

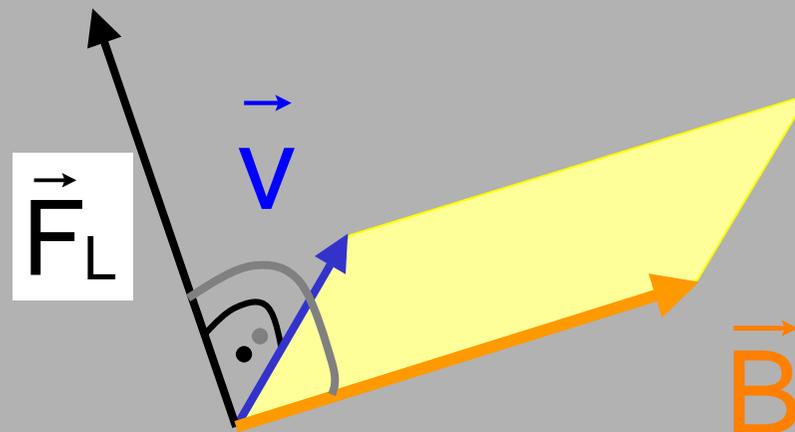


Die Lorentzkraft

Die Lorentzkraft auf ein einzelnes Elektron im Magnetfeld B ist gegeben durch:

$$\vec{F}_{L(e)} = -e \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

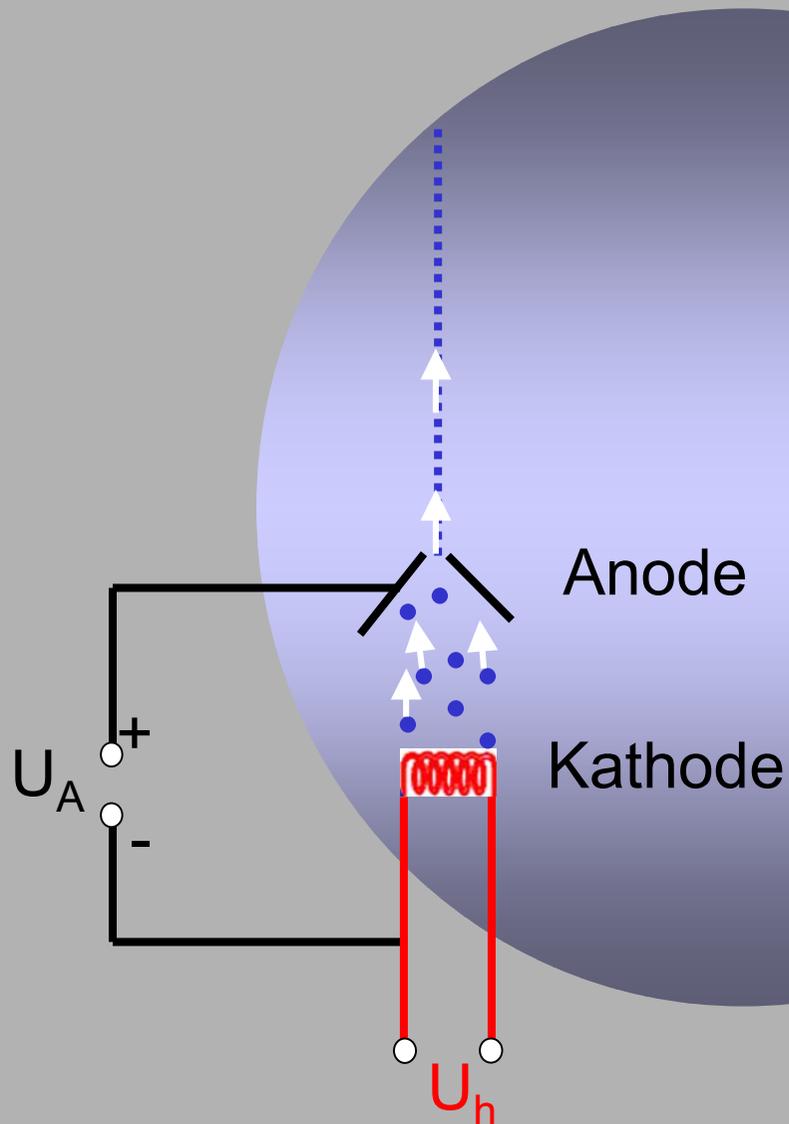
$$F_{L(e)} = e \cdot v \cdot B \cdot \sin \sphericalangle(\vec{v}, \vec{B})$$





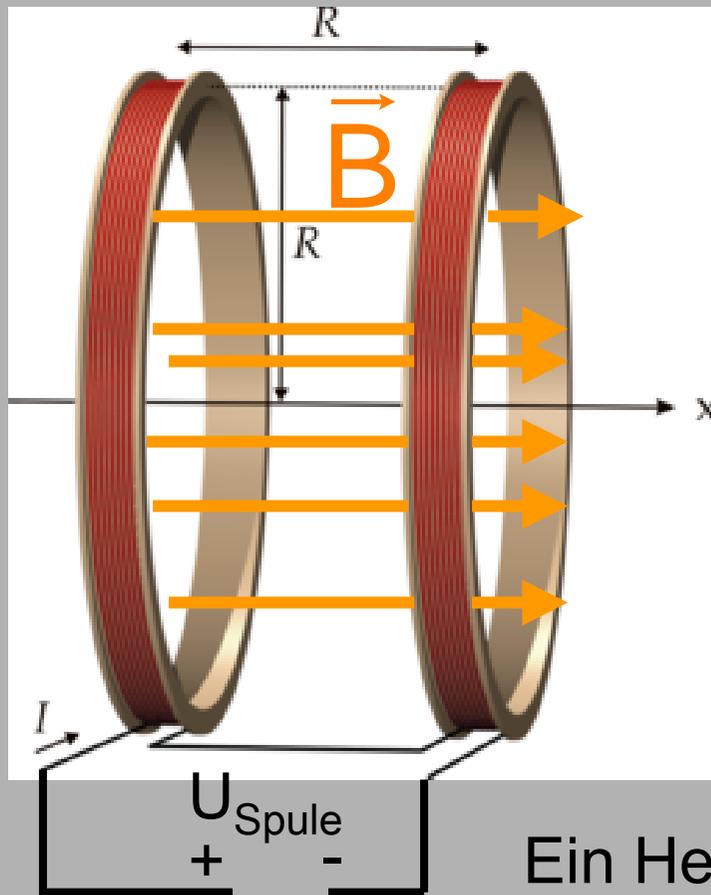
Die Fadenstrahlröhre

Glasröhre, gefüllt mit Wasserstoffgas unter niedrigem Druck.



