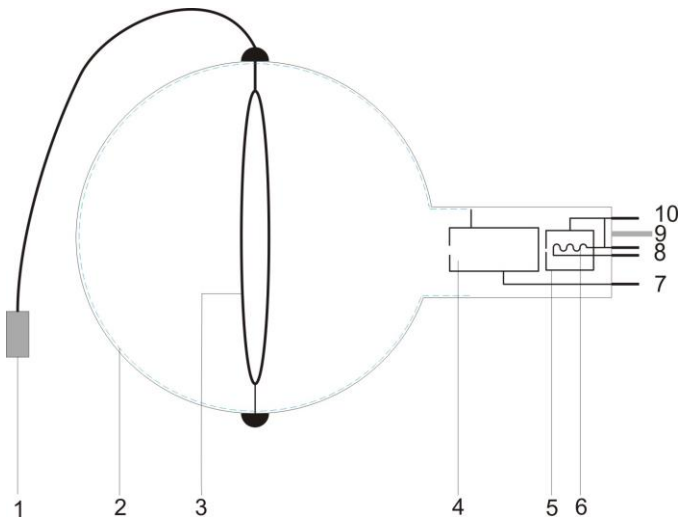
3B SCIENTIFIC® PHYSICS

Kritische-Potenziale-Röhre S mit He-Füllung 1000620

Bedienungsanleitung

10/15 ALF



1 BNC-Buchse
2 Glasbeschichtung auf Anodenpotenzial
3 Kollektorring
4 Anode
5 Elektronenkanone
6 Heizwendel
7 Stiftkontakt Anode
8 Stiftkontakte Heizung
9 Führungsstift
10 Stiftkontakt Katode

1. Sicherheitshinweise

Glühkatodenröhren sind dünnwandige, evakuierte Glaskolben. Vorsichtig behandeln: Implosionsgefahr!

- Röhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.
- Anschlusskabel des Kollektorrings keinen Zugbelastungen aussetzen.
- Die Röhre nur in den Röhrenhalter S (1014525) einsetzen.

Zu hohe Spannungen, Ströme sowie falsche Katodenheiztemperatur können zur Zerstörung der Röhre führen.

- Die angegebenen Betriebsparameter einhalten.
- Schaltungen nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten vornehmen.
- Röhren nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.

Im Betrieb wird der Röhrenhals erwärmt.

- Röhre vor dem Ausbau abkühlen lassen.

Die Einhaltung der EC-Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit ist nur mit den empfohlenen Netzgeräten garantiert.

2. Beschreibung

Die Kritische-Potenziale-Röhre S mit He-Füllung dient zur quantitativen Untersuchung des inelastischen Stoßes von Elektronen mit Edelgasatomen, zur Bestimmung der Ionisationsenergie sowie zur Auflösung von Energiezuständen verschiedener Haupt- und Bahndrehimpulsquantenzahlen.

Die Kritische-Potenziale-Röhre besitzt eine Elektronenkanone mit direkt geheizter Wolfram-Glühkatode und zylinderförmiger Anode in einem evakuierten und mit Helium gefüllten Glaskolben. Die Innenseite des Glaskolbens ist leitend beschichtet und mit der Anode verbunden. Der Kollektorring ist so im Innern des Glaskolbens platziert, dass der divergente Elektronenstrahl ihn nicht direkt erreichen kann.

Die Batterieeinheit dient zur Bereitstellung der Kollektorspannung U_R zwischen Anode und Kollektorring.

Ist die Kollektorspannung positiv, so werden genau die Elektronen, die beim inelastischen Stoß mit einem Heliumatom ihre kinetische

Energie nahezu vollständig abgegeben haben, zum Kollektor abgelenkt und gesammelt. Die Maxima der resultierenden Elektronenstromkurve (Kollektorstrom vs. Anodenspannung) entsprechen den Anregungsenergien im Heliumatom.

Ist die Kollektorspannung negativ, so werden positive Heliumionen zum Kollektor abgelenkt und gesammelt. Aus dem Verlauf der resultierenden Ionenstromkurve (Kollektorstrom vs. Anodenspannung) lässt sich die Ionisationsenergie für das Heliumatom ablesen.

