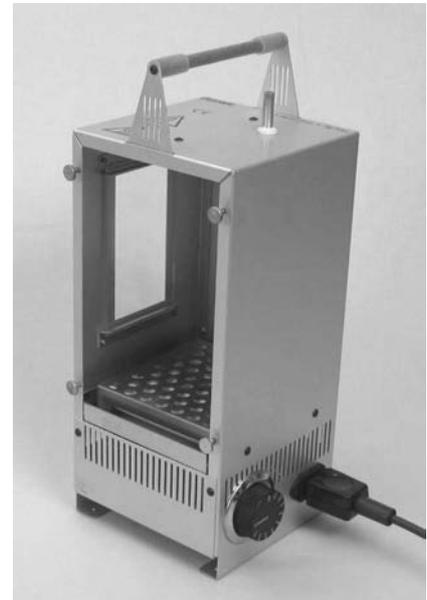


Abb.: 1 Franck-Hertz-Hg-Röhre in der Halterung



Franck-Hertz-Ofen

Betriebsanleitung

1 SICHERHEITSHINWEISE



Achtung

- Der innere Aufbau der Franck-Hertz-Hg-Röhre hat sich im Verlauf der Jahre geändert, so dass alte Bedienungsanleitungen nicht mehr aktuell sind. Um Schäden am gelieferten Rohr zu vermeiden, lesen Sie bitte diese Betriebsanleitung vor der Inbetriebnahme des Rohres sorgfältig durch. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.



- Achten Sie darauf, dass die auf dem Typenschild des Gerätes angegebene Netzspannung mit der Ihres Stromnetzes übereinstimmt.
- Das Gerät ist so aufzustellen, dass Netzschalter bzw. Gerätestecker frei zugänglich sind. Die Lüftungsschlitze des Gerätes dürfen nicht abgedeckt werden.
- Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den dafür vorgesehenen Zweck.

2 ZWECK UND BESCHREIBUNG

Die Franck-Hertz-Röhre und der Franck-Hertz-Ofen (siehe Abb. 1) sind speziell für die Erfordernisse der Physikausbildung in Schule und Hochschule entwickelte Demonstrations- und Praktikumsgeräte. Um eine für den Versuch hinreichende Dampfdichte des Quecksilbers zu erhalten, muss die Röhre erwärmt werden. Hierzu wird sie in den Heizofen eingebracht.

Der Verlauf der Abhängigkeit des Anodenstroms von der angelegten Beschleunigungsspannung liefert den Nachweis der diskreten Energieabgabe freier Elektronen beim Zusammenstoß mit Hg-Atomen. Die Anregungsenergie dieser Atome lässt sich aus den aufgezeichneten Spektren bestimmen. Mit Hilfe des Franck-Hertz-Versuchs (nach James Franck und Gustav Hertz) von 1913/14 wurde das von Bohr postulierte Schalenmodell des Atoms experimentell bestätigt.

3 HANDHABUNG

3.1 Heizofen

Der Heizofen wird über die mitgelieferte Geräteschnur mit hitzebeständigem Stecker an das Wechselstromnetz angeschlossen; ein Betrieb mit Gleichspannung ist nicht zulässig. Vor der Erstbenutzung ist das Gerät bei höchster Einstellung für ca. 10 Minuten aufzuheizen. Hierdurch werden flüchtige Bestandteile abgeraucht. Ein Einatmen des Rauchs ist unter allen Umständen zu vermeiden.

3.1.1 Wenn der Ofen an das Franck-Hertz-Betriebsgerät 09105.99 angeschlossen ist (siehe Abb.2), dann ist der seitlich angebrachte Stellknopf der Temperaturregelung auf Maximum einzustellen. Denn die Ofentemperatur wird durch das Franck-Hertz-Betriebsgerät automatisch geregelt.

3.1.2 Ohne das Franck-Hertz-Betriebsgerät kann die Ofentemperatur auch manuell durch Drehen des Stellknopfes variiert werden. Hat der Bimetallschalter die Heizung noch nicht abgeschaltet, wenn die gewünschte

Temperatur um etwa $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ überschritten ist, so drehe man den Stellknopf entgegen dem Uhrzeigersinn so weit zurück, bis der Bimetallschalter die Heizung abschaltet (ein Klickgeräusch ist zu hören). Diese Einstellung muss ggf. noch einige Male korrigiert werden, ehe sich (nach ca. 15 min Anheizzeit) die gewünschte Temperatur mit einer Schwankungsbreite von ca. $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ um den vorgegebenen Mittelwert eingependelt hat.