$$E_{\text{kin}} = e \cdot U_A$$

Fadenstrahlröhre mit Helmholtzspule

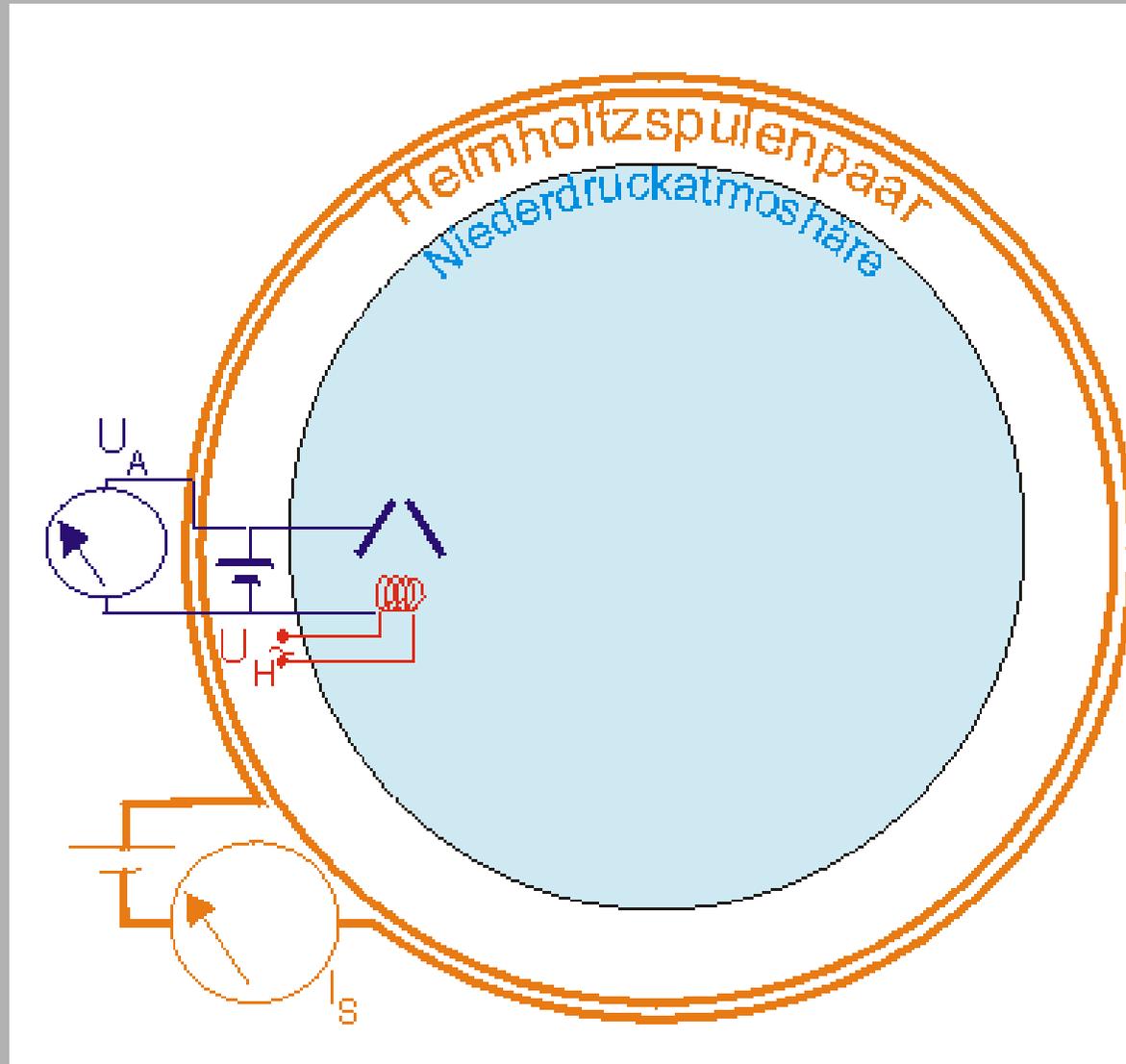


$$B = \mu_0 \frac{8 \cdot I \cdot N_{\text{Spule}}}{\sqrt{125} \cdot r_{\text{Spule}}}$$

Ein Helmholtzspulenpaar mit dieser Geometrischen Abmessung erzeugt ein nahezu homogenes Magnetfeld zwischen den Spulen.

