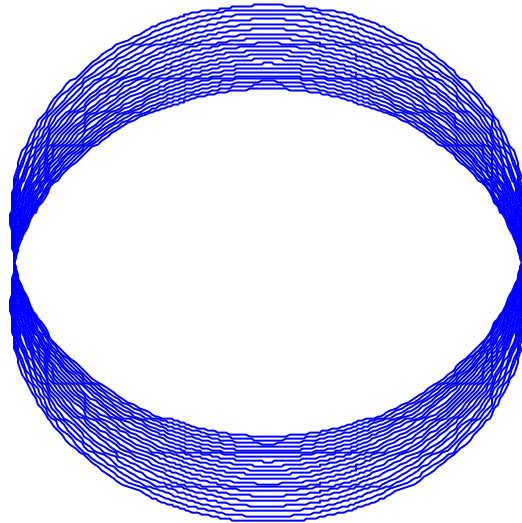


Protokoll der Physikstunde am 28.11.2001

Protokollant: Alexander Rudyk

Wir haben die Beobachtung, die sich aus dem in der vorherigen Stunde durchgeführten Versuch ergeben hat, wiederholt: Durch die Verbindung der Ablenkplatten (siehe vorheriges Protokoll) mit einer Wechselspannung wurde der Kreis des Elektronenstrahls oben und unten aufgefächert, an den Seitenrändern blieb er jedoch „zusammengeschnürt“:



Zur Auswertung des Versuches haben wir zuallererst bereits bekannte Tatsachen, die uns die Interpretation des Ergebnisses erleichtern, zusammengetragen: Durch die Wechselspannung wechselt die Richtung des Elektronenstrahls so schnell, dass dies für uns den Eindruck eines stehenden Bildes erzeugt, in dem verschiedene Formen übereinanderliegend die Streuung am oberen und unteren Rand ergeben. Wie auch in der ursprünglichen Versuchsanordnung ohne Ablenkplatten wirkt die Kraft des durch die Helmholtz-Spulen erzeugten B-Feldes auf die bewegten Elektronen als Zentripetalkraft – sie steht immer senkrecht zur Richtung des Elektronenstrahls und zwingt diesen so auf eine Kreisbahn. Da sich daran nichts änderte, lässt sich festhalten, dass die Streuung der Kreisform nicht auf unterschiedlich gestreckte Ellipsen zurückzuführen ist, sondern auf verschobene Kreise.

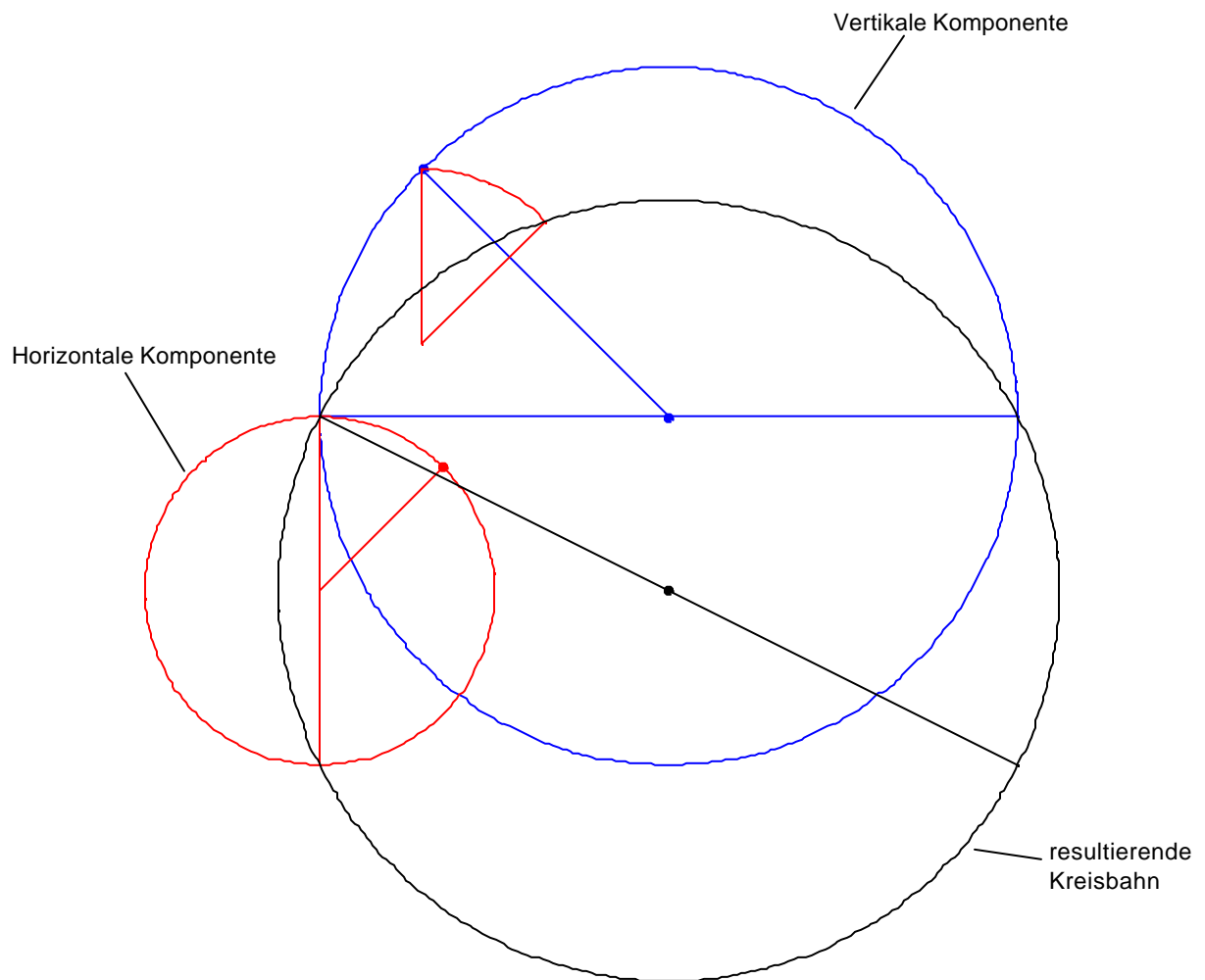
Dies können wir nachvollziehen, indem wir nicht die gesamte Geschwindigkeit und Richtung des Elektronenstrahls betrachten sondern diesen Geschwindigkeitsvektor in zwei Teile aufteilen: Einmal in die aus der Elektronenkanone senkrecht nach oben gerichtete Geschwindigkeit, die durch die Anodenspannung erzeugt wird und im Verlauf des Versuches konstant bleibt, und andererseits in die horizontale Geschwindigkeitskomponente, die vom elektrischen Feld der Ablenkplatten hervorgerufen wird, das durch die Wechselspannung erzeugt wird. (Analog zu den Ablenkplatten einer Braunschen Röhre, die wir in der vorherigen Stunde besprochen haben.)