Vorsicht

- Das Ofengehäuse und die Schrauben an der Frontplatte weisen während des Betriebs die aktuell eingestellte Temperatur auf, können also sehr heiss werden. Insbesondere bei längerem Betrieb können sich der Haltegriff und die BNC-Buchse auf der Frontplatte des Franck-Hertz-Rohres stark erwärmen.
- Die Temperaturmessung erfolgt aus Sicherheitsgründen mit einem Thermoelement (13615.01, 13615.02) und dem Franck-Hertz-Betriebsgerät (09105.99) oder einem digitalen Temperaturmessgerät (07050.00). Der Thermofühler wird durch die Öffnung auf der Ofenoberseite ins Innere eingeführt. Die Temperaturmessung sollte etwa in der Ofenmitte erfolgen.
- Es empfiehlt sich, unter den Heizofen eine Wärmeschutzplatte zu legen.
- Das Gerät darf nur unter Aufsicht betrieben werden.
- Das Gerät muss frei stehen, d.h. zu benachbarten Geräten muss ein Mindestabstand von 20 cm eingehalten werden.
- Nach dem Heizbetrieb darf das Gerät erst nach einer Abkühlzeit von ca. 15 min angefasst werden.

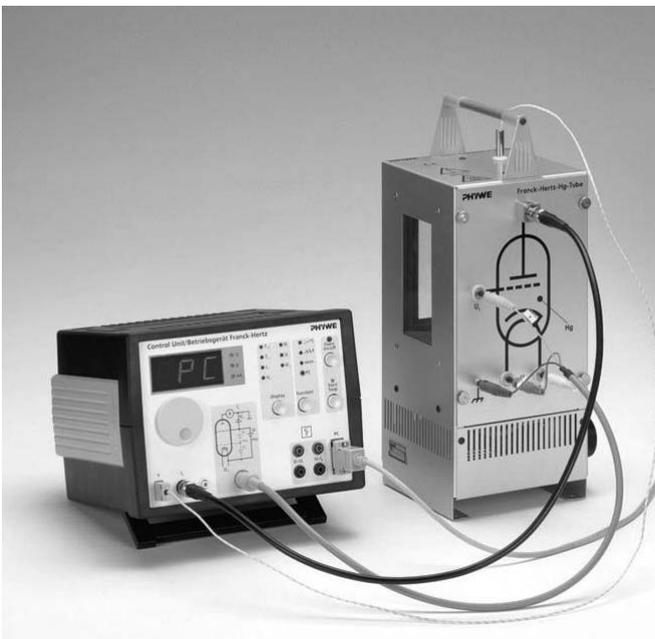


Abb.: 2 Aufbau des Franck-Hertz-Experiments mit Hg-Röhre und Ofen

3.2 Franck-Hertz-Hg-Röhre

Das Franck-Hertz-Rohr (Elektronenstoßrohr) ist eine Dreielektrodenröhre mit ebenen, parallel angeordneten Elektroden (siehe Abb. 3): einer indirekt geheizten Oxidkathode **C**, einer gitterförmigen Beschleunigungselektrode **A** und einer Auffängerelektrode **S**. Der Abstand zwischen Kathode und Gitter ist groß gegenüber der mittleren freien Wellenlänge der Elektroden im Hg-Dampf bei Betriebstemperatur, damit eine möglichst hohe Stoßwahrscheinlichkeit erzielt wird; der Abstand zwischen Gitter und Auffängerelektrode ist dagegen klein gehalten. In die Gitterzuleitung ist ein Schutzwiderstand eingebaut.

