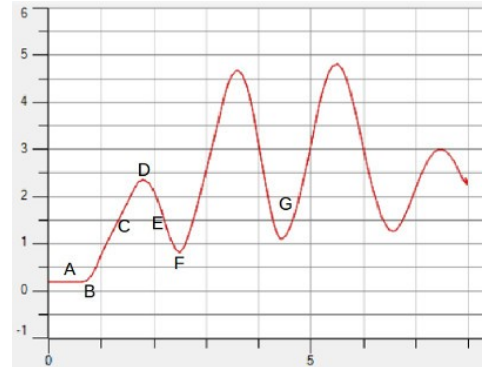
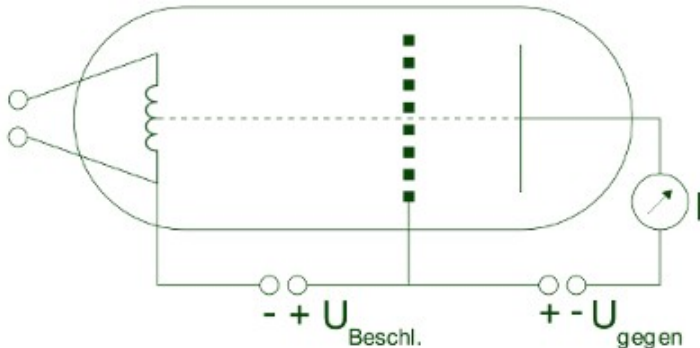


# Thema: Gasgefüllte Röhren

## 1 Vorüberlegungen: Franck-Hertz-Versuch (im Unterricht behandelt)

### 1.1 Skizzieren Sie die Messkurve des im Unterricht behandelten Franck-Hertz-Versuchs und geben Sie kurz die Deutung dieses Versuchsergebnisses.



In einer mit Neongas unter schwachem Druck gefüllten Röhre werden Elektronen von einem Glühdraht emittiert. Mit der Beschleunigungsspannung zwischen Glühdraht und Gitter werden die Elektronen beschleunigt, mit einer Gegenspannung zwischen Gitter und Auffängerelektrode abgebremst. Bei ansteigender Beschleunigungsspannung (waagrecht) nimmt der Stromfluss (senkrecht) im Messgerät rechts periodisch zu und ab.

Deutung des Kurvenverlaufs:

Im Bereich A ist die Gegenspannung höher als die Beschleunigungsspannung, sodass keine Elektronen auf der Empfängerelektrode auftreffen können.

Ab der Beschleunigungsspannung bei B schaffen es die ersten Elektronen, gegen die Gegenspannung anlaufen und auf der Elektrode rechts ankommen zu können.

Im Spannungsbereich von C kommen immer mehr Elektronen am Ziel an.

Auf ihrem Weg reagieren die Elektronen mit den Neon-Atomen durch elastische Stöße: Energie wird in Form von Bewegungsenergie an die Neon-Atome abgegeben.

Elektronen, die weniger oft mit den Neon-Atomen zusammenstoßen kommen schon bei kleineren Beschleunigungsspannungen an, während bei zahlreichen Zusammenstößen die Beschleunigungsspannung höher sein muss.

Bei D haben die schnellsten Elektronen so viel Energie, dass sie die Neon-Atome in einen angeregten Zustand versetzen können, d. h. die Atome speichern die Energie kurzzeitig.

Im Bereich E besitzen mehr Elektronen die zum Anregen notwendige Energie. Nach Abgabe dieser Energie kommen die Elektronen dann nicht mehr am Ziel an.

Ab F haben die Elektronen, die vorher Energie abgegeben haben, wieder so viel Energie gesammelt, dass sie am Ziel ankommen können.

Im Bereich G findet eine Umkehrung der Stromrichtung statt. Elektronen haben jetzt so viel Energie angesammelt, dass sie Neon-Atome ionisieren können. Diese positiven Ionen werden von der negativ geladenen Ziel-Elektrode angezogen und entnehmen aus der Elektrode Elektronen: Elektronen fließen durch das Messgerät in die Röhre hinein.