Durch das Gesetz über die unabhängige Überlagerung von Kräften können wir festhalten, dass wir diese Kräfte erstmal unabhängig voneinander betrachten können: Berücksichtigen wir das B-Feld der Helmholtz-Spulen würde beide Komponenten eine Kreisbewegung der Elektronen zur Folge haben.

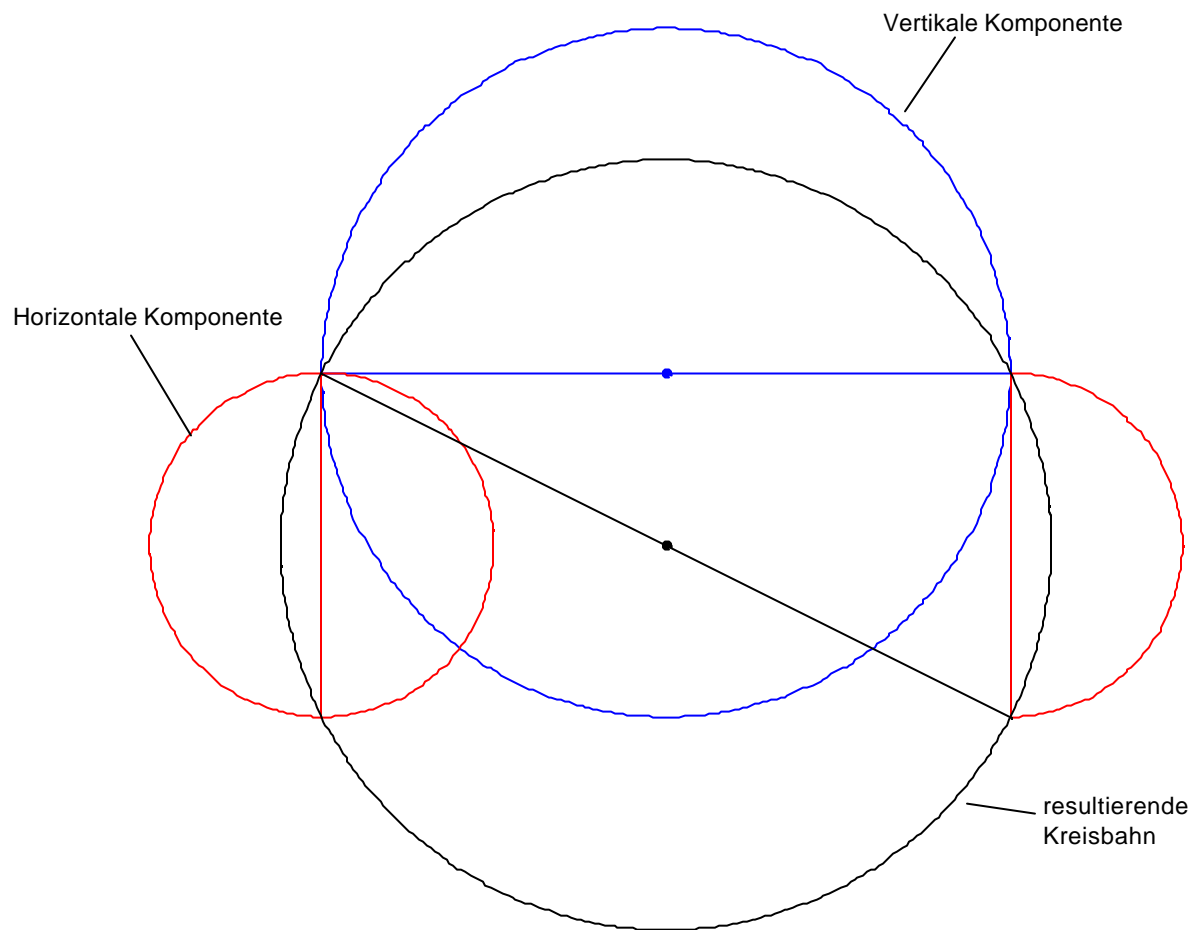
Weiterhin greifen wir auf die Formel zur Berechnung der Umlaufzeit der Elektronen eines dieser Kreise zurück:

