Ausdrucken (N Schüler):
Seiten 2-9: N/4 mal
Seite 18 und 19: N mal

Seiten 15-17: ein mal farbig(in Briefumschläge)

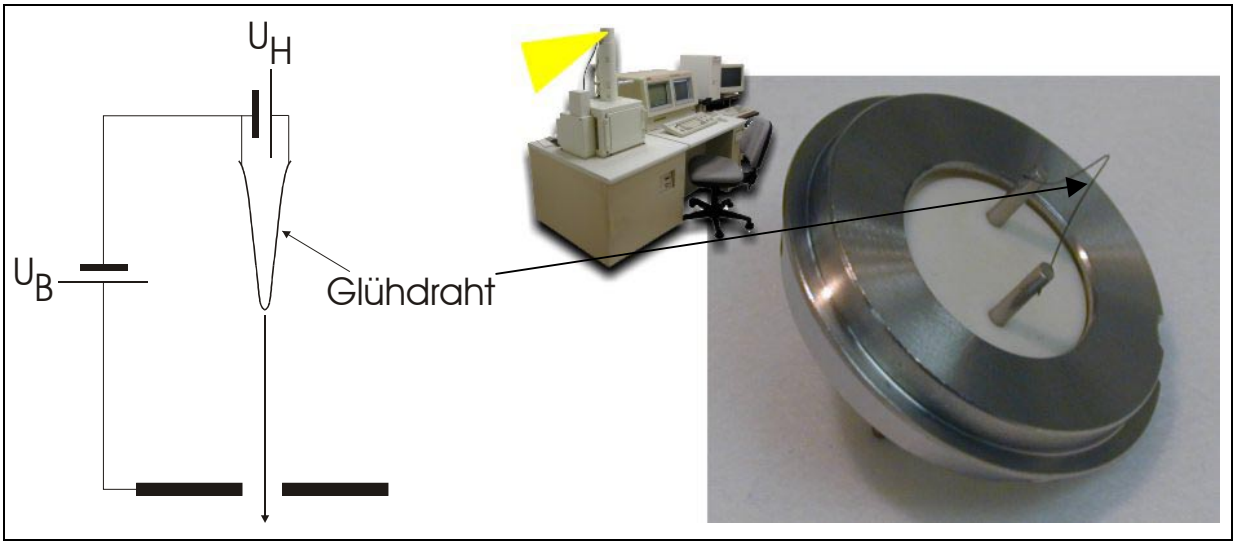
© Dr. Roland Berger (2003)

Code-Name:

1. Wie funktioniert die Elektronenkanone?

In der Zeichnung ist der prinzipielle Aufbau einer Elektronenkanone zu sehen. Rechts ist der dazu notwendige Heizdraht sowie seine Position im Mikroskop mit Pfeil markiert.
Erklären Sie Ihrer Gruppe anhand der Zeichnung:

1. Warum muss der Glühdraht geheizt werden, um freie Elektronen zu erhalten?
2. Wie wird der Draht geheizt?
3. Wie werden die freien Elektronen beschleunigt?



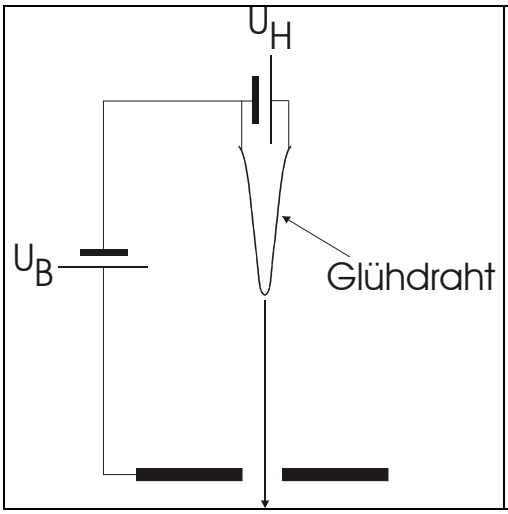
Falls Ihnen die Funktionsweise einer Elektronenkanone nicht mehr in Erinnerung sein sollte, so finden Sie zusätzliche Informationen im Briefumschlag auf dem Lehrertisch.

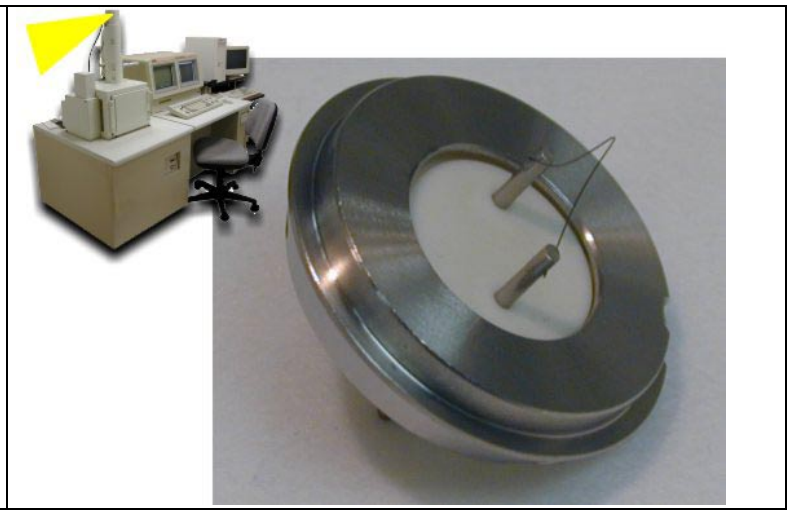
Verwenden Sie das folgende Blatt als Grundlage für die Unterrichtung Ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler:

- Tragen Sie in die freien Felder geeignete **Schlüsselbegriffe** ein, die Ihnen für Ihre Unterrichtstätigkeit wichtig erscheinen.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler nach Ihrem Unterricht **eigene Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ formulieren. Dies soll zu einer vertiefenden Beschäftigung mit dem Stoff beitragen. Diskutieren Sie anschließend mit ihnen über deren Schlüsselbegriffe.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler in der Unterrichtsgruppe zur Verständniskontrolle die **Verständnisfragen** beantworten. Falls Sie dabei Hilfe benötigen: Die Antworten finden Sie auf den Lösungskärtchen auf dem Lehrertisch.

© Dr. Roland Berger (2003)

Vorlage für Ihren Unterricht zum Thema „Elektronenkanone“





<u>Zur Vertiefung:</u>

1. Tragen Sie Schlüsselbegriffe (z.B. glühelektrischer Effekt“) in die Felder ein, die Ihnen beim Erklären helfen könnten:

2. Fordern Sie Ihre Gruppe zur **<u>Formulierung eigener Schlüsselbegriffe</u>** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ auf.
3. Verständnisfragen an Ihre Gruppe:
   1. Wozu wird der Draht zum Glühen gebracht?
   2. Wie muss die Beschleunigungsspannung gepolt sein? (mit Begründung)
   3. Wie kann man die Zahl der freien Elektronen erhöhen?
   4. Wozu werden diese Elektronen im Rasterelektronenmikroskop benötigt?
   5. Formulieren Sie zusätzlich eine eigene Frage!