Die periodische Erscheinung kommt dadurch zustande, dass die Elektronen nach einer Anregung von Neon wieder Energie sammeln können um dann ein (oder mehrere) weitere(s) Neon-Atom(e) anregen zu können. Die Neon-Atome geben die aufgenommene Energie nach kurzer Zeit wieder in Form von Licht ab. Da die Elektronen zwischen den einzelnen Anregungen auf ihrem Weg Energie aufnehmen müssen, liegen die Orte der Anregung und damit auch der Lichtaussendung getrennt voneinander in leuchtenden Scheiben.

- 1.2 Erläutern Sie, warum beim Franck-Hertz-Versuch auch Maxima und Minima bei höheren Beschleunigungsspannungen als der Ionisierungsspannung von Quecksilber beobachtet werden können.

Auf Grund der relativ hohen Zahl von Hg-Atomen verlieren die meisten Elektronen vor Erreichen der Ionisationsenergie ihre Energie durch Anregung von Hg-Atomen.

- 2 Versuch 1: Eine Triode ist mit Neon und Quecksilber gefüllt. Der Gasdruck in der Röhre ist höher als beim Franck-Hertz-Versuch, die Röhre wird nicht geheizt. Zwischen Heizwendel und Gitter wird eine variable Beschleunigungsspannung angelegt, zwischen Gitter und Auffängerelektrode eine kleine Gegenspannung. Der Auffängerstrom und die auftretenden Leuchterscheinungen werden in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung registriert (siehe Materialien).

- 2.1 Berechnen Sie die Wellenlänge, die im Termschema (Abb. 2) durch das Fragezeichen (?) angegeben ist.

Die zu ? gehörende Spannung ist mit 6,7 V angegeben. Die Energie E ergibt sich aus  $E = e \cdot U$ . Das ausgesandte Photon hat die Energie  $E = h \cdot f$ . Mit  $c = f \cdot \lambda$  folgt dann

$$e \cdot U = h \cdot f \rightarrow f = \frac{e \cdot U}{h} ; c = f \cdot \lambda \rightarrow \lambda = \frac{c}{f} = \frac{c}{\frac{e \cdot U}{h}} = \frac{c \cdot h}{e \cdot U} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} J \cdot s}{1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot 6,7 V} \approx 1,85 \cdot 10^{-7} m = 185 nm$$

- 2.2 Markieren Sie auf dem Graph der Abb. 1 die Stellen durch Angabe der Wellenlänge, an denen zum ersten Mal bei ansteigender Beschleunigungsspannung Licht der entsprechenden Wellenlänge ausgestrahlt wird. Markieren Sie außerdem die Bereiche, in denen Farberscheinungen zu sehen sind.
- 2.3 Erläutern Sie ausführlich, welche Ursachen zum Entstehen der Messkurve und der Farberscheinungen beitragen. Beschreiben Sie dabei insbesondere, was zu einem waagrechten, ansteigenden und abfallenden Kurvenverlauf und zu Maxima und Minima führt.

Zunächst ist ein blaues Leuchten bei Beschleunigungsspannungen zwischen 7 V und 10 V zu sehen. Im Termschema findet man dazu bei Hg Linien mit 435 nm und 437 nm.

Nach Erreichen der Ionisationsspannung für Hg nimmt die Zahl der Ladungsträger stark zu. Durch Anregen der Ne-Linien wird den Elektronen Energie entzogen, so dass ein Maximum in der Messkurve bei etwa 16 V entsteht mit einem Abfall der Kurve bis etwa 18 V. Danach erfolgt ein Anstieg der Kurve bis zu einem Maximum bei Erreichen der Ionisationsenergie von Neon bei 21,5 V.

- 3 Versuch 2: An die zwei Elektroden einer mit normaler Luft gefüllten Gasentladungsröhre wird eine Hochspannung angelegt. Wird der Gasdruck in der Röhre verringert, ist ein rötliches Leuchten zu sehen.

- 3.1 Beschreiben Sie, wie es zu dieser rötlichen Leuchterscheinung kommt. Gehen Sie dabei auf alle Phasen des Leerpumpens ein.