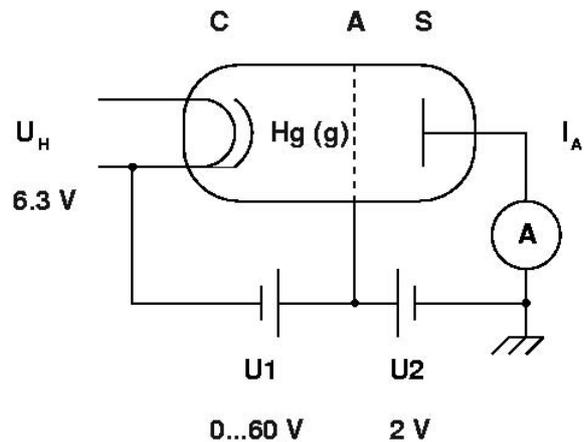


Abb.: 3 Schematischer Aufbau einer Hg-Dreielektrodenröhre

Infolge der beim Betrieb des Franck-Hertz-Rohres erzeugten Quecksilberionen wird bei einer kritischen Beschleunigungsspannung eine Zündung (Glimmentladung) auftreten. Der Auffängerstrom steigt dann sprunghaft an und kann den größten Strommessbereich des Verstärkers überschreiten. Nach Einsetzen der Zündung sollte die Beschleunigungsspannung deshalb sofort reduziert werden bis die Entladung erlischt. Wird das Franck-Hertz-Rohr mit dem Franck-Hertz-Betriebsgerät 09105.99 verwendet, dann erfolgt die Abschaltung der Spannungsversorgung nach 7 sec. automatisch, wenn das Franck-Hertz-Rohr unsachgemäß betrieben wird. Folgende Einstellungen werden ausdrücklich empfohlen:

- $T = (175 \pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $U_H = (6.3 \pm 0.5)\text{ V}$; Stromstärke der Kathodenheizung $< 150\text{ mA}$
- $U_1 = 0 \dots 60\text{ V}$;
- $U_2 = (2.0 \pm 0.5)\text{ V}$;

Die Spannung U_H darf nicht zu hoch eingestellt werden, um den Zündvorgang und die langfristige Zerstörung des Rohres zu vermeiden. Falls das Einsetzen der Zündung bei zu niedrigen Beschleunigungsspannungen erfolgt, so muß die Ofentemperatur erhöht bzw. die Heizspannung U_H reduziert werden. Je höher die Ofentemperatur desto höher liegt die Spannung, bei welcher die Röhre zündet. Ferner nimmt mit wachsender Ofentemperatur der Auffängerstrom im Mittel ab und entsprechend auch der Absolutwert seiner Maxima. Je nach Röhre können auch noch bei etwas tieferen Temperaturen (bis $160\text{ }^{\circ}\text{C}$) oder auch bei höheren Temperaturen (bis $190\text{ }^{\circ}\text{C}$) vorteilhafte Versuchsergebnisse erzielt werden.

Das charakteristische Franck-Hertz-Spektrum (siehe Abb. 4): Abhängigkeit des Auffängerstromes I_A von der angelegten Beschleunigungsspannung U_1 ist bei **fest eingestellter** Heizspannung U_H aufzunehmen (Stromstärke der Kathoden-

heizung darf nicht erhöht werden !), durch variieren der Beschleunigungsspannung von 0 V bis 60 V. Der Auffängerstrom I_A darf $1 \mu\text{A}$ nicht übersteigen, d.h. die Röhre sollte möglichst nie zünden!

Hinweise:

- Aufgrund der Temperaturschwankungen des Heizofens können sich bei wiederholten Messungen für die gleiche Beschleunigungsspannung etwas unterschiedliche Höhen des Auffängerstromes ergeben; die Lage der Maxima bleibt hiervon jedoch unberührt.
- Die Lage der Maxima des Auffängerstromes bleibt beim ändern der Gegenspannung unverändert, die Lage der Minima hingegen verschiebt sich etwas. Die Höhe des mittleren Auffängerstromes nimmt mit wachsender Gegenspannung ab.
- Wenn beim Versuch das Franck-Hertz-Betriebsgerät nicht verwendet wird, empfiehlt es sich, bei Erreichen der optimalen Ofentemperatur (sie ist abhängig von der verwendeten Franck-Hertz-Röhre) die Heizung auszuschalten und sofort mit der Aufzeichnung der Kurve zu beginnen.
- Beim Ein- bzw. Ausschalten des Heizofens durch den Bimetallschalter ergibt sich eine Belastungsänderung des Wechselstromnetzes, die eine kleine Änderung der eingestellten Beschleunigungsspannung bewirkt: dies ist ggf. zu beachten, wenn der Schaltvorgang gerade während der Aufzeichnung der Kurve erfolgt.