© Dr. Roland Berger (2003)

Code-Name:

2. Wie kann man den Elektronenstrahl ablenken?

Um das abzubildende Objekt abzurastern, muss der Elektronenstrahl abgelenkt werden. Dies geschieht in der Regel mit Hilfe einer Ablenkspule.
Im Magnetfeld der stromdurchflossenen Ablenkspule wird eine Lorentzkraft auf die Elektronen des Strahls ausgeübt. Die Richtung der Lorentzkraft ergibt sich mit Hilfe der Drei-Finger-Regel der linken Hand aus der Bewegungsrichtung der Elektronen und der Richtung des Magnetfelds der Spule.
Bearbeiten Sie bitte folgende Aufgaben:

1. Bestimmen Sie mit der Drei-Finger-Regel die Richtung des Magnetfelds aus der Ablenkung des Elektronenstrahls.
2. Überprüfen Sie das Ergebnis mit Hilfe der Linke-Hand-Regel.

Falls Ihnen die beiden verwendeten Regeln nicht mehr in Erinnerung sein sollten, so finden Sie zusätzliche Informationen im Briefumschlag.
Auch die Erklärung ist im Briefumschlag enthalten!

Verwenden Sie das folgende Blatt als Grundlage für die Unterrichtung Ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler:

- Tragen Sie in die freien Felder geeignete **Schlüsselbegriffe** ein, die Ihnen für Ihre Unterrichtstätigkeit wichtig erscheinen.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler nach Ihrem Unterricht **eigene Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ formulieren. Dies soll zu einer vertiefenden Beschäftigung mit dem Stoff beitragen. Diskutieren Sie anschließend mit ihnen über deren Schlüsselbegriffe.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler in der Unterrichtsgruppe zur Verständniskontrolle auf deren Übungsblatt die Aufgabe zur Elektronenstrahlablenkung bearbeiten: Überprüfen Sie das Ergebnis und verhelfen Sie den Gruppenmitgliedern zur richtigen Lösung. Falls Sie dabei Hilfe benötigen: Die Antworten finden Sie auf der Lösungskarte auf dem Lehrertisch.

© Dr. Roland Berger (2003)

Vorlage für Ihren Unterricht zum Thema „Elektronenstrahlablenkung“

Tragen Sie Schlüsselbegriffe (z.B. „Lorentzkraft“) in die Felder ein, die Ihnen beim Erklären helfen könnten:

Zur Vertiefung:

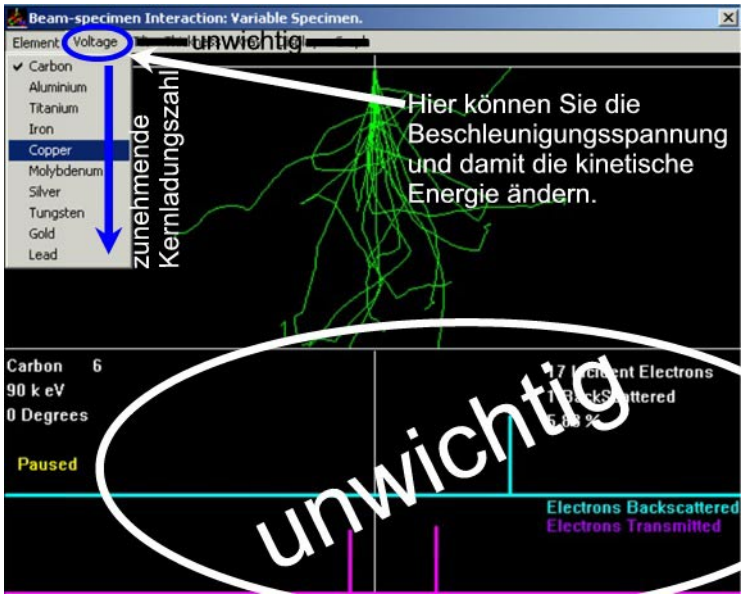
1. Fordern Sie Ihre Unterrichtsgruppe zur **Formulierung eigener Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ auf.
2. Bitten Sie die Gruppenmitglieder, die Aufgabe zur Elektronenstrahlablenkung auf deren Übungsblatt zu bearbeiten.
3. Formulieren Sie zusätzlich eine eigene Frage für Ihre Unterrichtsgruppe!

© Dr. Roland Berger (2003)

Code-Name:

3. Wovon hängt die Eindringtiefe der Elektronen in die Probe ab?

Laden Sie am Computer die Seite www.matter.org.uk/tem/electron_scattering.htm
Dort finden Sie ein Simulationsprogramm, welches die Bahnen der Primärelektronen in einer Probe berechnet:



Im Folgenden soll die Abhängigkeit der Eindringtiefe der Primärelektronen

- von der Energie der auftreffenden Primärelektronen und
- von der Kernladungszahl Z des Materials, in welches die Primärelektronen eindringen, untersucht werden. Die Kernladungszahl ist die Zahl der Protonen im Kern.

Erarbeiten Sie mit Ihrer Gruppe die Lösung folgender Fragen:

1. Warum ist die Bahnlänge der Primärelektronen (grüne Linien im Simulationsprogramm) immer größer als ihre Eindringtiefe in die Probe?
2. Überprüfen Sie mit Hilfe des Programms, wie die Eindringtiefe der Primärelektronen
   a) von ihrer Energie (bei fester Kernladungszahl Z) und
   b) von der Kernladungszahl des Materials (bei fester Energie des auftreffenden Primärelektrons) abhängt.
3. Geben Sie Ihrer Gruppe eine Erklärung dieser beiden Abhängigkeiten mit Hilfe der Ablenkung der Primärelektronen durch die Atomkerne („elastische Streuung“).

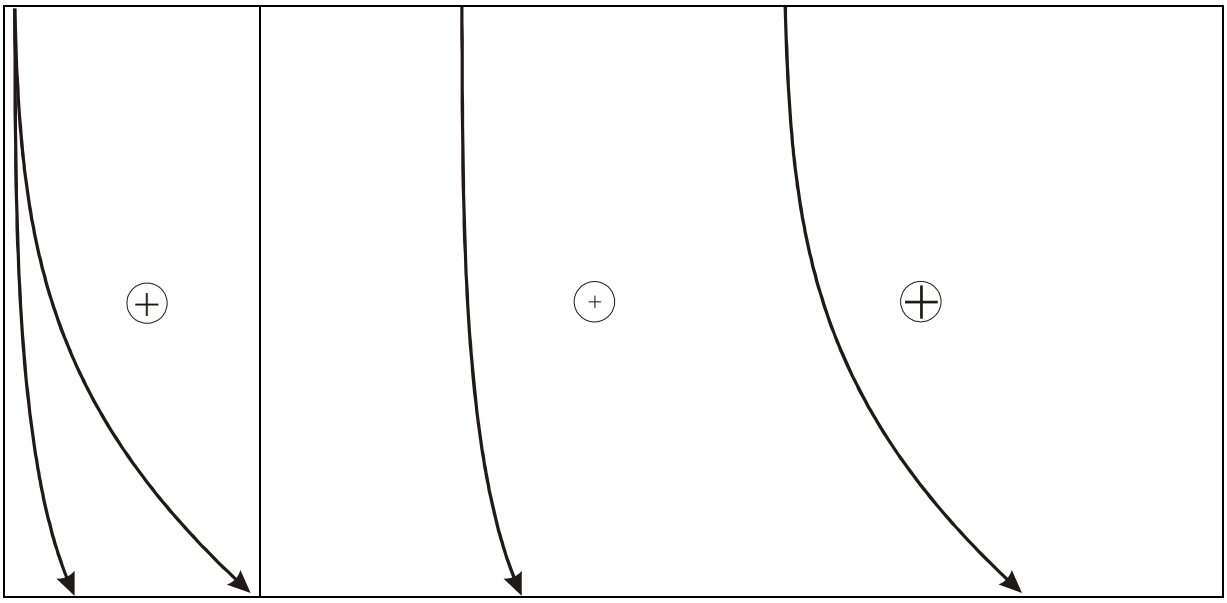
Falls Sie Unterstützung benötigen, beachten Sie bitte die zusätzlichen Informationen im Briefumschlag.
Dort finden Sie auch Hintergrundinformationen zur Rolle der inelastischen Streuung.