Je nach Luftdruck in den Röhren sind unterschiedliche Erscheinungen zu sehen.

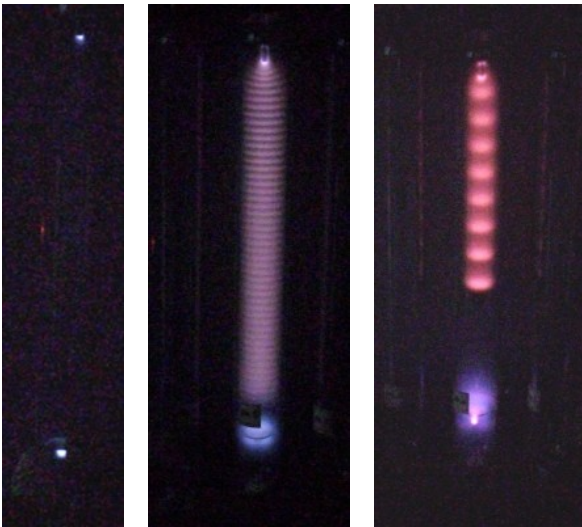
Erläuterungen zu den Bildern: Von links nach rechts nimmt der Luftdruck in den Röhren ab.

Links sieht man nur Leuchterscheinungen an den Elektroden (oben +, unten -).

In der Mitte leuchtet fast der ganze Innenbereich. Die Schichtung ist nicht real vorhanden, sondern ergibt sich durch die Eigenschaften des Fotoapparates.

Rechts ist die "positive Säule" zu sehen. In gleichen Abständen ist die Helligkeit merklich erhöht. Bei weiterem Evakuieren verschwinden die Leuchterscheinungen.

Wie beim Franck-Hertz-Versuch werden hier Luftatome durch Elektronen getroffen und zum Leuchten angeregt.



- 3.2 Erläutern Sie das Zustandekommen der Schichtung innerhalb des rötlichen Leuchtens.

Haben die Elektronen genügend Energie erhalten, können sie die Luft zum Leuchten bringen. Da sie dabei Energie abgeben, benötigen sie wieder eine gewisse Beschleunigungsstrecke, um genügend Energie für eine weitere Anregung zu sammeln.

- 3.3 Beschreiben Sie einen Versuch, mit dem man die Wellenlänge des rötlichen Lichts bestimmen könnte.

Man betrachtet eine rötliche Scheibe durch ein Gitter. Außer dem direkt in das Auge fallenden Licht sieht man seitlich versetzt auch rötliche Streifen. Durch Winkel- und Abstandsmessung kann man so (subjektiv) die Wellenlänge des Lichts bestimmen.

- 4 Versuch 3: Der Versuch 2 wird mit einer "Hittorfschen Umwegröhre" wiederholt.

- 4.1 Erläutern Sie, warum bei fortlaufender Evakuierung der Röhre die Leuchterscheinung zwischen den Elektroden verschwindet und dafür im gebogenen Umweg erscheint.



Bei hohem Luftdruck in der Röhre bildet sich die Leuchterscheinung nur direkt zwischen den Elektroden aus (wie im Versuch unter 2). Sinkt der Luftdruck sehr stark und ist das Gas genügend ionisiert, so findet ein Stromfluss entlang des Umweges durch den oberen Teil der Röhre statt: Gasionen werden beschleunigt und treffen auf andere Gasteilchen, die dann auch ionisiert werden.