3. Lieferumfang

1 Kritische-Potenziale-Röhre S mit He-Füllung
1 Batterieeinheit (Batterie nicht enthalten)
1 Abschirmung
1 Bedienungsanleitung

4. Technische Daten

Gasfüllung:	Helium
Kathodenheizung:	$U_F \leq 7$ V DC
Anodenspannung:	$U_A \leq 60$ V
Anodenstrom:	$I_A \leq 10$ mA
Kollektorspannung:	$U_R = 1{,}5$ V
Kollektorstrom:	$I_R \leq 200$ pA
Glaskolben:	ca. 130 mm Ø
Gesamtlänge:	ca. 260 mm

Kritische Potentiale des Helium:

2 ^{3}S	19,82 eV
2 ^{1}S	20,62 eV
2 ^{3}P	20,96 eV
2 ^{1}P	21,22 eV
3 ^{3}S	22,72 eV
3 ^{1}S	22,92 eV
3 ^{3}P	23,01 eV
3 ^{1}P	23,09 eV
4 ^{3}S	23,59 eV
4 ^{1}S	23,67 eV
Ionisation	24,59 eV

5. Zusätzlich erforderliche Geräte

Zum Betrieb der Röhre:

1 Röhrenhalter S 1014525
1 Steuereinheit für Kritische-Potenziale-Röhren (115 V oder 230 V) 1000633 / 1008506
1 DC-Netzgerät, 0–20 V (115 V oder 230 V) 1003311 / 1003312
oder
1 Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment (115 V oder 230 V) 1012819 / 1012818

Zur Messwerterfassung:

1 Analog-Oszilloskop 2x30 MHz 1002727
2 HF-Kabel BNC / 4-mm-Stecker 1002748
oder
1 3B NET*log*™ (115 V oder 230 V) 1000539 / 1000540
1 3B NET*lab*™ 1000544
1 Computer

1 Batterie AA 1,5 V
1 Satz 15 Sicherheits-Experimentierkabel 1002843

6. Bedienung

6.1 Einsetzen der Röhre in den Röhrenhalter

- Röhre nur bei ausgeschalteten Versorgungsgeräten ein- und ausbauen.
- Röhre mit leichtem Druck in die Fassung des Röhrenhalters schieben bis die Stiftkontakte vollständig in der Fassung sitzen, dabei auf eindeutige Position des Führungsstiftes achten.

6.2 Entnahme der Röhre aus dem Röhrenhalter

- Röhre vor dem Ausbau abkühlen lassen.
- Zum Entnehmen der Röhre von hinten auf den Führungsstift drücken bis sich die Kontaktstifte lösen. Dann die Röhre entnehmen.

7. Experimentierbeispiel

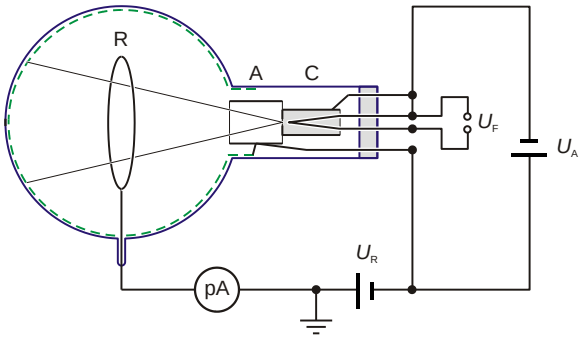
Bestimmung der kritischen Potenziale des Heliumatoms

7.1 Allgemeine Hinweise

Der Experimentieraufbau mit der Kritische-Potenziale-Röhre ist sehr empfindlich gegen elektromagnetische Störquellen (Computer, Leuchtstoffröhren etc.).

- Experimentierplatz so wählen, dass elektromagnetische Störquellen vermieden werden.

Schaltschema



R: Kollektorring

A: Anode

C: Kathode

7.2 Experimentieraufbau mit der Steuereinheit für Kritische-Potenziale-Röhren

- Röhre in den Röhrenhalter einsetzen.