Verwenden Sie das beigefügte Blatt als Grundlage für die Unterrichtung Ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler:

- Tragen Sie in die freien Felder geeignete **Schlüsselbegriffe** ein, die Ihnen für Ihre Unterrichtstätigkeit wichtig erscheinen.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler nach Ihrem Unterricht **eigene Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ formulieren. Dies soll zu einer vertiefenden Beschäftigung mit dem Stoff beitragen. Diskutieren Sie anschließend mit ihnen über deren Schlüsselbegriffe.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler in der Unterrichtsgruppe zur Verständniskontrolle die **Verständnisfragen** beantworten. Falls Sie dabei Hilfe benötigen: Die Antworten finden Sie auf den Lösungskärtchen auf dem Lehrertisch.

© Dr. Roland Berger (2003)

Vorlage für Ihren Unterricht zum Thema „Eindringtiefe“



Tragen Sie Schlüsselbegriffe (z.B. „Kernladungszahl“) in die Felder ein, die Ihnen beim Erklären helfen könnten:

Zur Vertiefung:

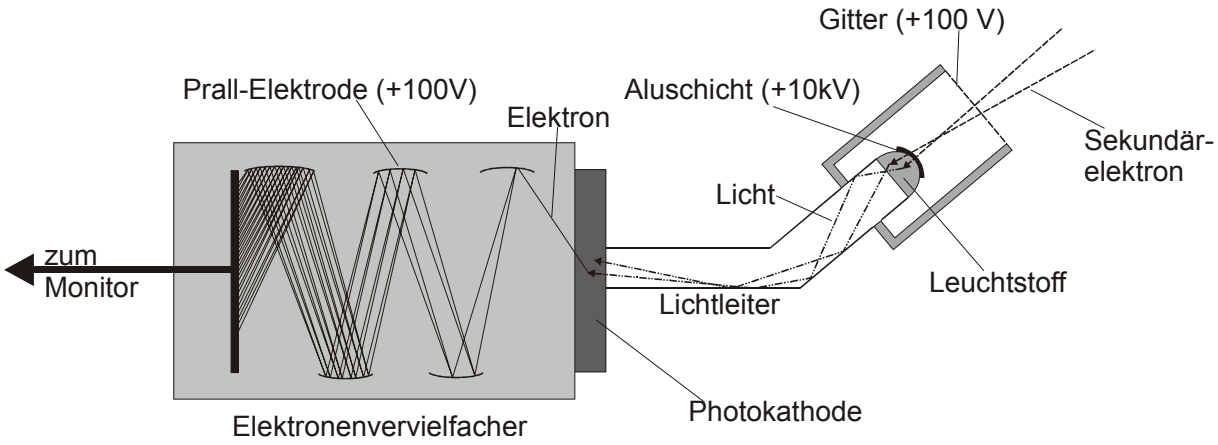
1. Fordern Sie Ihre Gruppe zur **Formulierung eigener Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ auf.
2. Verständnisfragen für Ihren Unterricht:
   1. Warum unterscheidet sich die Bahnlänge der Primärelektronen von ihrer Eindringtiefe?
   2. Wie hängt die Eindringtiefe der Elektronen von den beiden Größen „Energie der Primärelektronen“ und „Kernladungszahl“ ab? Bilden Sie jeweils eine „Je-Desto-Formulierung“
   3. Wie lassen sich diese Abhängigkeiten mit der elastischen Streuung begründen? (Die Lösung zu dieser Frage finden Sie im Umschlag unter „Ausführliche Beschreibung“.)
   4. Warum muss bei der Argumentation jeweils eine der Größen konstant gehalten werden?
   5. Formulieren Sie zusätzlich eine eigene Frage!

© Dr. Roland Berger (2003)

Code-Name:

4. Wie funktioniert der Elektronendetektor?

Die Sekundärelektronen, die aus der Probe austreten, werden mit dem *Everhart-Thornley-Detektor* registriert:



Die in der Zeichnung von rechts kommenden Sekundärelektronen werden (wie im Unterricht besprochen) von dem positiv gepolten Gitter angezogen. Die meisten der Elektronen gelangen durch das Gitter. Dort stehen sie unter dem Einfluss des starken elektrischen Feldes zwischen dem Gitter und der ca. 50 Nanometer dünnen Metallschicht auf der Oberfläche eines Leuchtstoffs (des so genannten Szintillators) und werden dadurch auf hohe Energie beschleunigt. Diese Energie reicht aus, um die dünne Metallschicht zu durchdringen und den Leuchtstoff zum Leuchten anzuregen. Das Licht wird mit Hilfe eines Lichtleiters auf die so genannte Photokathode geleitet. Dort setzt das Licht Elektronen frei[1]. Sie werden im Elektronenvervielfacher von einer positiv gepolten Prallelektrode angezogen. Beim Aufprall werden pro Elektron ca. 10 weitere Elektronen freigesetzt. Diese werden von weiteren Prall-Elektroden angezogen und liefern jeweils wiederum ca. 10 freie Elektronen. Über mehrere Prall-Elektroden entsteht somit eine regelrechte Elektronenlawine. Sie dient als Signal zur Helligkeitsregelung des Bildpunktes auf dem Monitor. Das Signal ist umso stärker, je mehr Sekundärelektronen die Probe pro Sekunde verlassen haben.
Es wirkt zunächst etwas umständlich, mit Hilfe der Sekundärelektronen Licht zu erzeugen, und dieses an der Photokathode Elektronen freisetzen zu lassen. Man möchte aber den relativ großen Elektronenvervielfacher außerhalb des Vakuums haben, in der sich die Probe befinden muss. (warum muss sich die Probe im Vakuum befinden?). Dieser Vakuumbereich soll aber möglichst klein gehalten werden.