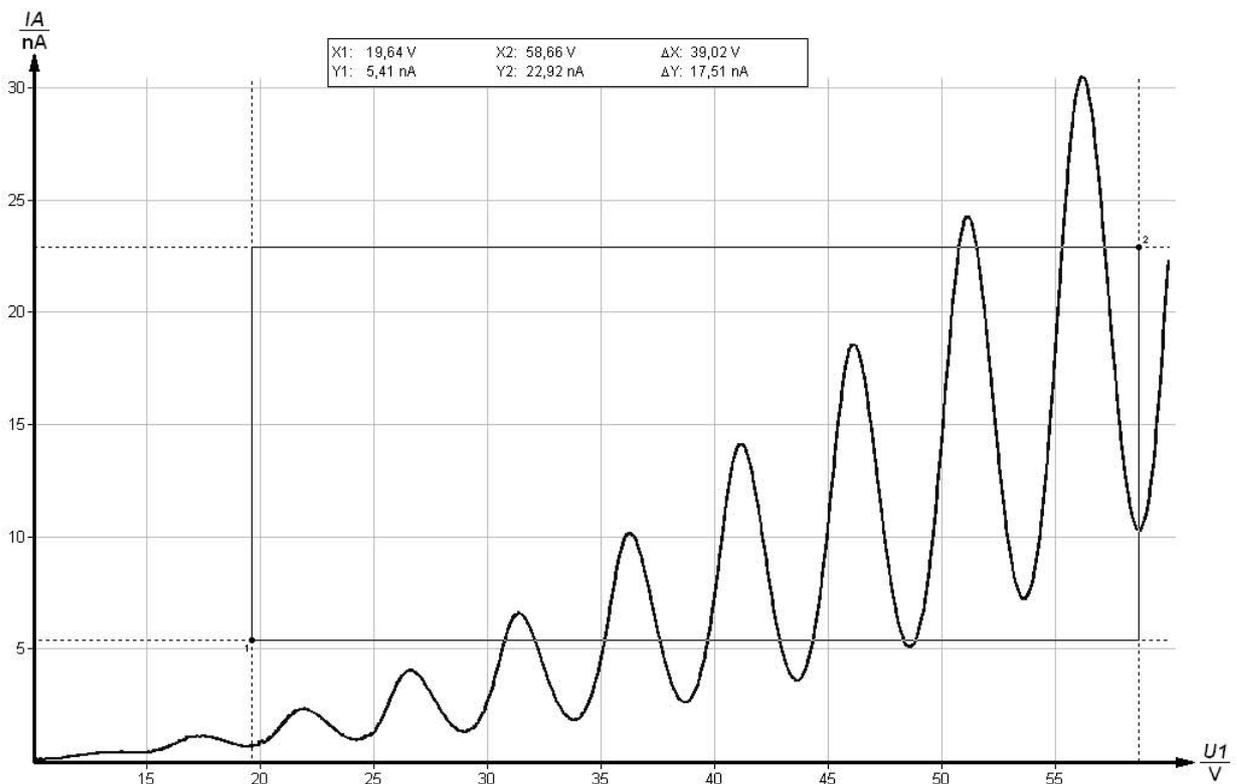


Abb.: 4 Typische Franck-Hertz-Kurve für Hg

4 BETRIEBSHINWEISE

Das vorliegende Qualitätsgerät erfüllt die technischen Anforderungen, die in den aktuellen Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft zusammengefasst sind. Die Produkteigenschaften berechtigen zur CE-Kennzeichnung.

Der Betrieb dieses Gerätes ist nur unter fachkundiger Aufsicht in einer beherrschten elektromagnetischen Umgebung von Forschungs-, Lehr- und Ausbildungsstätten (Schulen, Universitäten, Instituten und Laboratorien) erlaubt.

Dies bedeutet, dass in einer solchen Umgebung Sendefunk-einrichtungen, wie z. B. Mobiltelefone nicht in unmittelbarer Nachbarschaft verwendet werden dürfen. Die einzelnen angeschlossenen Leitungen dürfen nicht länger als 2 m sein.

Durch elektrostatische Aufladungen o.ä. elektro-magnetische Phänomene (HF, Burst, indirekte Blitzentladungen usw.) kann das Gerät beeinflusst werden, so dass es nicht mehr innerhalb der spezifizierten Daten arbeitet. Folgende Maßnahmen vermindern bzw. beseitigen den störenden Einfluss:

Teppichboden meiden; für Potentialausgleich sorgen; Experimentieren auf einer leitfähigen, geerdeten Unterlage, Verwendung von Abschirmungen, abgeschirmter Kabel. Hochfrequenzsender (Funkgeräte, Mobiltelefone) nicht in unmittelbarer Nähe betreiben. Nach einem Totalausstieg durch Betätigung des Netzschalters einen „Reset“ durchführen.