Bereitstellung der Heizspannung U_F:

- Buchse F3 des Röhrenhalters mit dem Pluspol des Ausgangs des DC-Netzgerätes und F4 mit dem Minuspol verbinden. (siehe Fig. 1)

Bereitstellung der Beschleunigungsspannung U_A:

- Buchse C5 des Röhrenhalters mit dem Minus-Pol des Ausgangs V_A der Steuereinheit und mit dem Minuspol des DC-Netzgerätes verbinden.
- Buchse A1 des Röhrenhalters mit dem Pluspol des Ausgangs V_A der Steuereinheit verbinden.

Bereitstellung der Kollektorspannung U_R:

- Abschirmung über die Röhre stülpen und mit der Falzkante in die Aufnahme des Röhrenhalters schieben, so dass sich die Röhre vollständig innerhalb der Abschirmung befindet. Dann mit einer Massebuchse der Steuereinheit verbinden.
- Anschlusskabel des Kollektorrings an den BNC-Eingang der Steuereinheit anschließen.
- Batterie gemäß der Polarität in den Batteriehalter klemmen.
- Pluspol des Ausgangs V_A der Steuereinheit mit dem Minuspol der 1,5-V-Batterie verbinden.
- Pluspol der 1,5-V-Batterie mit einer Massebuchse der Steuereinheit verbinden.

Hinweis:

Die Kollektorspannung ist nun positiv wie zur Aufzeichnung der Elektronenstromkurve erforderlich. Die Messwerte für den Strom sind in diesem Fall negativ.

Zur Halbierung der Kollektorspannung kann der Pluspol der Steuereinheit mit Buchse B des Batteriehalters verbunden werden.

Zur Aufzeichnung der Ionenstromkurve wird die Polarität der Batterie vertauscht, um eine negative Kollektorspannung zu erreichen. Die Messwerte für den Strom sind dann positiv.

7.2.1 Durchführung mit dem 3B NET*log*™

- Minimale Spannung an Ausgang V_A der Steuereinheit auf ca. 10 V und maximale Spannung auf ca. 35 V stellen; dazu mit 3B NET*log*™ die um den Faktor 1000 kleineren Spannungen zwischen Buchse 3 und Masse bzw. Buchse 4 und Masse messen. Alternativ können die Spannungen mit Hilfe eines Multimeters eingestellt werden.
- 3B NET*log*™ an Computer anschließen.
- Ausgang Fast 1 der Steuereinheit an Eingang A und Ausgang Fast 2 an Eingang B des 3B NET*log*™ anschließen. (siehe Fig. 2)
- 3B NET*log*™ einschalten und Computerprogramm 3B NET*lab*™ starten.
- „Messlabor“ auswählen und einen neuen Datensatz anlegen.
- Analogeingänge A und B auswählen und jeweils im Gleichspannungsmodus (VDC) für A den Messbereich 200 mV und für B den Messbereich 2 V einstellen.
- Formel I = -667 * “Input_B“ (Einheit pA) eintragen.
- Messintervall = 50 µs, Messzeit = 0,05 s und Modus = Standard wählen.
- Triggerung an Eingang A mit steigender Flanke (20%) aktivieren.
- Am DC-Netzgerät eine Heizspannung von ca. 3,5 V einstellen.
- Aufzeichnung der Messwerte starten.
- Diagramm erstellen, in dem die X-Achse mit der „rel Zeit in s“ und die Y-Achse mit der Größe I belegt ist.
- Immer wieder die Messwerte neu aufzeichnen, dabei die Heizspannung etwas erhöhen und die minimale und die maximale Beschleunigungsspannung U_A variieren, um die Messkurve zu optimieren.
- Im Spektrum den 2^3S-Peak bei 19,8 eV identifizieren und seine Position t_1 auf der

Zeitachse bestimmen.