$$T = \frac{2\pi}{\frac{e\hbar}{m}}$$

Wie hier ersichtlich wird hängt die Umlaufzeit für den gesamten Kreisumlauf und damit auch für Teilstücke des Kreises nicht von dem Betrag der Geschwindigkeit der Elektronen ab. Damit können wir mit Hilfe der von uns zerlegten Geschwindigkeitskomponenten auch die Position eines Elektrons ermitteln, auf das beide Geschwindigkeitskomponenten zusammen wirken (wie dies ja bei unserem Versuch der Fall ist): Nach einem Viertel der Umlaufzeit hat das Elektron sowohl ein Viertel des Kreises, der durch die vertikale Geschwindigkeitskomponente zustande kommt, als auch ein Viertel des Kreises, der durch die horizontale Komponente zustande kommt, durchlaufen. Damit können wir beide Wege „addieren“ (zusammensetzen) und erhalten die Position des Elektrons nach einem Viertel der Umlaufzeit:



Genauso verfahren wir nun für die Hälfte der Umlaufzeit:



Dabei stellen wir fest, dass hier die Positionen des Elektrons auf beiden Kreisen jeweils im gegenüberliegenden Punkt des Kreisdurchmessers, beginnend von unserem „Startpunkt“ des Elektrons, liegen. Wir müssen also nur die beiden Kreisdurchmesser addieren und erhalten die tatsächliche Position des Elektrons nach der Hälfte der Umlaufzeit. Das ist aber gerade der gegenüberliegende Punkt des Durchmessers des Gesamtkreises, den wir ja bestimmen wollen, denn auch auf diesem hat das Elektron nun die Hälfte der Wegstrecke zurückgelegt. Wir brauchen also nur den Durchmesser dieses Kreises zeichnen (die Verbindung von „Startpunkt“ und Position des Elektrons nach der Hälfte der Umlaufzeit) und auf der Hälfte der Strecke findet sich dann der Mittelpunkt des gesuchten Kreises. Da durch den Durchmesser auch die Größe gegeben ist, haben wir den Kreis so eindeutig bestimmt. Dabei lässt sich auch feststellen, dass die Mittelpunkte der durch die unterschiedliche Ablenkung der Wechsellspannung erzeugten Kreise alle auf einer Senkrechten liegen und nur nach oben oder unten verschoben sind. Das erklärt auch die „Bündelung“ der Kreise am linken und rechten Rand: Da alle Kreise an dieser Senkrechten der Mittelpunkte symmetrisch sind, muss es zu unserem Startpunkt auch auf der gegenüberliegenden Seite einen Punkt geben, der allen Kreisen gemein ist.

Vergleichbare Beobachtungen lassen sich auch bei Drehung der Fadenstrahlröhre anstellen: Hier konnte man bei unseren vorherigen Versuchen eine Schraubenbahn beobachten, die sich nach hinten oder vorne schraubt und an einem bestimmten Punkt auf die Glasscheibe trifft. Mit der Wechsellspannung hätten wir auch hier wieder eine Auffächerung, da aber auch hier gilt, dass die nach einer bestimmten Umlaufzeit zurückgelegte Kreisbahn unabhängig von der durch die Ablenkplatten erzeugten Geschwindigkeitskomponente ist und unsere Überlegungen weiter gelten, gibt es auch hier Stellen der Schraubenbahnen, an denen alle Bahnen „zusammengeschnürt“ den selben Punkt durchlaufen. So kann man hier mit einem richtig austarierten B-Feld Schraubenbahnen erzeugen, die alle in einem einzigen Punkt auf die Glasplatte treffen.