Bei Verwendung des Franck-Hertz-Betriebsgeräts 09105.99 ist die Betriebsanleitung dieses Gerätes zu beachten.

5 TECHNISCHE DATEN (typ. für 25 °C)

Betriebstemperaturbereich 5 ... 40 °C,
rel. Luftfeuchte < 80 %

Franck-Hertz-Rohr

Temperatur	(175 ± 10) °C
Spannung U1	0 ... 60 V
Spannung U2	0 ... 3 V
Spannung U _H	0 ... 7 V; Stromstärke < 150 mA

Franck-Hertz-Ofen

Schutzklasse	I
Anschlussspannung (+6% / -10%)	siehe Typenschild
Netzfrequenz	50/60 Hz
Leistungsaufnahme	ca. 600 W
Maximaltemperatur	300 °C
Gehäusemaße (mm)	ca. 153 x 153 x 325
Masse	ca. 2 kg

6 MATERIAL

A. Franck-Hertz Experiment mit Hg-Röhre ohne PC

Franck-Hertz Betriebsgerät	09105.99
Franck-Hertz Hg-Röhre	09105.10
Franck-Hertz Ofen	09105.93 bzw. 09105.90
Thermoelement NiCr-Ni	13615.01 bzw. 13615.02
Verbindungskabel, für Hg-Röhre	09105.30
BNC-Kabel, l = 750 mm	07542.11

B. Franck-Hertz Experiment mit PC

Wie in A. und zusätzlich:	
RS 232 Datenkabel (mit Ferrit)	14602.00
Franck-Hertz Software	14522.61

7 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten; sie umfasst nicht den natürlichen Verschleiß sowie Mängel, die durch unsachgemäße Behandlung entstehen.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich hierfür ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

8 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.

Entsorgungsmöglichkeiten für das ausgediente Gerät erfahren Sie bei Ihrer Gemeinde- bzw. Stadtverwaltung.

Franck-Hertz-Röhre mit Neonfüllung

Best.- Nr. CL09033

J. Franck und G. Hertz unternahmen außer ihrem berühmt gewordenen Elektronenstoßversuch mit Quecksilber auch Versuche mit Neon. Diese Röhren zeigen in Analogie zum Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber mehrere Minima in der Strom-Spannungskennlinie. Die Abstände dieser Minima lassen Rückschlüsse auf die Anregungsenergie von Neon zu.

Technische Beschreibung

Diese Franck-Hertz-Röhre ist eine Tetrode mit einer indirekt geheizten Bariumoxydkathode, einer netzförmigen Steuerelektrode, der netzförmigen Anode und einer Auffängerelektrode. Die Elektroden sind planparallel angeordnet. Der Abstand Steuergitter - Anodengitter beträgt etwa 5 mm, die Abstände Katode - Steuergitter und Anode - Auffänger jeweils etwa 2 mm. Der Neongasdruck wird im Rahmen der Fertigung dieser Röhre auf eine optimale Kennlinie hin gewählt und liegt im Bereich einiger hPa.



Die Anschlussbuchsen für Heizung, Steuergitter und Anodengitter befinden sich auf der Sockelplatte der Röhre. Der Auffängerstrom wird an der BNC-Buchse am oberen Ende des Abschirmzylinders abgegriffen. An diese Buchse wird der Verstärker mit einer abgeschirmten Leitung angeschlossen. Zwischen der Anschlussbuchse für die Beschleunigungsspannung und der Anode der Röhre ist ein Begrenzungswiderstand (10 k Ω) fest eingebaut. Durch ihn ist die Röhre geschützt, falls sie bei zu hoher Spannung durchzündet sollte. Der Spannungsabfall an diesem Widerstand kann bei den Messungen vernachlässigt werden, denn der Anodenstrom der Röhre ist kleiner als 5 pA. (Spannungsabfall am Schutzwiderstand $\leq 0,05$ V).