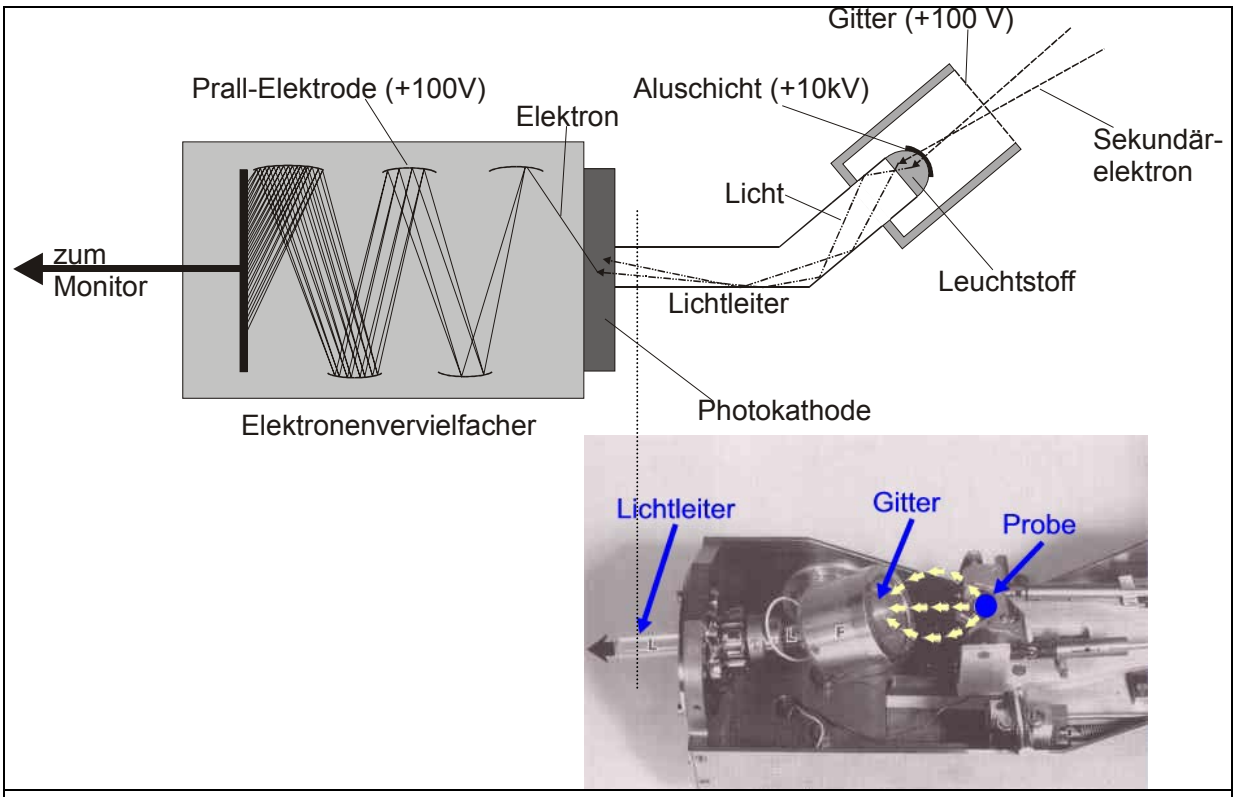
Verwenden Sie das beigefügte Blatt als Grundlage für die Unterrichtung Ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler:

- Tragen Sie in die freien Felder geeignete **Schlüsselbegriffe** ein, die Ihnen für Ihre Unterrichtstätigkeit wichtig erscheinen.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler nach Ihrem Unterricht **eigene Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ formulieren. Dies soll zu einer vertiefenden Beschäftigung mit dem Stoff beitragen. Diskutieren Sie anschließend mit ihnen über deren Schlüsselbegriffe.
- Bitten Sie Ihre Unterrichtsgruppe, die Aufgabe „Elektronendetektor“ auf deren Übungsblatt zu bearbeiten. Überprüfen Sie jeweils das Ergebnis und verhelfen Sie den Gruppenmitgliedern zur richtigen Lösung.

[1] Diesen so genannten „Photoeffekt“ werden Sie im Rahmen der Quantenphysik noch näher kennen lernen.

© Dr. Roland Berger (2003)

Vorlage für Ihren Unterricht zum Thema „Elektronendetektor“



Oben: Prinzip des Everhart-Thornley-Detektors.
Unten: Die Sekundärelektronen werden von der Probe „S“ entlang der Pfeile zum Gitter gezogen. „L“ bezeichnet den Lichtleiter. Der Elektronenvervielfacher links vom Lichtleiter ist nicht abgebildet.

Tragen Sie Schlüsselbegriffe (z.B. „Elektronenvervielfacher“) in die Felder ein, die Ihnen beim Erklären helfen könnten:

Zur Vertiefung:

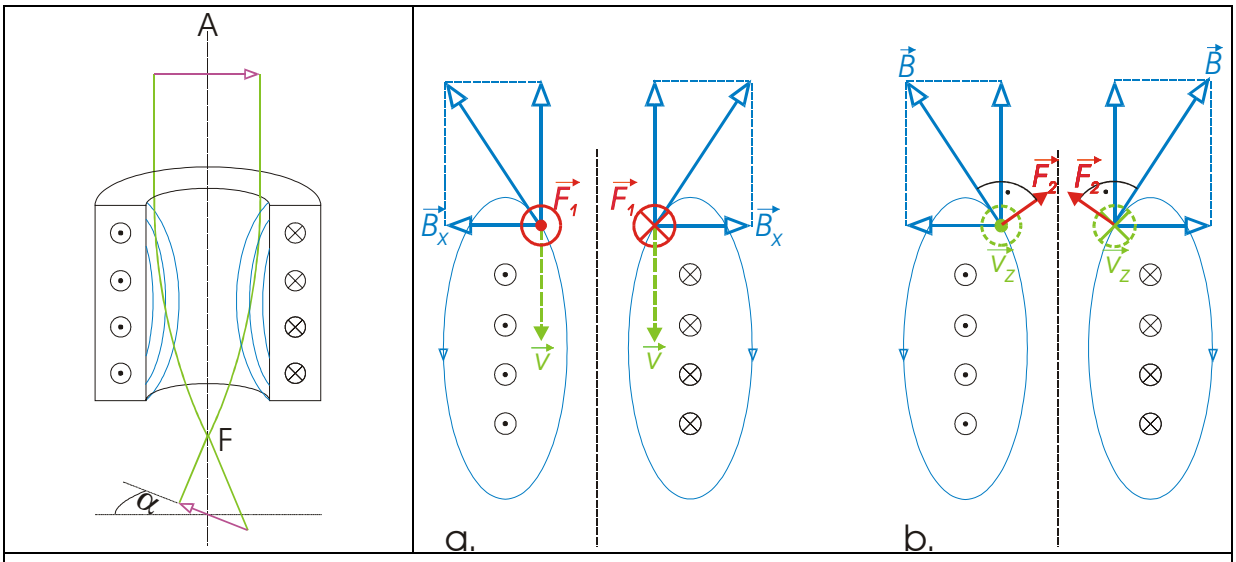
1. Fordern Sie Ihre Gruppe zur **Formulierung eigener Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ auf.
2. Formulieren Sie zusätzlich eine eigene Frage für Ihre Unterrichtsgruppe!

© Dr. Roland Berger (2003)

Code-Name:

5. Wie funktioniert eine Linse für Elektronen?

Beim Durchgang durch eine stromdurchflossene Spule wird der Elektronenstrahl gedreht und gebündelt (Abb. unten links). Diese beiden Beobachtungen lassen sich mit den beiden Abbildungen unten rechts erklären. Dies geschieht durch zweimaliges Anwenden der Drei-Finger-Regel. Das erste Anwenden zeigt, dass auf die Elektronen eine Lorentzkraft $\vec{F}_1$ senkrecht zur Zeichenebene wirkt. Dadurch erhalten die Elektronen eine Geschwindigkeitskomponente $\vec{v}_z$ senkrecht zur Zeichenebene und erfahren somit eine Drehung um die Spulenachse. Die zweite Anwendung der Drei-Finger-Regel ergibt, dass diese zusätzliche Geschwindigkeitskomponente eine Lorentzkraft $\vec{F}_2$ verursacht. Diese ist zur Spulenachse gerichtet und bewirkt daher die Fokussierung.



Links: Die Elektronenlinse besteht aus einer stromdurchflossenen Spule und hat die Eigenschaft, die Elektronen zur optischen Achse A hin abzulenken. Dadurch treffen sich die Elektronenbahnen im „Brennpunkt" F.
Rechts: Erklärung der Funktionsweise der Linse durch zweimaliges Anwenden der Drei-Finger-Regel .