- Ionisationsgrenze bei 24,6 eV identifizieren und deren Position t_2 auf der Zeitachse bestimmen.
- Neue Formel mit dem Namen E und der Definition $19{,}8 + 4{,}8 * (t - t_1)/(t_2 - t_1)$ mit der Einheit eV eintragen; dabei für t_1 und t_2 die gefundenen Zahlenwerte in s einsetzen.
- Diagramm erstellen, in dem die X-Achse mit der Größe *E* und die Y-Achse mit der Größe *I* belegt ist (siehe Fig. 3).
- Zur Aufzeichnung der Ionenstromkurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

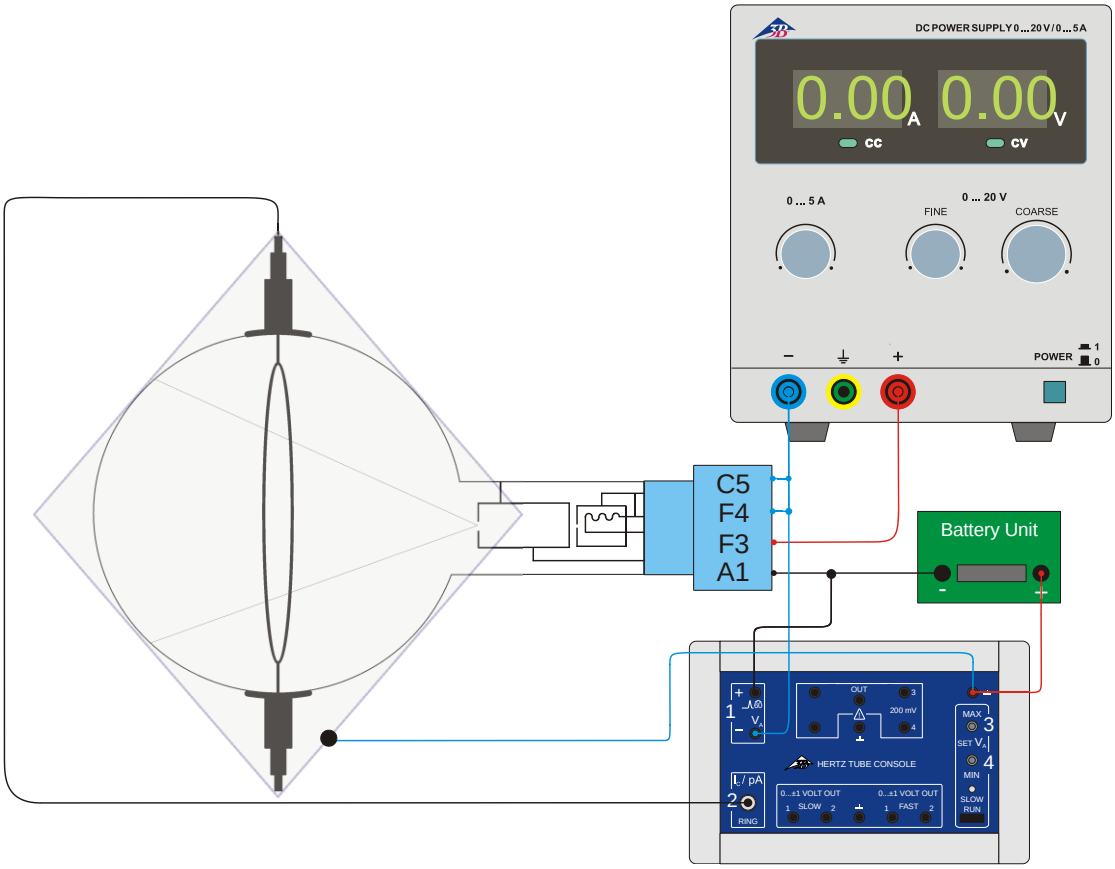


Fig. 1 Experimentieraufbau mit der Steuereinheit für Kritische-Potenziale-Röhren

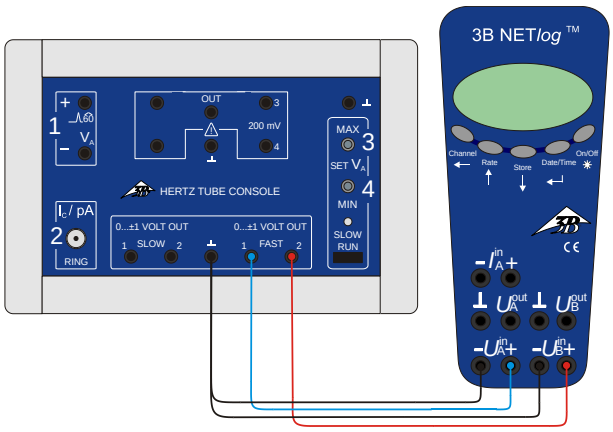


Fig. 2 Anschluss des 3B NET*log*™ an das Steuergerät für Kritische-Potenziale-Röhren