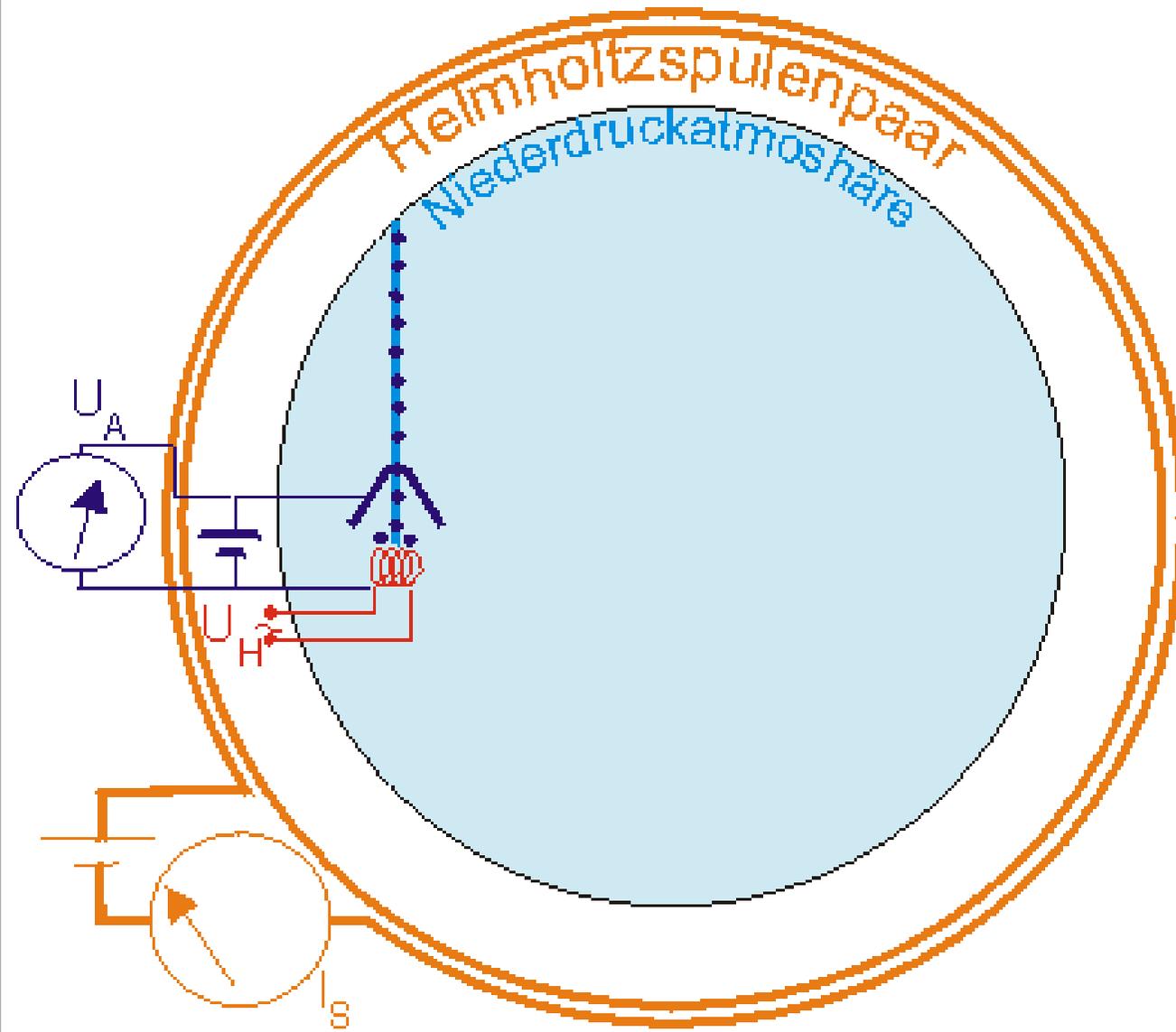


Die Fadenstrahlröhre





Die Fadenstrahlröhre



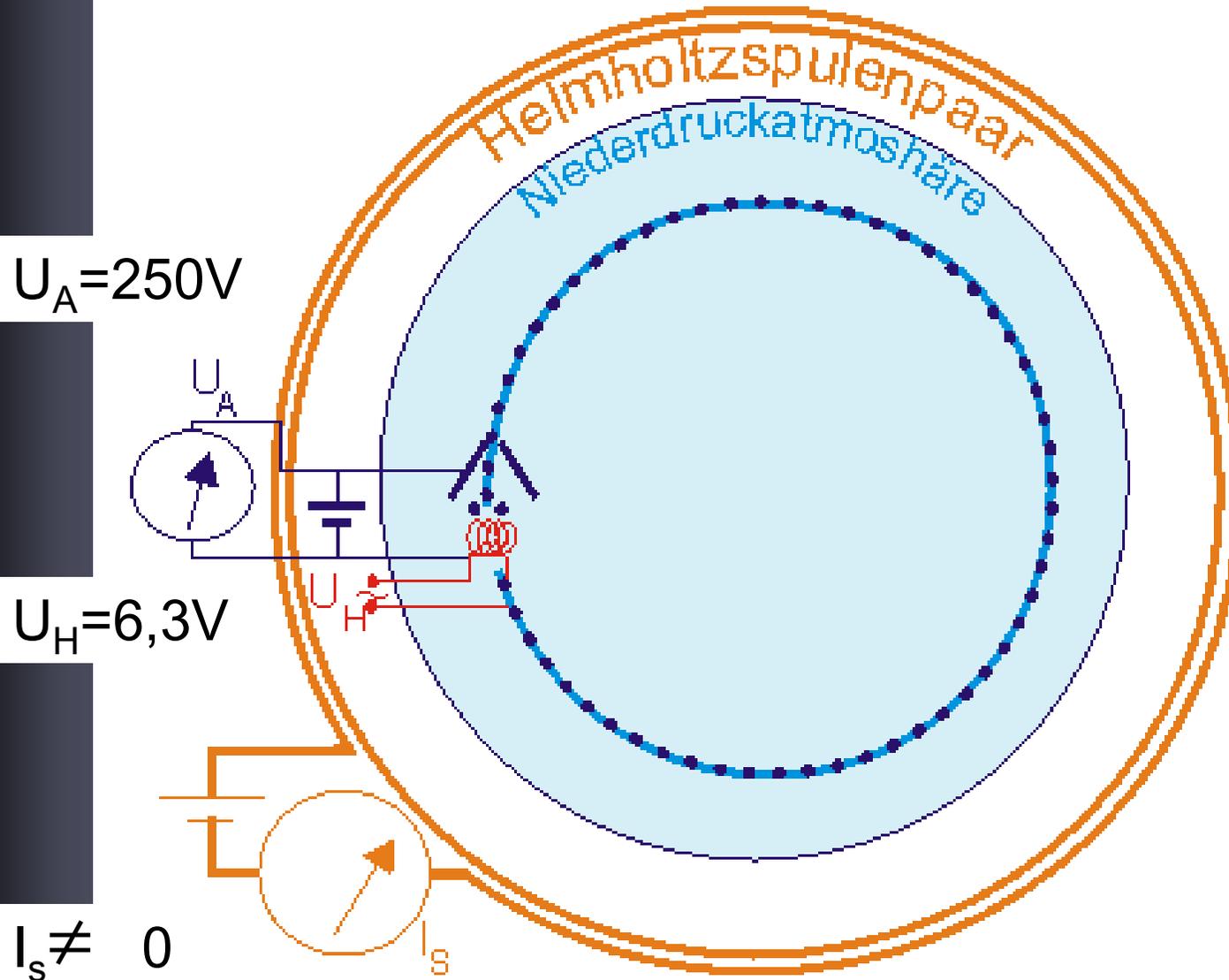
$$U_A = 250V$$

$$U_H = 6,3V$$

$$I_s = 0$$



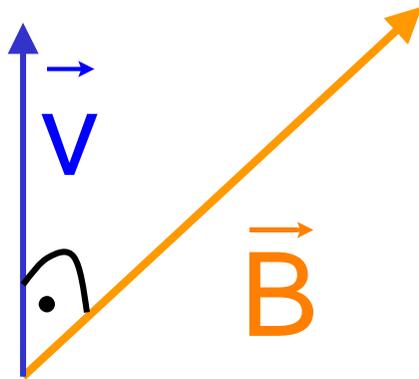
Die Fadenstrahlröhre



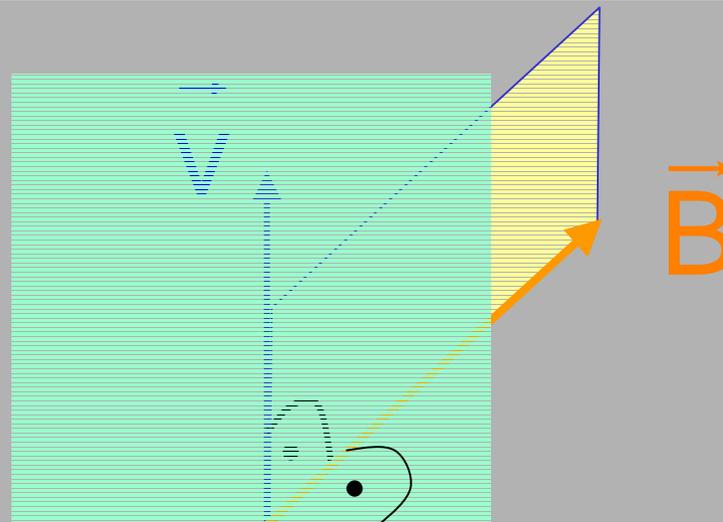


Die Fadenstrahlröhre

Was kann man über die Bahnkurve aussagen, wenn die Geschwindigkeit stets senkrecht zur Magnetfeldrichtung verläuft?