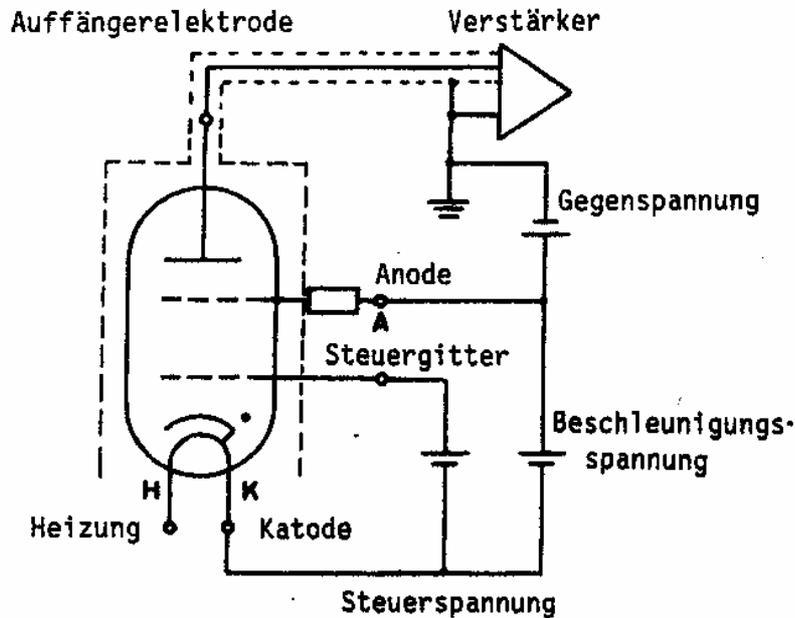


Abb.2

Anschlussspannungen

Heizspannung	6...8 V
Steuerspannung Gitter – Kathode	8 V
Beschleunigungsspannung Anode – Kathode	max. 80 V
Gegenspannung Anode – Auffänger	4...10 V

Gerätebedarf

- CL09033 Franck-Hertz-Röhre (Neon)
- CL09031 Betriebsgerät für Franck-Hertz-Versuche
- Abgeschirmte Leitung BNC-BNC
- Oszilloskop bzw. 2 Voltmeter
- div. Verbindungsleitungen

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Die Anschlüsse zum Betriebsgerät (Messverstärker) und zu den Spannungsquellen ist gemäß der Abb. 2 herzustellen. Bei Verwendung des Betriebsgerätes 6749 muss die Spannung Steuergitter - Katode und die Gegenspannung durch externe Versorgungsgeräte geliefert werden. Für die Verbindung Auffängerelektrode - Betriebsgerät muss eine abgeschirmte Leitung (7256 bzw. 7254) verwendet werden. Auf die richtige Polung der Beschleunigungsspannung, der Steuerspannung Gitter - Katode und der Gegenspannung ist zu achten. Der negative Pol der Beschleunigungsspannung muss mit der Katodenanschlussbuchse verbunden sein. Alle Betriebsspannungen dürfen keine leitende Verbindung mit Erde bzw. Masse haben, da die Versuchsanordnung bereits über das Betriebsgerät (Messverstärker) an Erde liegt.

Die indirekt geheizte Katode benötigt nach dem Anlegen der Heizspannung eine Anheizzeit von ca. 1½ min. Danach wird die Beschleunigungsspannung von 0 V ausgehend langsam erhöht. Von der Auffängerelektrode fließt dann ein Strom zur Anode, der in der Größenordnung von 10 nA liegt. Die Verstärkung des Betriebsgerätes bzw. die Stromempfindlichkeit des Messverstärkers ist entsprechend einzustellen.

Die Auffängerelektrode ist negativ gegenüber der Anode; auf die richtige Polung eines Anzeigeinstrumentes am Messverstärker ist zu achten.

Der Emissionsstrom in der Röhre und damit der Auffängerstrom werden durch den Heizstrom beeinflusst. Die Heizspannung wird im Bereich 6...8 V so gewählt, dass bei einer Beschleunigungsspannung von 70 V keine selbständige Entladung auftritt (erkennbar an roten Leuchterscheinungen zwischen Katode und Steuergitter).

Ein am Anodenanschluss der Röhre liegender Begrenzungswiderstand (10 kΩ) verhindert eine Überlastung der Röhre. Auch wenn in der Röhre infolge zu hoher Spannung eine Entladung durch Stoßionisation auftritt, ist die Röhre nicht gefährdet.

Die Gegenspannung zwischen Anode und Auffängerelektrode wird im Bereich 6 bis 10 V so eingestellt, dass die Minima (max. 3) im Strom – Spannungs-Verlauf deutlich hervortreten. Ist die Gegenspannung zu hoch, tritt eine fallende Kennlinie mit u.U. negativem Auffängerstrom auf.