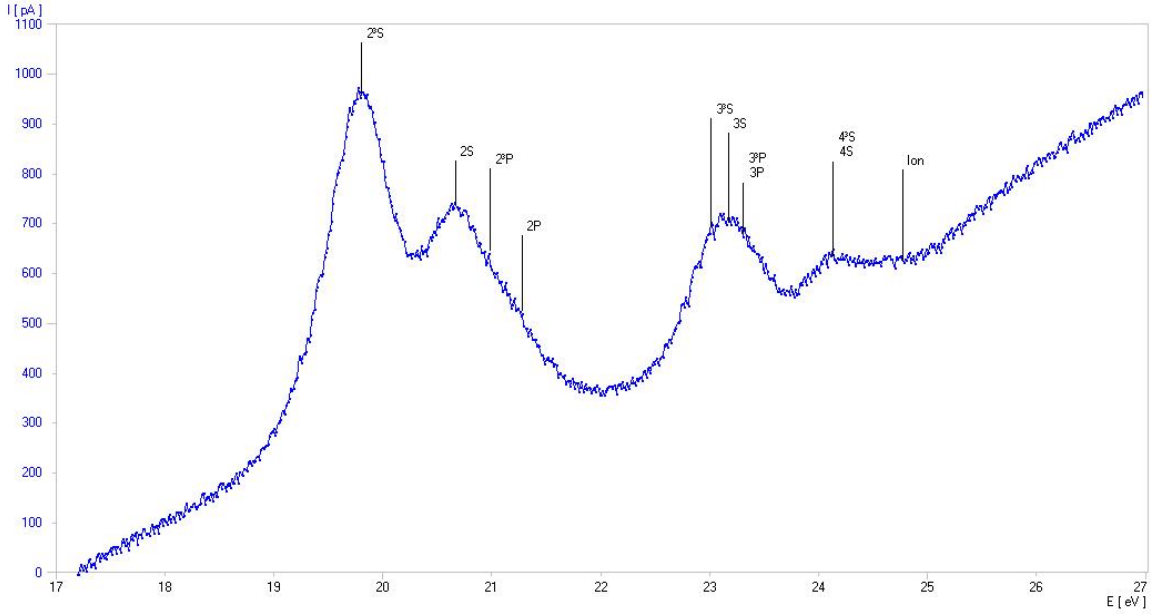


Fig. 3: Bestimmung der kritischen Potenziale des Heliumatoms (Messkurve aufgenommen mit dem 3B NET*log*™)

7.2.2 Durchführung mit einem Oszilloskop

- Ausgang Fast1 der Steuereinheit an Channel 1 (X-Ablenkung) und Ausgang Fast 2 an Channel 2 (Y-Ablenkung) des oszilloskops anschließen. (siehe Fig. 4)
- Minimale Spannung an Ausgang V_A der Steuereinheit auf ca. 10 V und maximale Spannung auf ca. 35 V stellen; dazu mit einem Multimeter die um den Faktor 1000 kleineren Spannungen zwischen Buchse 3 und Masse bzw. Buchse 4 und Masse messen.
- Am DC-Netzgerät eine Heizspannung von ca. 3,5 V einstellen.

Oszilloskopeinstellungen:
Channel 1: 50 mV/Div
Channel 2: 0,2 V/Div
Time-Base: 5 ms
Trigger auf Channel 1

- Heizspannung, untere und obere Grenze der Beschleunigungsspannung sowie die Oszilloskopparameter variieren, bis eine optimale Kurve erscheint.
- Zur Aufzeichnung der Ionenstromkurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