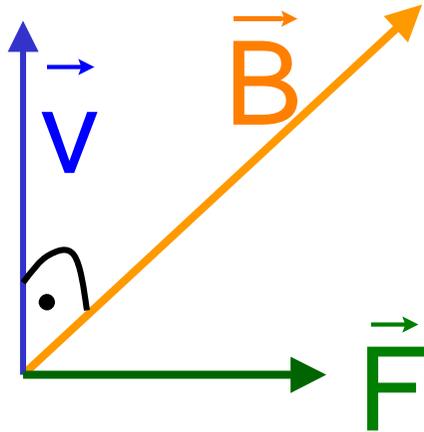
Die Bahn verläuft in einer Ebene die senkrecht auf dem Magnetfeldvektor steht.



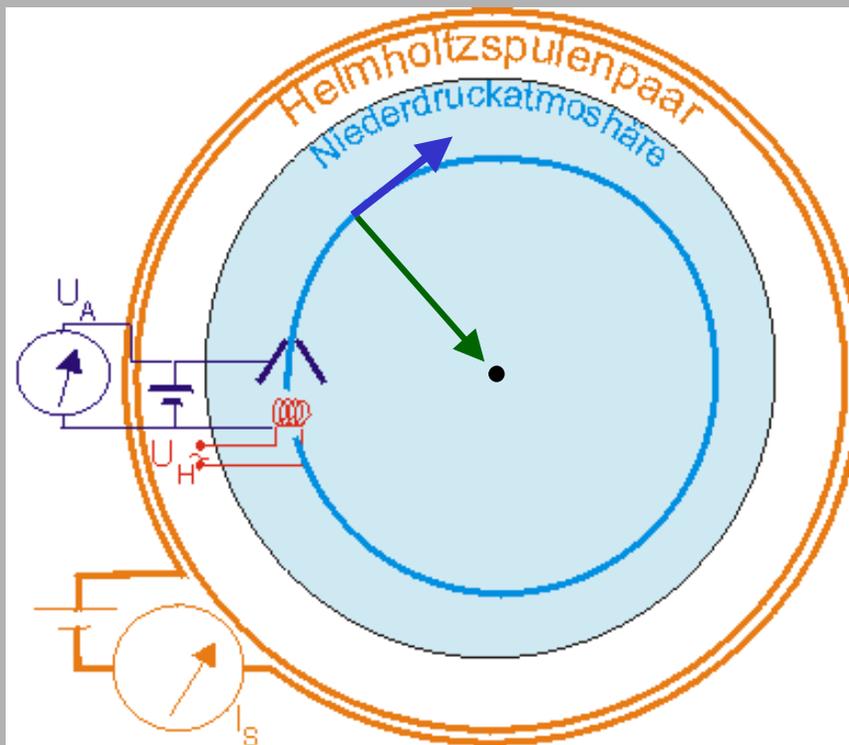


Die Fadenstrahlröhre

Welche Form hat eine Bahn in einer Ebene, wenn stets eine zur Geschwindkeitsrichtung senkrechte gleichgroße Kraft wirkt?



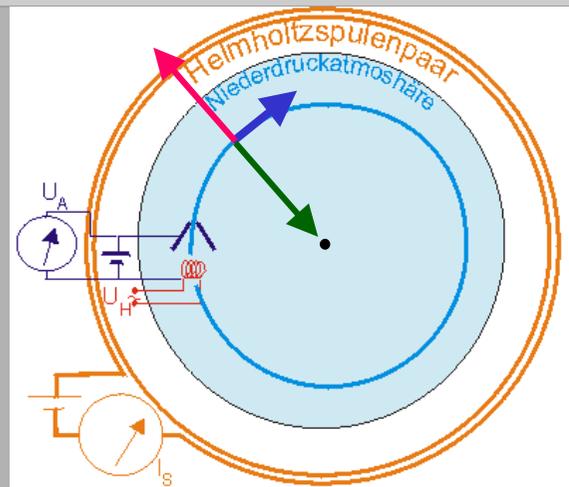
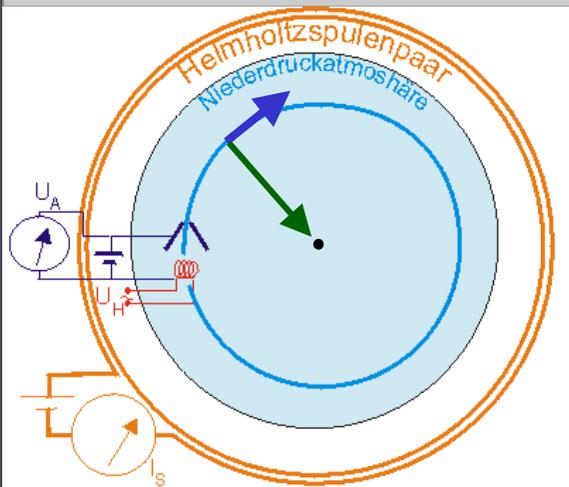
Die Bahn ist eine Kreisbahn.



Die Fadenstrahlröhre

Welcher der beiden Sätze ist richtig:

- 1.) Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft.
- 2.) Zwischen Lorentzkraft und Zentrifugalkraft herrscht Kräftegleichgewicht.



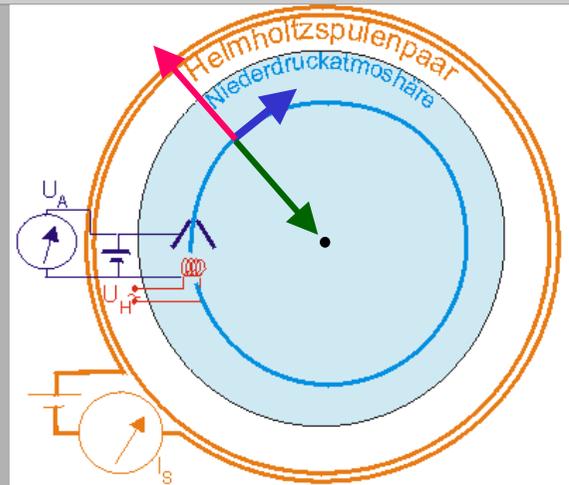
Aus der Sicht eines außenstehenden Beobachters wirkt die Lorentzkraft als Zentripetalkraft und beschleunigt (Richtungsänderung ist Beschleunigung!) das Elektron, d.h. 1.) ist richtig



Die Fadenstrahlröhre

Welcher der beiden Sätze ist richtig:

- 1.) Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft.
- 2.) Zwischen Lorentzkraft und Zentrifugalkraft herrscht Kräftegleichgewicht.