Versuchsergebnisse und Diskussion

Der Stromverlauf in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung ist in den Abb. 3 und 4 wiedergegeben.

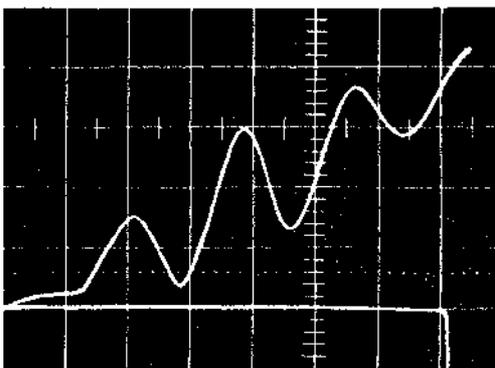
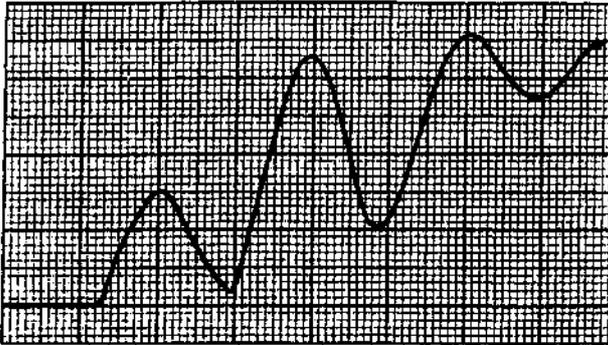


Abb.3

Oszillogramm der Strom-Spannungs-Kennlinie

Abb.4 Schreiberdiagramm
X: 10 V/cm, Y: 0,5 V/cm

Wird die Beschleunigungsspannung langsam vom Wert 0 aus erhöht, so tritt etwa ab 20 V eine Verringerung des Auffängerstromes auf. Damit verbunden ist das Entstehen einer rotleuchtenden Schicht an der Anode. Bei weiterer Erhöhung der Anodenspannung sinkt der Auffängerstrom und die Leuchtschicht bewegt sich in die Richtung zur Kathode. Der Auffängerstrom erreicht ein Minimum, wenn sich die Leuchtschicht von der Anode löst. Eine Vergrößerung der Anodenspannung führt zum Auftreten einer Dunkelzone und (bei ca. 40 V) einer zweiten Leuchtschicht. Insgesamt können bis zu 2 Dunkelzonen beobachtet werden (geschichtete positive Säule).

Diese Schichten kommen folgendermaßen zustande: Die von der Kathode ausgehenden Elektronen beginnen mit der Geschwindigkeit nahe gleich 0 ihren Lauf und werden alle durch dasselbe Feld beschleunigt, erreichen also auch alle im gleichen Querschnitt die zur Anregung notwendige Energie. Die Anregung erfolgt also in einer Schicht. Dabei verlieren jedoch alle Elektronen ihre Energie und beginnen mit der Geschwindigkeit nahe gleich 0 von Neuem usw. Natürlich verwischen sich die Schichten nach einer Reihe solcher Spiele wegen der statistischen Streuung der Anregungsorte alsbald, und die Säule geht allmählich in die homogene Form über.

Zur exakten Auswertung des Strom - Spannungsverlaufs ist vom Wert der Beschleunigungsspannung das Kontaktpotential Eisen - Barium in Höhe von 2,5 V abzuziehen.

Wie der Abb. 4 entnommen werden kann, liegt die Spannungsdifferenz zwischen dem 1. und 2. Maximum bei 19 V. Dieses Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit dem Termschema von Neon (Abb.5), wenn man annimmt, dass die Elektronen bevorzugt die Zustände zwischen 18,3 und 18,9 eV anregen. Diese Annahme ist gerechtfertigt, weil in diesem Energiebereich 10 Zustände liegen im Gegensatz zu 4 Zuständen zwischen 16,57 und 16,79 eV. Von diesen 4 Zuständen sind zudem 2 noch metastabil, da die Wahrscheinlichkeiten für optische Übergänge in den Grundzustand wegen der Auswahlregel $\Delta J \pm 1$ sehr klein sind. Die Übergänge zwischen diesen beiden Gruppen von angeregten Zuständen liegen im sichtbaren Bereich und sind verantwortlich für das Auftreten der

Leuchtschichten. Dieses Licht ist einer spektroskopischen Auswertung zugänglich und enthält mehrere kräftige Spektrallinien im gelben und roten Spektralbereich. Die Übergänge in den Grundzustand liegen weit im ultravioletten Bereich und können daher nicht untersucht werden.