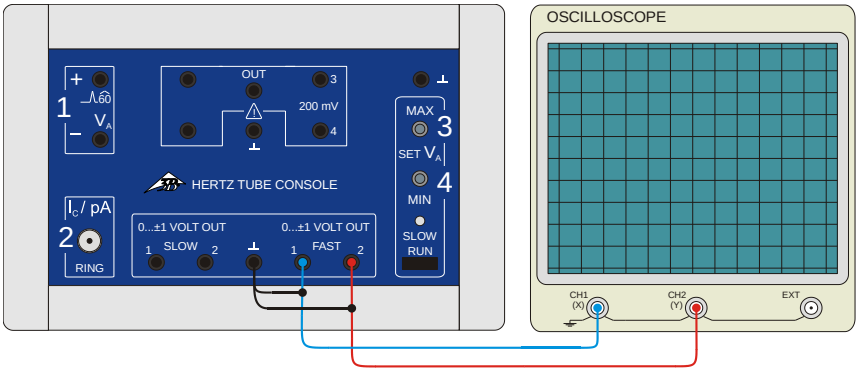


Fig. 4 Anschluss eines Oszilloskops an das Steuergerät für Kritische-Potenziale-Röhren

7.3 Experimentieraufbau mit dem Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

- Röhre in den Röhrenhalter einsetzen.

Bereitstellung der Heizspannung U_F:

- Buchse F3 des Röhrenhalters mit Buchse F am Betriebsgerät für Franck-Hertz-

Experiment und Buchse F4 mit Buchse K verbinden. (siehe Fig. 5)

Bereitstellung der Beschleunigungsspannung U_A:

- Buchse C5 des Röhrenhalters mit Buchse K am Betriebsgerät und Buchse A1 mit Buchse A verbinden.

Hinweis:

Die Bereitstellung der Kollektorspannung U_R erfolgt intern im Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment. Sie kann zwischen 0 V und 12 V variiert werden und ist positiv, wenn die eingestellte Gegenspannung negativ angezeigt wird.

Die so gemessenen Werte für den Elektronenstrom sind negativ.

- Abschirmung über die Röhre stülpen und mit der Falzkante in die Aufnahme des Röhrenhalters schieben, so dass sich die Röhre vollständig innerhalb der Abschirmung befindet. Dann mit einer Massebuchse des Betriebsgeräts für Franck-Hertz-Experiment verbinden.
- Anschlusskabel des Kollektorrings an den BNC-Eingang des Betriebsgerätes anschließen.

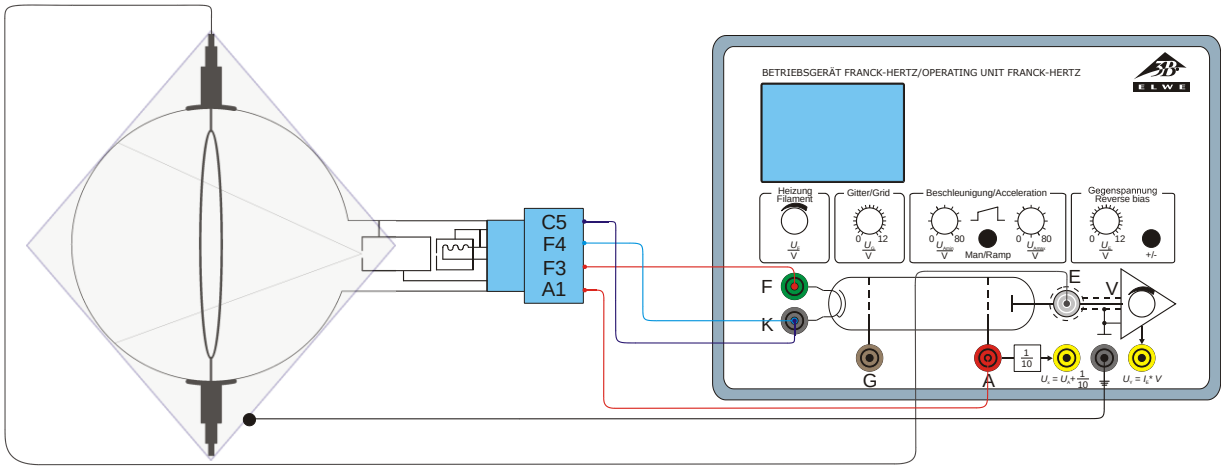


Fig. 5 Experimentieraufbau mit dem Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