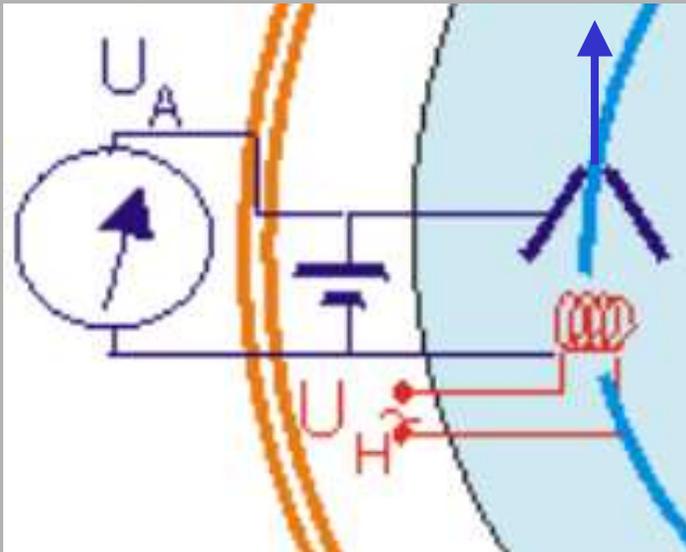


Ein mitbewegter Beobachter registriert in diesem beschleunigten Bezugssystem eine Zentrifugalkraft, die dem Betrag nach genau so groß ist wie die Lorentzkraft, d.h. 2.) ist falsch!



Die Fadenstrahlröhre

Welchen Geschwindigkeitsbetrag hat das Elektron beim Austritt aus der Anode?

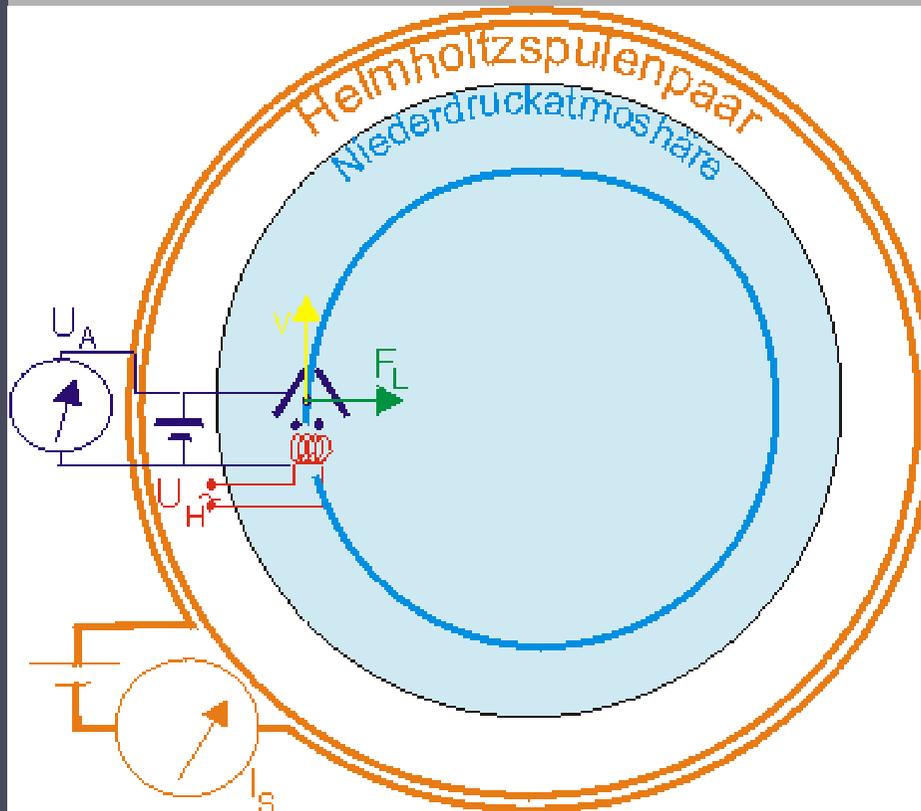


$$\frac{1}{2} m_e v^2 = e \cdot U_A$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_A}{m_e}}$$

Die Fadenstrahlröhre

Stellen Sie aus der Kreisbedingung und der Gleichung für die Geschwindigkeit eine Gleichung für e/m auf



$$F_L = F_Z$$

$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$e \cdot B = \frac{m}{r} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}$$

$$e^2 \cdot B^2 = \frac{m^2}{r^2} \cdot \frac{2 \cdot e \cdot U}{m}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{r^2 \cdot B^2}$$



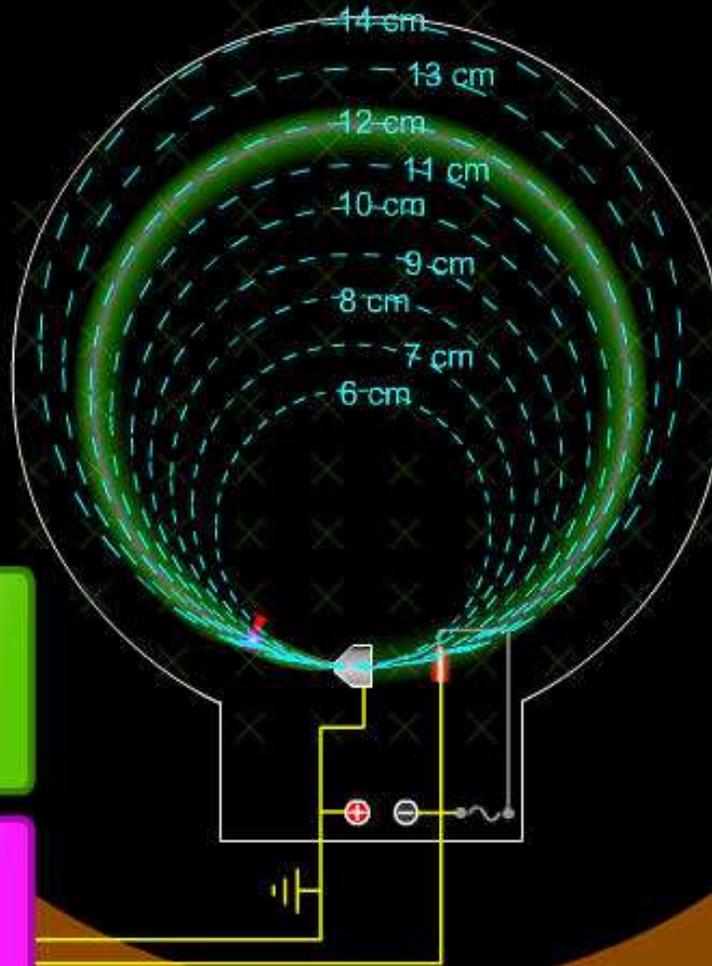
Die Fadenstrahlröhre www.furryelephant.com