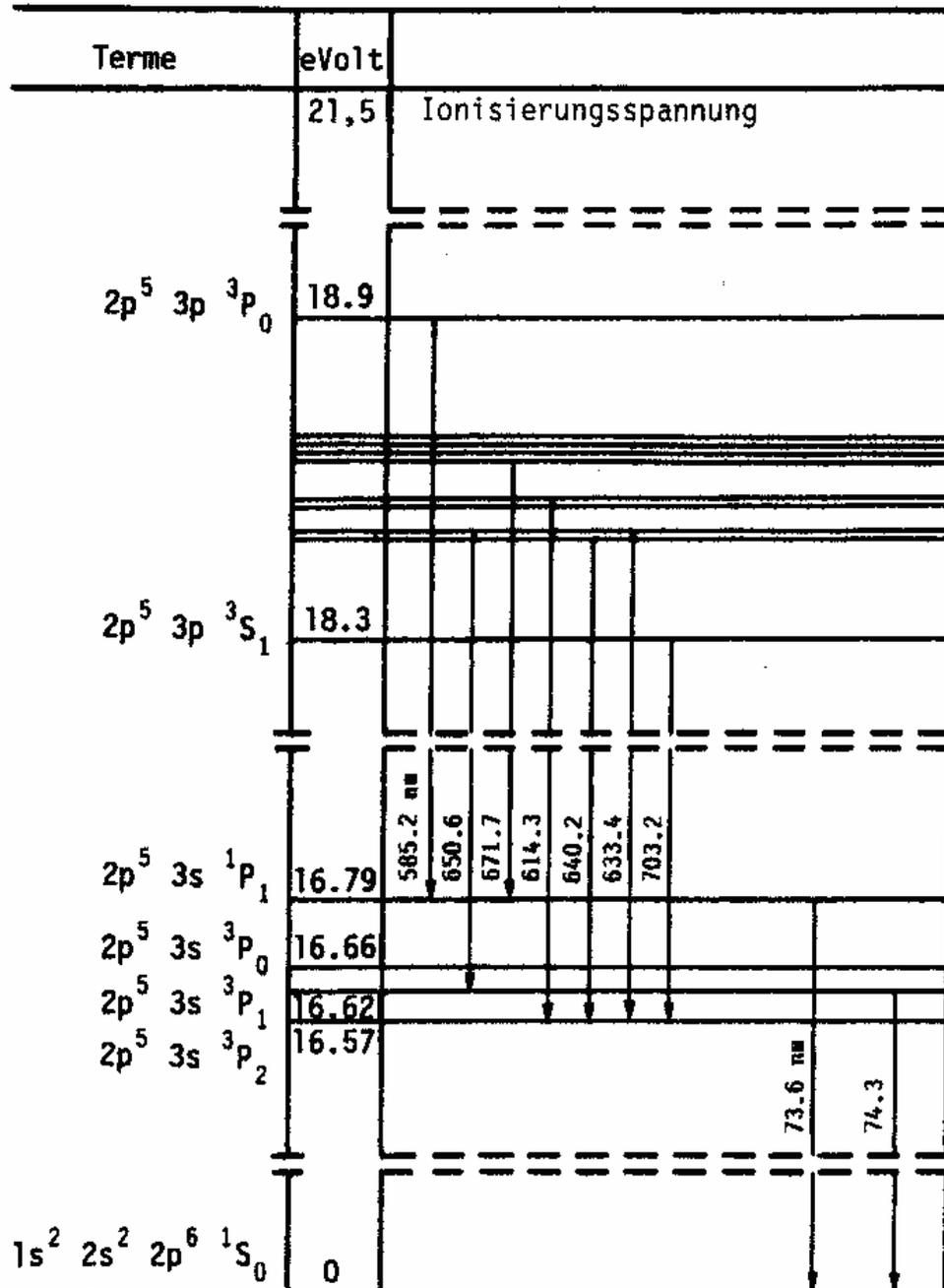


Abb. 5 Auszug aus dem Termschema von Neon