7.3.1 Durchführung mit dem 3B NET*log*™

- 3B NET*log*™ ans Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment anschließen. (siehe Fig. 6) Dazu Ausgang Ux des Betriebsgeräts für Franck-Hertz-Experiment an Eingang A und Ausgang Uy an Eingang B des 3B NET*log*™ anschließen.
- Am Betriebsgerät im Modus Rampe eine minimale Spannung von ca. 10 V und eine maximale Spannung von ca. 35 V einstellen.
- Heizspannung von ca. 3,5 V und Kollektorspannung von ca. -1,5 V wählen.
- Einstellungen am Interface 3B NET*log*™ sowie Computerprogramm 3B NET*lab*™ und Messwertaufzeichnung wie unter Punkt 7.2.1 beschrieben vornehmen.
- Heizspannung, untere und obere Grenze der Beschleunigungsspannung, Kollektorspannung sowie die Verstärkung variieren, bis eine optimale Kurve erscheint.
- Zur Aufzeichnung der Ionenstromkurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

7.3.2 Durchführung mit einem Oszilloskop

- Ausgang Ux des Betriebsgeräts für Franck-Hertz-Experiment an Channel 1 (X-Ablenkung) und Ausgang Uy an Channel 2 (Y-Ablenkung) des Oszilloskops anschließen. (siehe Fig. 7)
- Am Betriebsgerät im Modus Rampe eine minimale Spannung von ca. 10 V und eine maximale Spannung von ca. 35 V einstellen.
- Heizspannung von ca. 3,5 V und Kollektorspannung von ca. -1,5 V wählen.

Oszilloskopeinstellungen:
Channel 1: 50 mV/Div
Channel 2: 0,2 V/Div
Time-Base: 5 ms
Trigger auf Channel 1

- Heizspannung, untere und obere Grenze der Beschleunigungsspannung, Kollektorspannung, Verstärkung sowie die Oszilloskopparameter variieren, bis eine optimale Kurve erscheint.
- Zur Aufzeichnung der Ionenstromkurve die Polarität der Kollektorspannung vertauschen.

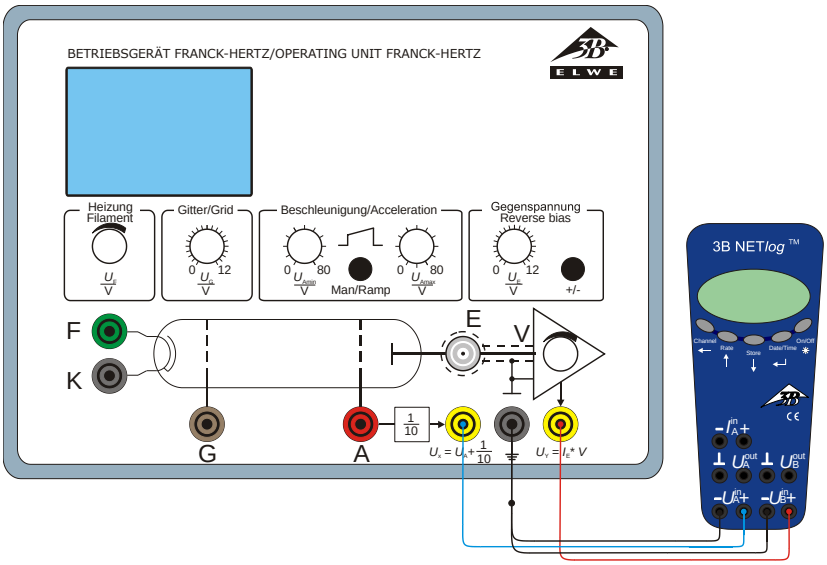


Fig. 6 Anschluss des 3B NET*log*™ an das Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