seconds
0

start/stop

reset

- Show electron
- Show B field
- Show scale
- Show left-hand rule



Electromagnet coil voltage

3 V

Accelerating voltage

194 V

Coil data:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$$

$$N = 200 \text{ turns}$$

$$r_{\text{coil}} = 0.17 \text{ m}$$

$$R_{\text{coil}} = 8.2 \Omega$$

$$I_{\text{coil}} = \frac{\text{coil voltage}}{R_{\text{coil}}}$$

amperes

$$B = \frac{0.72 \mu_0 N I_{\text{coil}}}{r_{\text{coil}}}$$

$\times 10^{-3}$ tesla

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \text{ accel voltage}}{B^2 \text{ beam radius}^2}$$

$\times 10^{11}$ coulombs/kilogram

Reset



Die Fadenstrahlröhre - Auswertung -

Bestimme e/m aus folgenden Versuchsdaten:

$$B = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ T}; r = 12 \text{ cm}; U = 194 \text{ V}$$

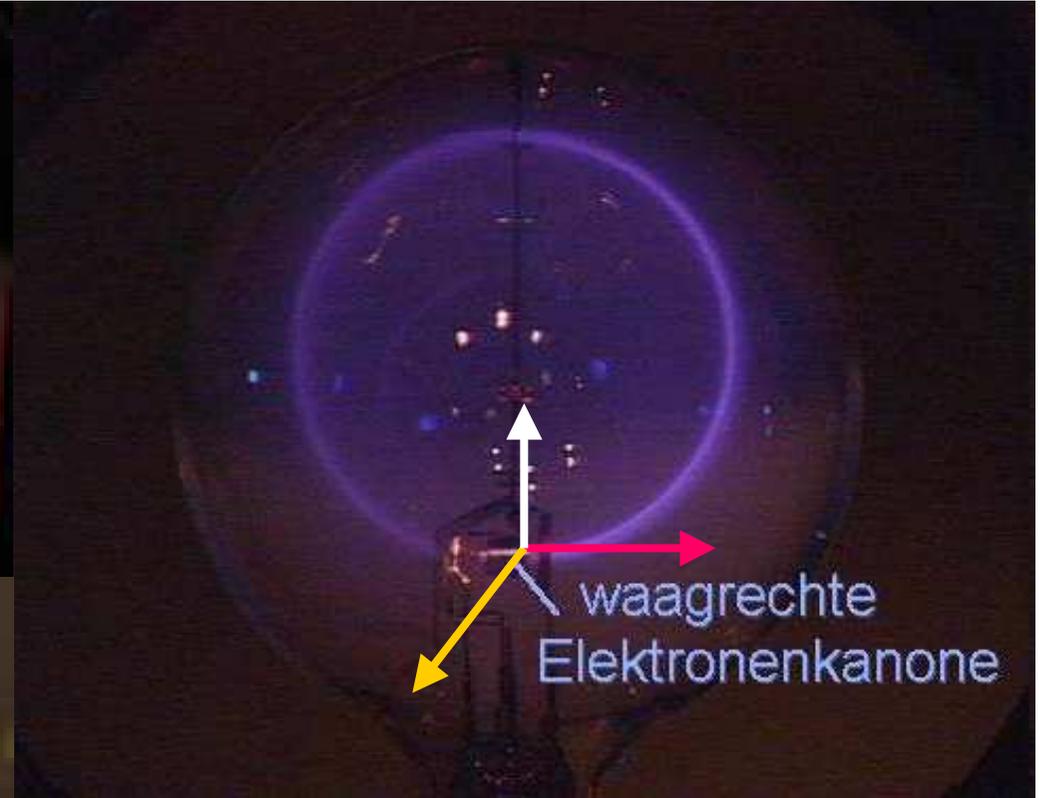
$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{r^2 \cdot B^2}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 194}{0,12^2 \cdot 3,9^2 \cdot 10^{-8}} \frac{\text{V}}{\text{m}^2 \cdot \left[\frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \right]^2}$$

$$\frac{e}{m} = 1,77 \cdot 10^{-11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$