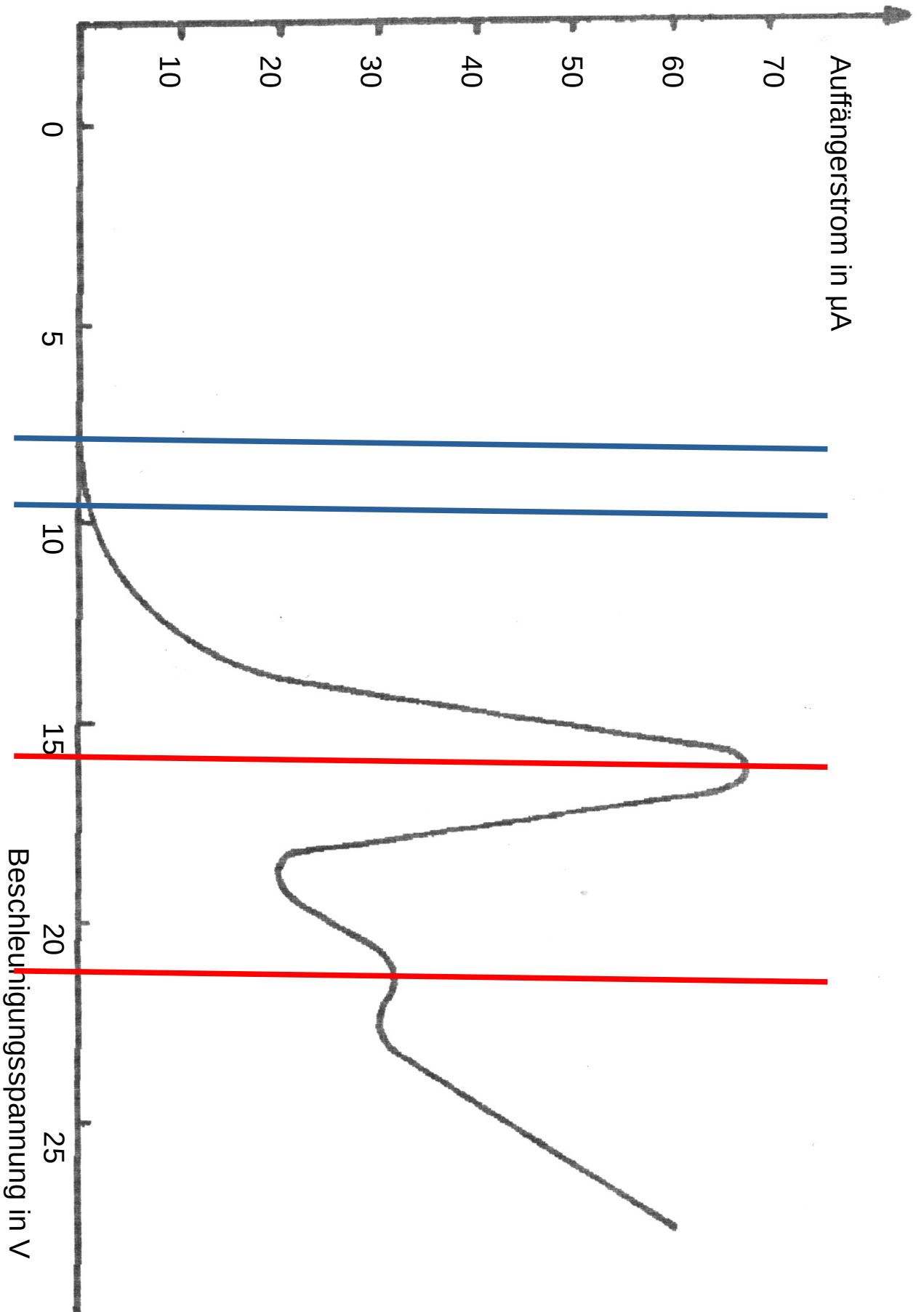


Abb. 1: Auffängerstrom in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung

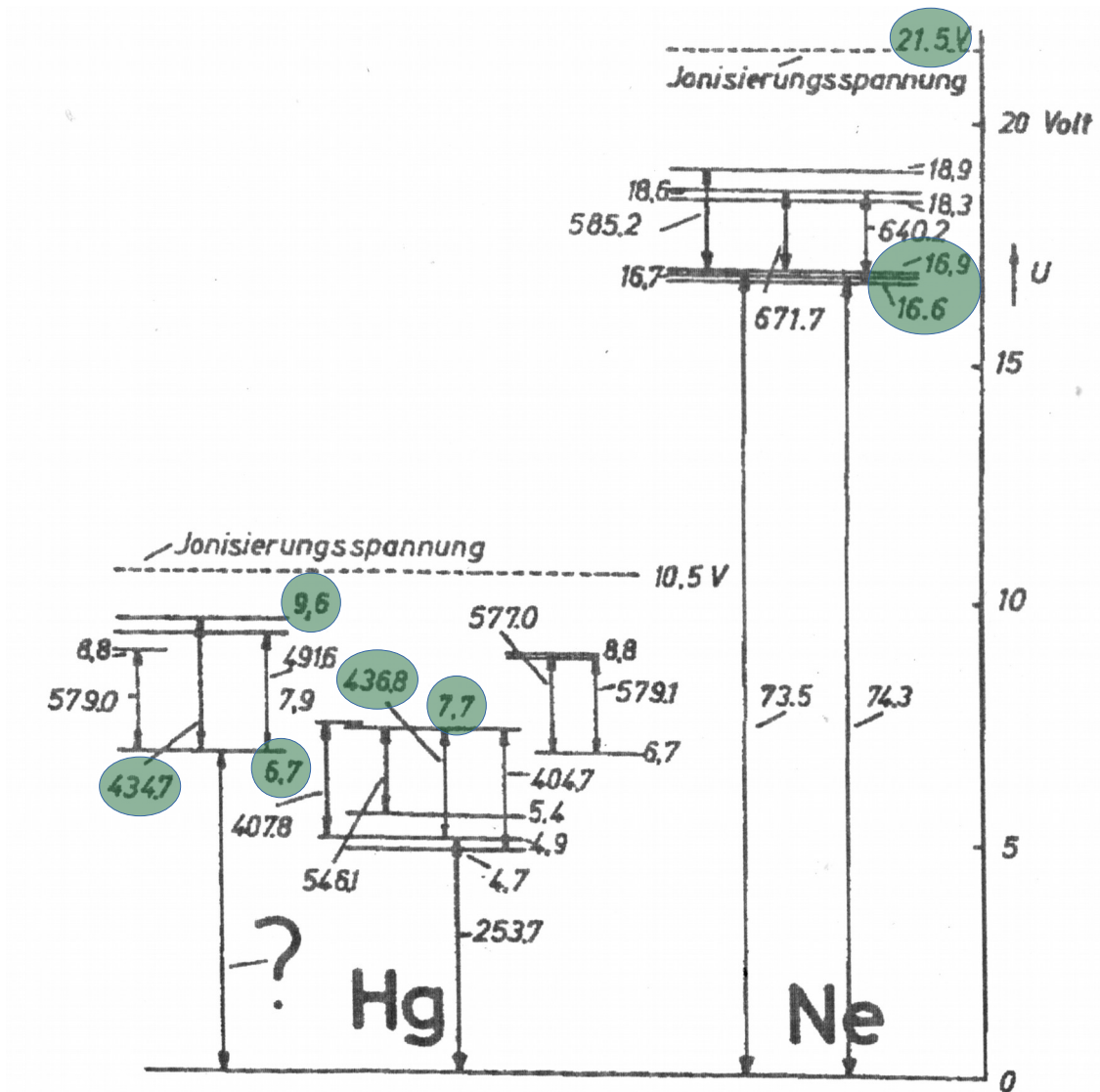


Abb. 2: Niveauschema von Quecksilber (Hg) und Neon (Ne) mit einigen Übergängen.  
Zahlenwerte kleiner als 50.0 geben Spannungen in V an,  
Zahlenwerte größer als 50.0 geben Wellenlängen in nm an.

Abb. 3: Beobachtete Farberscheinungen:  
ca. 9,0 V bis ca. 18,0 V blau  
ca. 18,0 V bis ca. 18,5 V rot  
ca. 18,5 V und höher gelblichrot

Abb. 4: Grenzwellenlängen zwischen Farbbereichen

ultraviolett	-	violett	-	blau	-	grün	-	gelb	-	orange	-	rot	-	infrarot
390 nm		430 nm		490 nm		570 nm		600 nm		610 nm		770 nm		