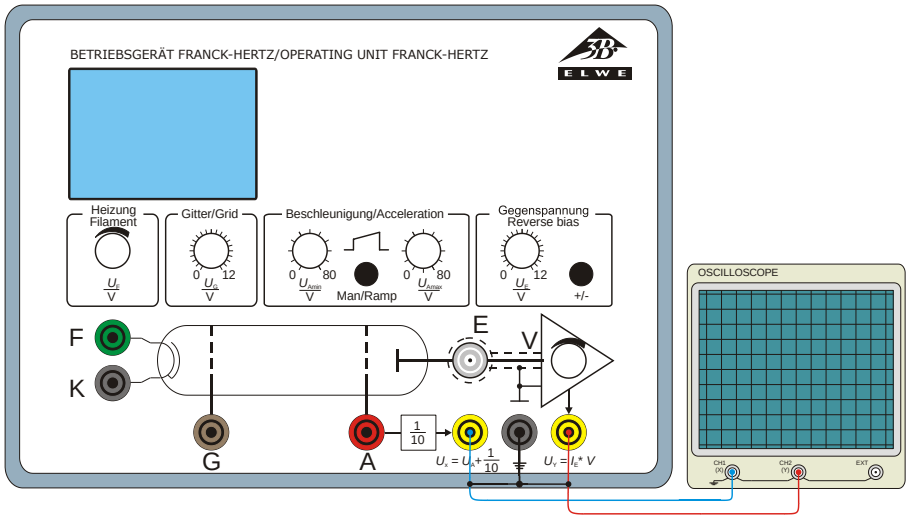


Fig. 7 Anschluss eines Oszilloskops an das Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

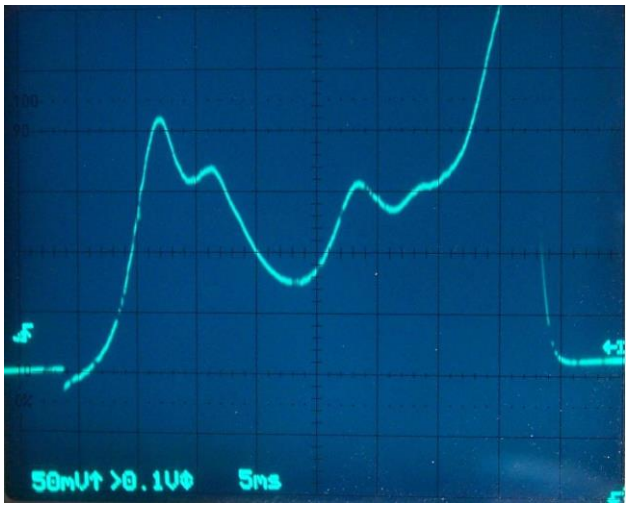


Fig. 8 Beispiel einer Messkurve aufgenommen mit dem Betriebsgerät für Franck-Hertz-Experiment

7.4. Kalibrierung der Messkurve

- Bei einer Heizspannung von 3,5 V und einer Kollektorspannung von -1,5 V die untere Grenze der Beschleunigungsspannung auf 0 V und die obere Grenze auf 60 V einstellen. Verstärkung aufdrehen.

Auf dem Oszilloskopschirm erscheint eine Messkurve, bei der an drei Stellen schwach ausgebildete Strukturen zu sehen sind. Davon sind hier die ersten Strukturen von Interesse. Um diesen Bereich hervorzuheben folgendermaßen weiter verfahren.

- Obere Grenze der Beschleunigungsspannung auf ca. 35 V reduzieren.

Dadurch wird auf die Messkurve eingezoomt und die Strukturen werden deutlicher.

- Um die Messkurve noch größer abzubilden, die Verstärkung oder die Heizspannung erhöhen. Gegebenenfalls auch die Einstellungen am Oszilloskop anpassen.
- Untere Grenze der Beschleunigungsspannung soweit erhöhen (auf ca. 15 V), bis die Messkurve mit der Flanke zum ersten Peak beginnt. Gegebenenfalls die Verstärkung erhöhen, um die Strukturen besser abzubilden.
- Obere Grenze der Beschleunigungsspannung weiter reduzieren (auf ca. 20 V), bis die Messkurve an der Stelle endet, wo die Ionisation einsetzt.

Der Bereich der Messkurve, in dem die kritischen Potenziale liegen, ist nun mit klar definierten Grenzen auf dem Oszilloskopschirm abgebildet und die kritischen Potenziale können eindeutig identifiziert werden.

© Copyright 2015 3B Scientific GmbH