Die Fadenstrahlröhre

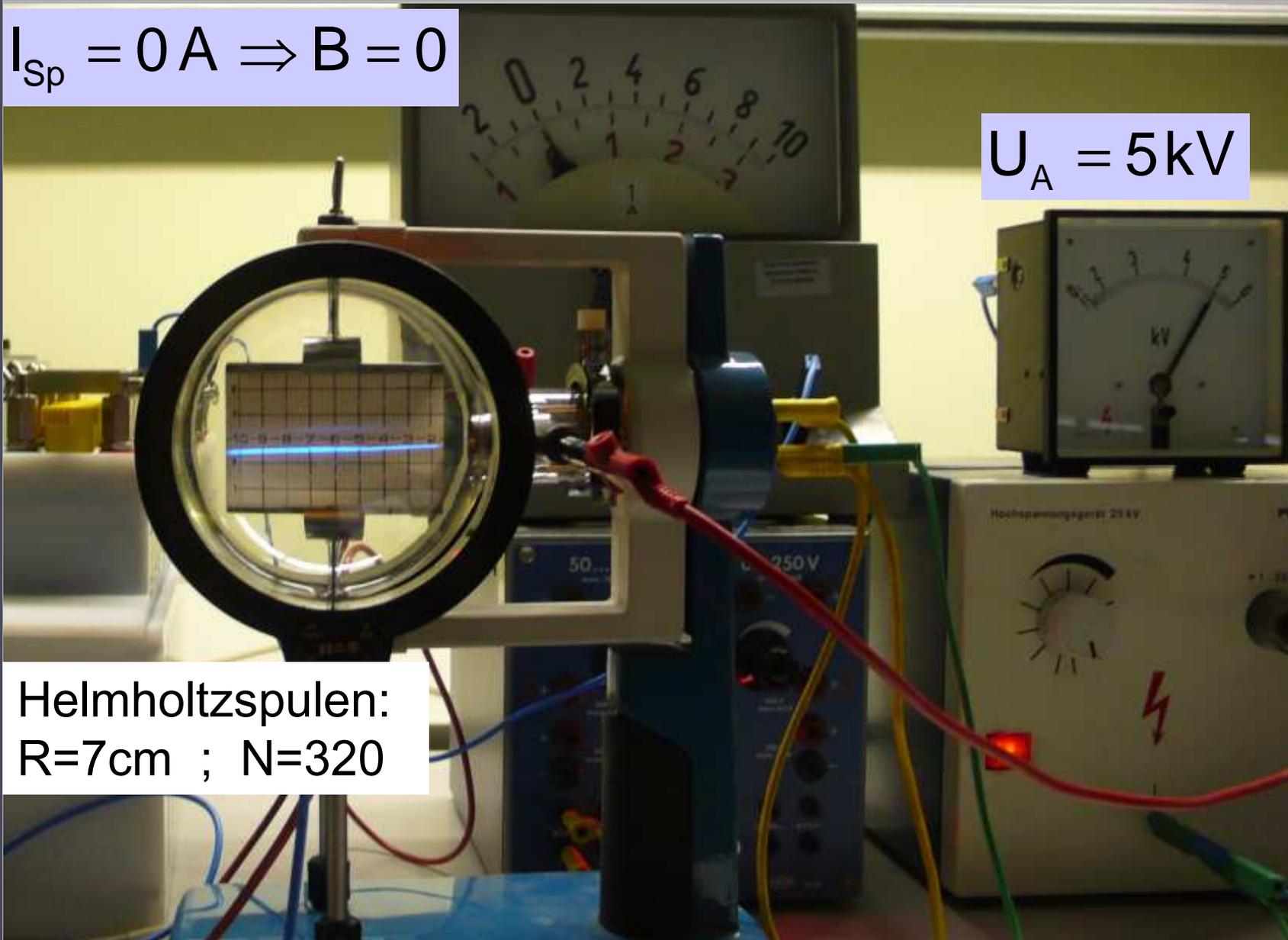




Elektronenstrahlröhre Ablenkung im Magnetfeld

$$I_{\text{Sp}} = 0 \text{ A} \Rightarrow B = 0$$

$$U_{\text{A}} = 5 \text{ kV}$$

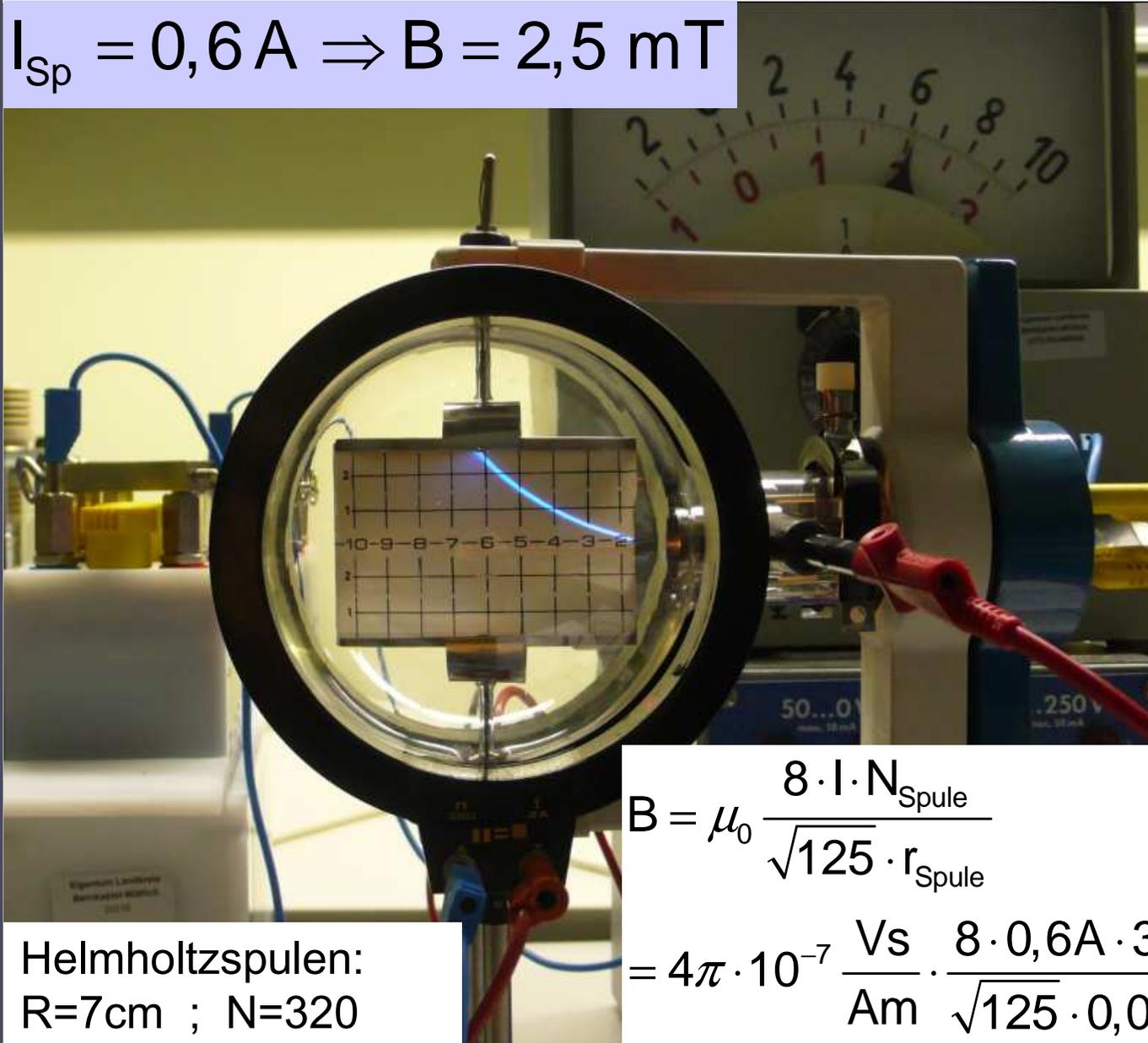


Helmholtzspulen:
 $R=7\text{cm}$; $N=320$



Das Magnetfeld der Helmholtzspule

$$I_{\text{Sp}} = 0,6 \text{ A} \Rightarrow B = 2,5 \text{ mT}$$

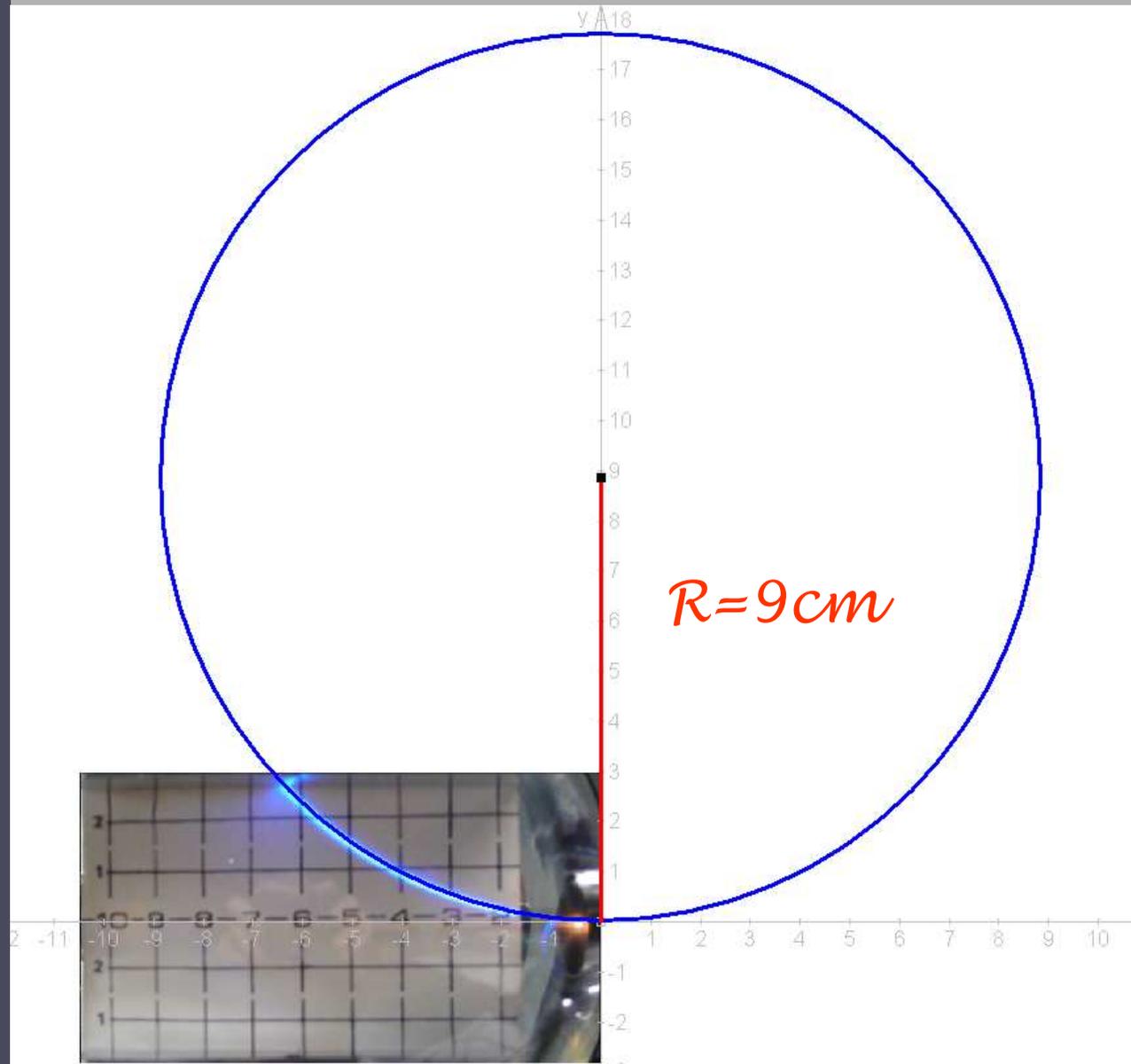


Helmholtzspulen:
 R=7cm ; N=320

$$\begin{aligned}
 B &= \mu_0 \frac{8 \cdot I \cdot N_{\text{Spule}}}{\sqrt{125} \cdot r_{\text{Spule}}} \\