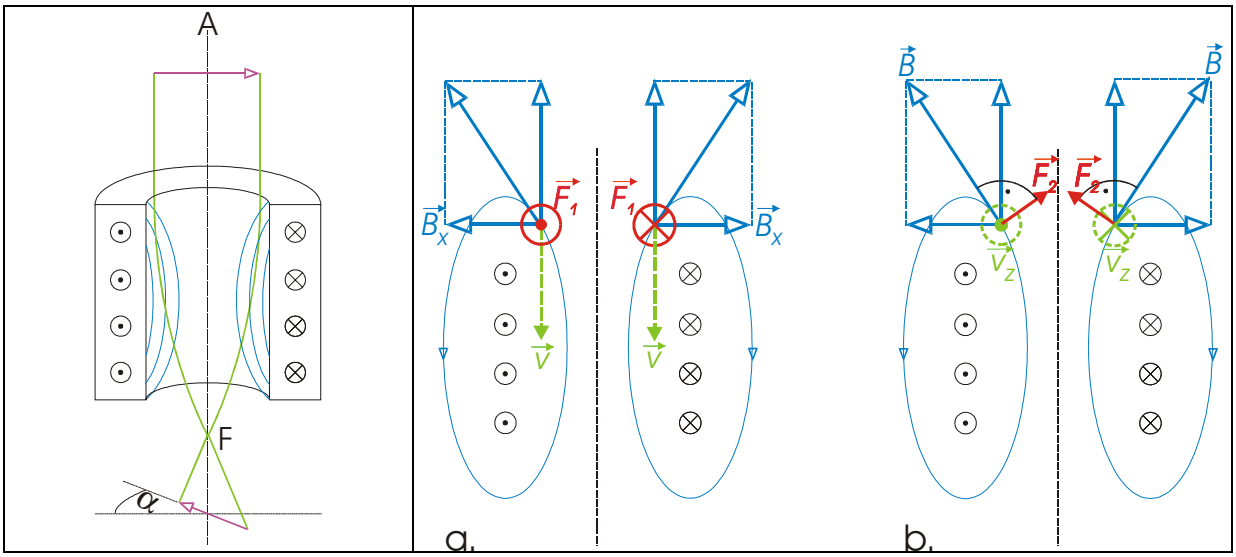
Falls Sie Unterstützung benötigen, beachten Sie bitte die zusätzlichen Informationen im Briefumschlag.

Verwenden Sie das beigefügte Blatt als Grundlage für die Unterrichtung Ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler:

- Tragen Sie in die freien Felder geeignete **Schlüsselbegriffe** ein, die Ihnen für Ihre Unterrichtstätigkeit wichtig erscheinen.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler nach Ihrem Unterricht **eigene Schlüsselbegriffe** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe" formulieren. Dies soll zu einer vertiefenden Beschäftigung mit dem Stoff beitragen. Diskutieren Sie anschließend mit ihnen über deren Schlüsselbegriffe.
- Lassen Sie Ihre Mitschülerinnen und Mitschüler in der Unterrichtsgruppe zur Verständniskontrolle die Lorentzkräfte und Geschwindigkeitsvektoren in das **Übungsblatt** „Elektronendetektor" bearbeiten. Ihre Gruppe soll darin die Bezeichnung der einzelnen Bestandteile des Detektors eintragen und deren Funktion benennen. Überprüfen Sie jeweils das Ergebnis und verhelfen Sie den Gruppenmitgliedern zur richtigen Lösung.

© Dr. Roland Berger (2003)

Informationen zum Thema „Elektronenlinse“



Ausführliche Beschreibung:

Abbildung Links: Zwei parallel in das inhomogene Magnetfeld (blau) einfallende Elektronen (grün) werden zur Achse A hin abgelenkt.

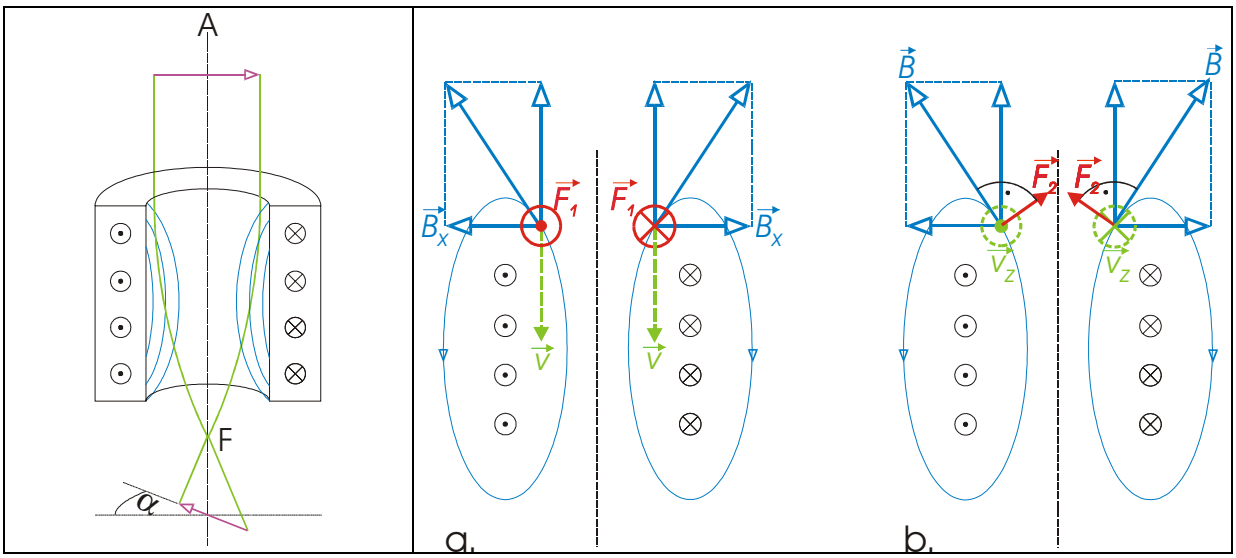
Abbildung Rechts: Die Erklärung dieser fokussierenden Wirkung erfolgt in zwei Schritten entsprechend der Abbildungen a. und b.

Zu Abbildung a.: Die beiden Elektronen treten in der Zeichenebene parallel zur Spulenachse A mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$ (gestrichelte grüne Pfeile) in das inhomogene Magnetfeld ein. Gezeichnet ist der Übersichtlichkeit halber nur eine Feldlinie (blau). Der Vektor der magnetischen Feldstärke und seine Komponenten in x-Richtung ($\vec{B}_x$) und y-Richtung am Ort des Elektrons sind blau eingezeichnet (offene Pfeilspitzen).
Die Lorentzkraft $\vec{F}_1$ wirkt senkrecht zu $\vec{v}$ und $\vec{B}_x$ aus der Zeichenebene heraus (rotes Symbol: ⊙) bzw. in die Zeichenebene hinein (rotes Symbol: ⊗). $\vec{F}_1$ bewirkt also eine Rotation der Elektronen um die Spulenachse.

Zu Abbildung b.: Die Lorentzkraft $\vec{F}_1$ aus Abbildung a. bewirkt eine Geschwindigkeitskomponente $\vec{v}_z$ aus der Zeichenebene heraus (gestricheltes grünes Symbol: ⊙) bzw. in die Zeichenebene hinein (gestricheltes grünes Symbol: ⊗). Die Lorentzkraft $\vec{F}_2$ wirkt senkrecht zu $\vec{v}_z$ und $\vec{B}$. $\vec{F}_2$ beschleunigt also die beiden Elektronen in Richtung zur Spulenachse. Einfallende Elektronen werden daher zur Spulenachse hin abgelenkt und der Elektronenstrahl somit fokussiert.

© Dr. Roland Berger (2003)

Vorlage für Ihren Unterricht zum Thema „Elektronenlinse“



Tragen Sie Schlüsselbegriffe (z.B. „Lorentzkraft“) in die Felder ein, die Ihnen beim Erklären helfen könnten:

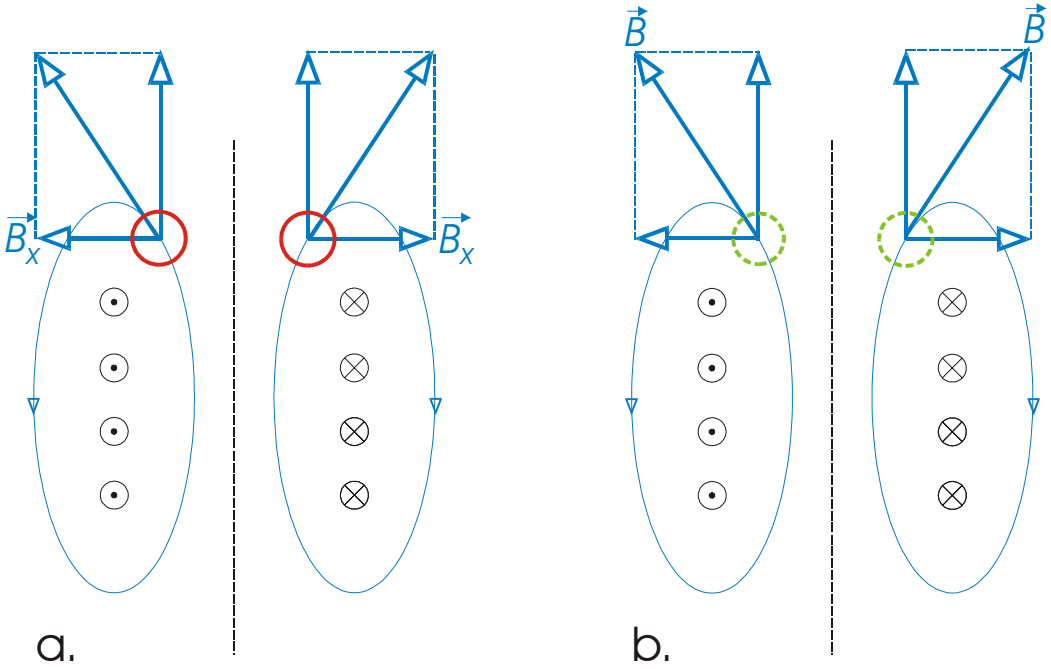
Fordern Sie Ihre Gruppe zur **<u>Formulierung eigener Schlüsselbegriffe</u>** auf deren Beiblatt „Schlüsselbegriffe“ auf.

Formulieren Sie zusätzlich eine eigene Frage für Ihre Unterrichtsgruppe:

© Dr. Roland Berger (2003)

Elektronenlinse

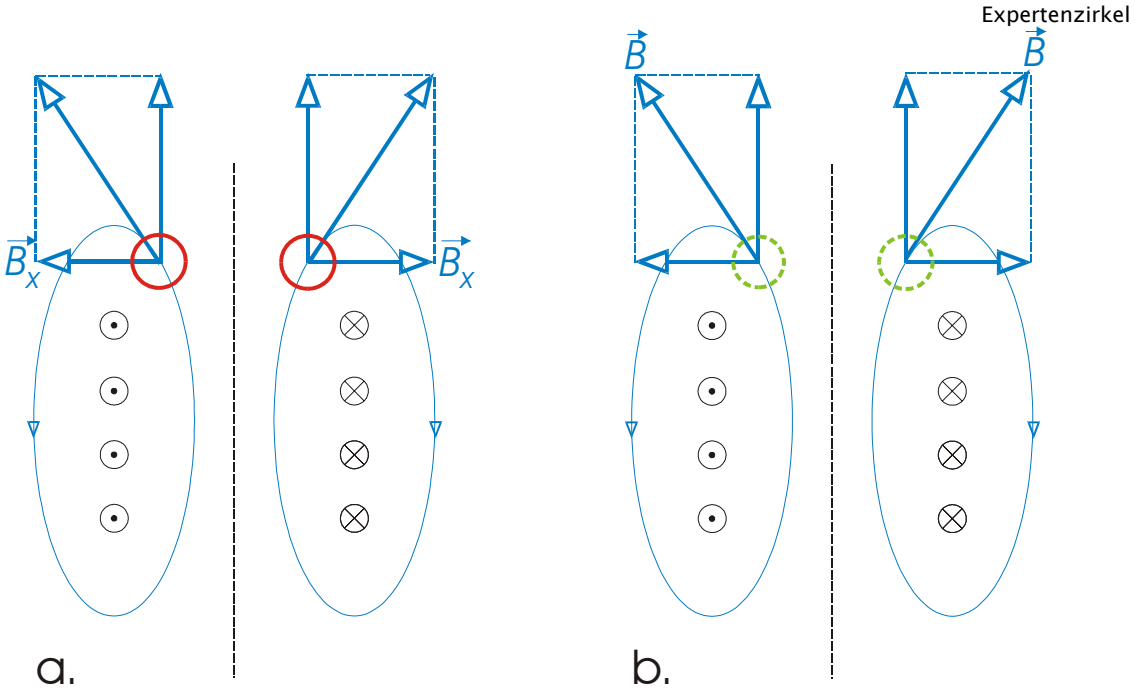
Wenden Sie die Drei-Finger-Regel der linken Hand auf die beiden Zeichnungen an und begründen Sie damit, dass die Elektronenbahn gedreht wird und zur gestrichelten Achse abgelenkt werden. Zeichnen Sie die relevanten Vektoren in die beiden Abbildungen ein.
Lassen Sie das Ergebnis von Ihrem Experten kontrollieren !



ELEKTRONENLINSE

Wenden Sie die Drei-Finger-Regel der linken Hand auf die beiden Zeichnungen an und begründen Sie damit, dass die Elektronenbahn gedreht wird und zur gestrichelten Achse abgelenkt werden. Zeichnen Sie die relevanten Vektoren in die beiden Abbildungen ein.
Lassen Sie das Ergebnis von Ihrem Experten kontrollieren !

© Dr. Roland Berger (2003)



© Dr. Roland Berger (2003)

Informationen zur Funktion der Elektronenkanone

Überlegen Sie:

1. Was bedeutet eine höhere Temperatur für die Geschwindigkeit der Elektronen im Draht?
2. Warum können nur schnelle Elektronen den Draht verlassen?
3. Warum werden die freien Elektronen von der elektrisch positiv gepolten Platte angezogen?

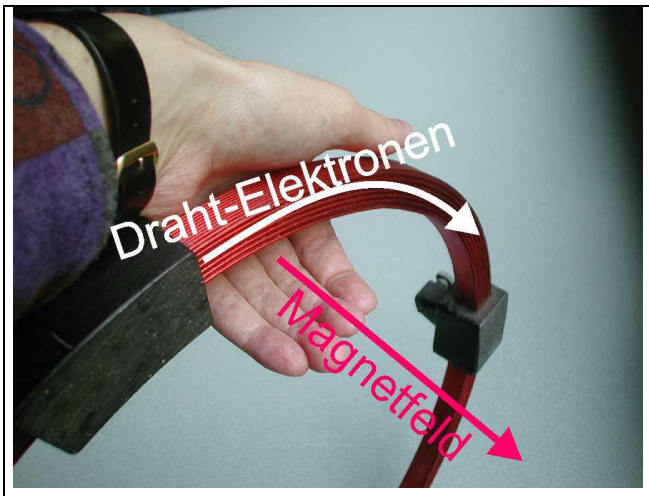
Ausführliche Beschreibung:

- In der Abbildung ist der prinzipielle Aufbau zur Erzeugung des Elektronenstrahls für die Elektronenmikroskopie zu sehen. Diese „Elektronenkanone“ besteht aus einem Glühdraht aus Metall (Wolfram) und einer Beschleunigungsstrecke.
- Mit Hilfe des Heizspannung U_H kann man den Glühdraht wie die Glühwendel in einer Glühlampe zum Leuchten bringen. Dabei wird nicht nur Licht erzeugt, sondern auch Elektronen freigesetzt. Dies ist auf den so genannten „glühelektrischen Effekt“ zurückzuführen: Die Wärmebewegung der Elektronen im Metall wird mit zunehmender Temperatur immer stärker. Die schnellsten Elektronen können die Anziehung durch den Draht überwinden und ihn verlassen.

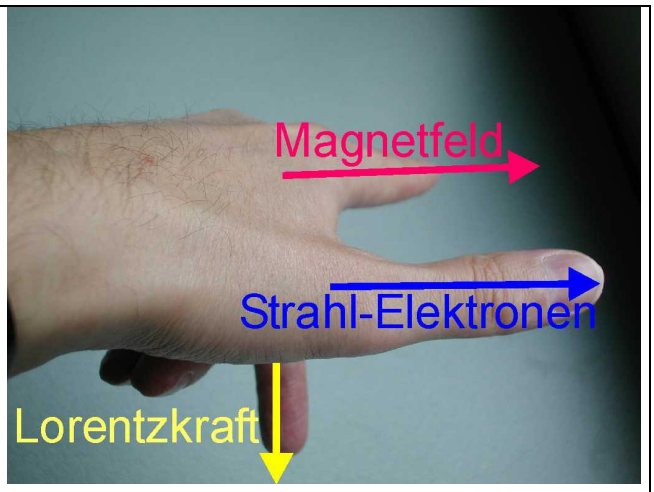
Diese freien Elektronen haben nach dem Verlassen des Glühdrahts eine Energie von etwa 1 Elektronenvolt (eV). Für die Elektronenmikroskopie sind aber wesentlich höhere Energien im Bereich von einigen 1000 eV notwendig. Daher werden die freien Elektronen mit Hilfe der Beschleunigungsspannung U_B auf den gewünschten Wert beschleunigt. Die Platte muss mit dem <u>positiven</u> Pol der Spannungsversorgung verbunden sein, da nur so die <u>negativ</u> geladenen Elektronen beschleunigt werden.

© Dr. Roland Berger (2003)

Informationen zur Ablenkung des Elektronenstrahls

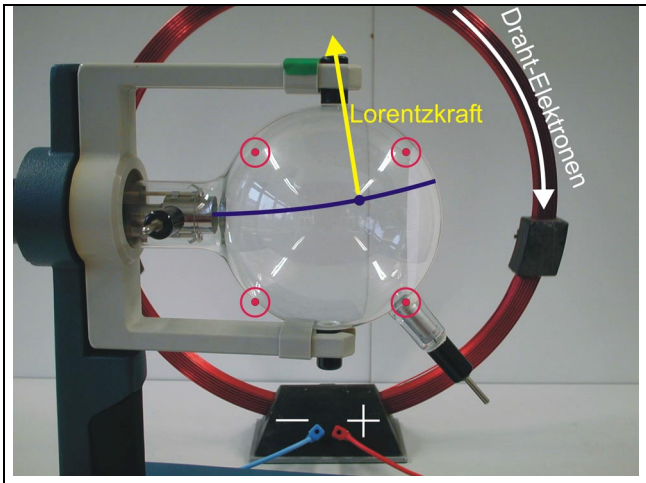


Linke-Hand-Regel **zur Bestimmung der Magnetfeldrichtung in der Spule.** Der Daumen zeigt in Bewegungsrichtung der Elektronen im Spulendraht, die vom Minus- zum Pluspol der Stromquelle fließen. Die gekrümmten Finger geben die Magnetfeldrichtung in der Spule an.

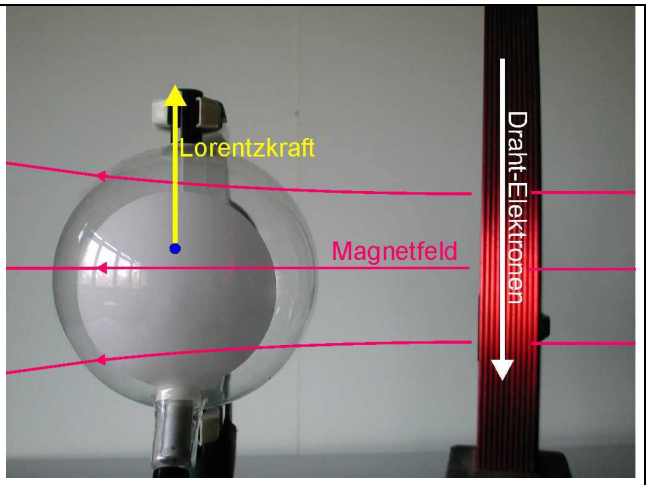


Drei-Finger-Regel **der linken Hand** zur Bestimmung der Richtung der Lorentzkraft auf den Primärelektronenstrahl.

- Daumen: Bewegungsrichtung der Strahl-Elektronen.
- Zeigefinger: Richtung des Magnetfeldes (mit der Linke-Hand-Regel ermittelt).
- Mittelfinger: Lorentzkraft auf die Strahlelektronen



Seitenansicht



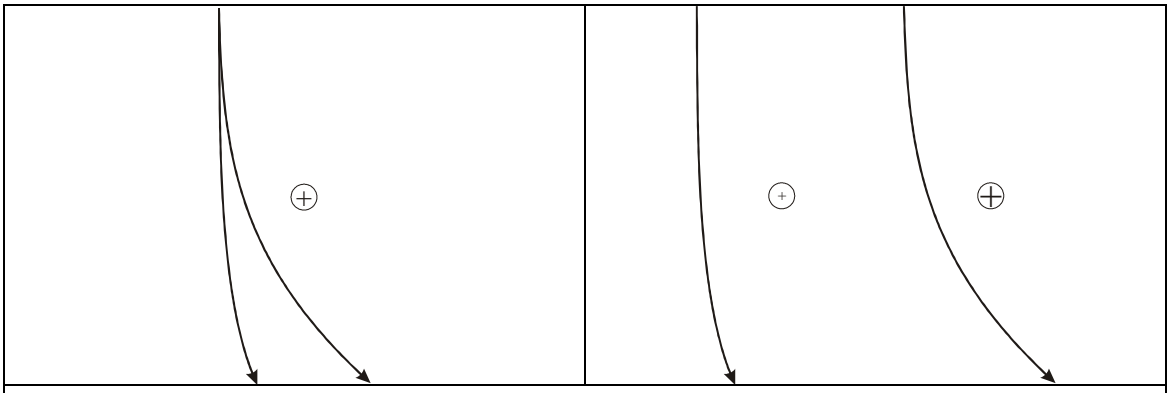
Ansicht von vorne

© Dr. Roland Berger (2003)

Informationen zum Thema „Eindringtiefe“

Überlegen Sie:

1. Was bedeutet „elastische Streuung“ im Vergleich zur „inelastischen Streuung“?
2. Die Kernladungszahl gibt die Anzahl der Protonen im Kern an. Je größer die Kernladungszahl, desto größer ist also die anziehende Kraft auf ein vorbeifliegendes Primärelektron.



Links: Ablenkung zweier Elektronen mit unterschiedlicher Energie im elektrischen Feld eines Atomkerns.
Rechts: Ablenkung zweier Elektronen mit gleicher Energie bei unterschiedlicher Kernladungszahl.

Ausführliche Beschreibung:

Elastische Streuung = Ablenkung im elektrischen Feld der Atomkerne der Probe.
Mit Hilfe des Programms lassen sich folgende Zusammenhänge erkennen und auf die elastische Streuung zurückführen (vgl. Abbildung oben):

1. *Die Eindringtiefe eines Primärelektrons nimmt (bei konstanter Kernladungszahl) mit zunehmender Energie zu.* Denn die Primärelektronen werden bei hoher Geschwindigkeit durch die elektrische Anziehung der Protonen im Kern weniger abgelenkt als bei geringer Geschwindigkeit, sodass sie tiefer in die Probe eindringen können (Abb. links).
2. *Die Eindringtiefe eines Primärelektrons nimmt (bei konstanter Anfangsenergie) mit zunehmender Kernladungszahl ab.* Denn je mehr Protonen sich im Kern eines Probenatoms befinden, desto stärker ziehen sie das Primärelektron an. Dann ist die Bahn stärker gekrümmt und damit die Eindringtiefe geringer (vgl. Abb. rechts).

Als Hintergrundinformation für Sie: Neben der elastischen Streuung trägt auch die inelastische Streuung zu den beiden im Simulationsprogramm beobachteten Abhängigkeiten bei:

1. *Die Eindringtiefe eines Primärelektrons nimmt (bei konstanter Kernladungszahl) mit zunehmender Anfangsenergie zu.*
   Denn je höher die Energie (und damit die Geschwindigkeit), desto kürzer wirkt die abstoßende Kraft auf die Atomelektronen ein. Der Energieverlust des Primärelektrons ist daher kleiner als bei geringer Anfangsenergie und es dringt weiter in die Probe ein.
2. *Die Eindringtiefe eines Primärelektrons nimmt (bei konstanter Anfangsenergie) mit zunehmender Kernladungszahl ab.*
   Denn ein Atom mit höherer Kernladungszahl hat auch mehr Atomelektronen (denn insgesamt ist es ja neutral!). Je größer die Zahl der Atomelektronen aber ist, desto mehr Sekundärelektronen werden beim Vorbeiflug durch das Primärelektron erzeugt. Das Primärelektron verliert also pro Atom mehr Energie und seine Eindringtiefe ist daher kleiner.

© Dr. Roland Berger (2003)

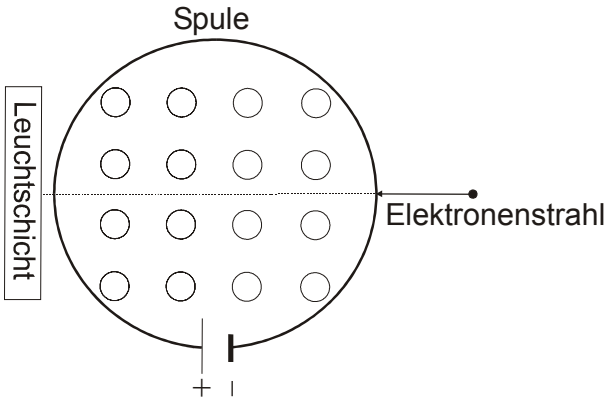
Übungsblatt für die Unterrichtsgruppe

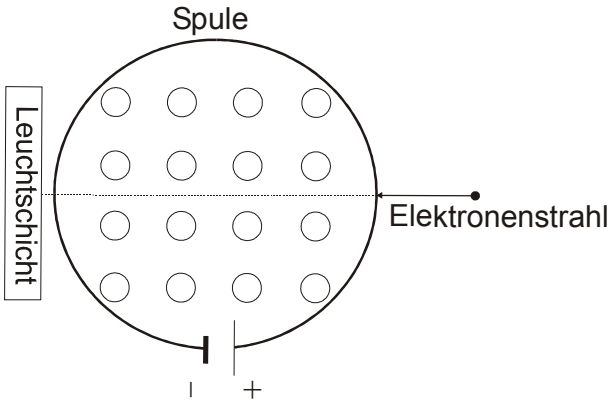
Ablenkung des Elektronenstrahls

Zeichnen Sie für die beiden angegebenen Polungen der Spule

1. das Magnetfeld *mit Hilfe der Linken-Hand-Regel* [1]
2. die Bahn des Elektrons (Lorentzkraft *mit Hilfe der Drei-Finger-Regel der linken Hand*).

Lassen Sie das Ergebnis von Ihrem Experten kontrollieren !

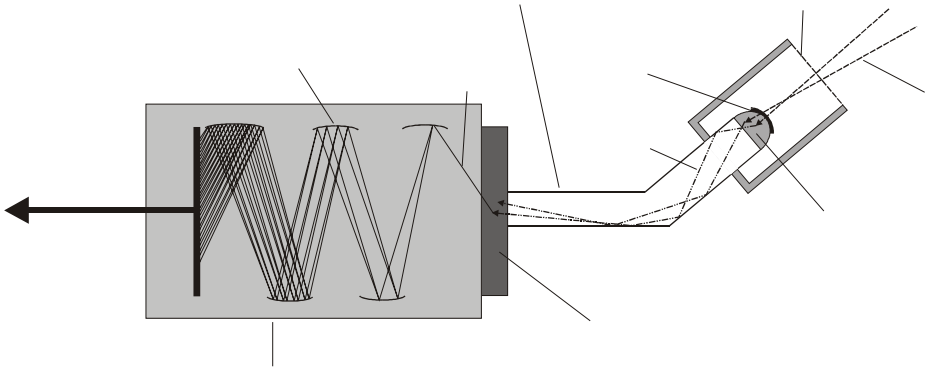




Elektronendetektor

Beschriften Sie im Anschluss an den Unterricht Ihres Experten die einzelnen Bestandteile des Elektronendetektors und wiederholen Sie für sich deren Funktion.

Lassen Sie das Ergebnis von Ihrem Experten prüfen!



[1] Magnetfeld aus der Zeichenebene heraus: Symbol ⊙. Magnetfeld in die Zeichenebene hinein: Symbol ⊗

© Dr. Roland Berger (2003)

Beiblatt für die Unterrichtsgruppe

Zur Vertiefung sollen Sie jeweils nach den Erklärungen der anderen Experten die wichtigsten Schlüsselbegriffe zu deren Themen formulieren und in die Kästchen eintragen. Geben Sie das ausgefüllte Blatt am Schluss bitte ab!

Thema:

Thema:

Thema:

© Dr. Roland Berger (2003)