 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{8 \cdot 0,6 \text{ A} \cdot 320}{\sqrt{125} \cdot 0,07 \text{ m}} \approx 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$



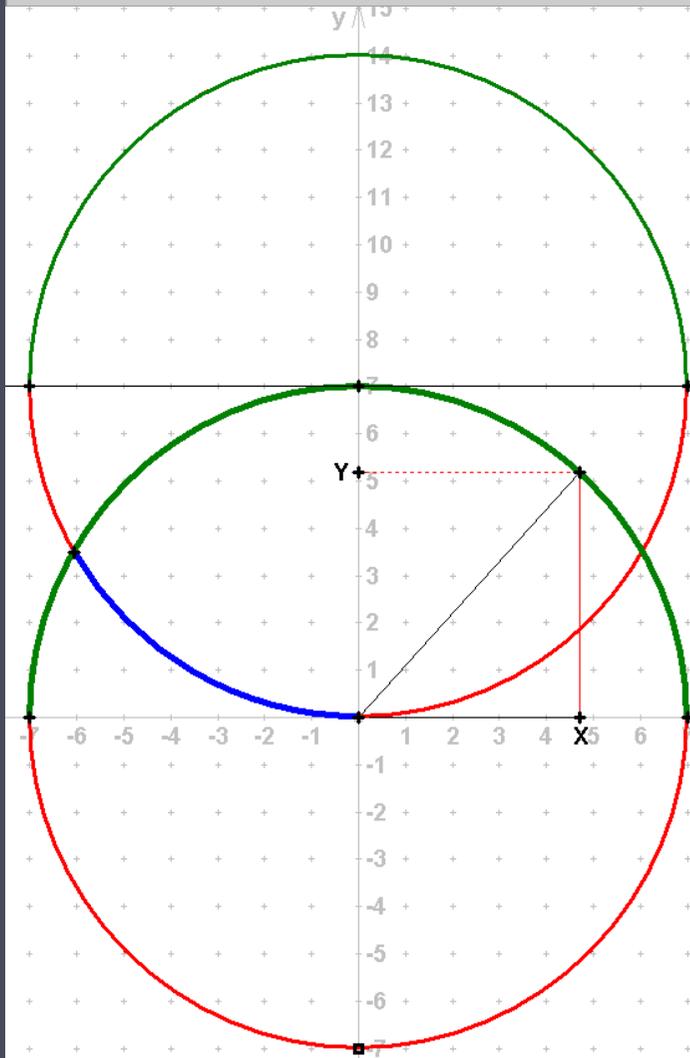
Bestimmung des Bahnradius (geometrisch)





Die Kreisgleichung eines verschobenen Kreises

Bestimmung der Radius eines Kreisbogens der die Punkte $(0|0)$ und $(x|y)$ enthält:



$$\text{Kreisgleichung: } x^2 + y^2 = r^2$$

$$y = \sqrt{r^2 - x^2} \quad \vee \quad y = -\sqrt{r^2 - x^2}$$

Kreisgleichung des ver-
schobenen Kreises: $M(0;r)$

$$y = -\sqrt{r^2 - x^2} + r \quad \text{oder} \quad y - r = -\sqrt{r^2 - x^2}$$

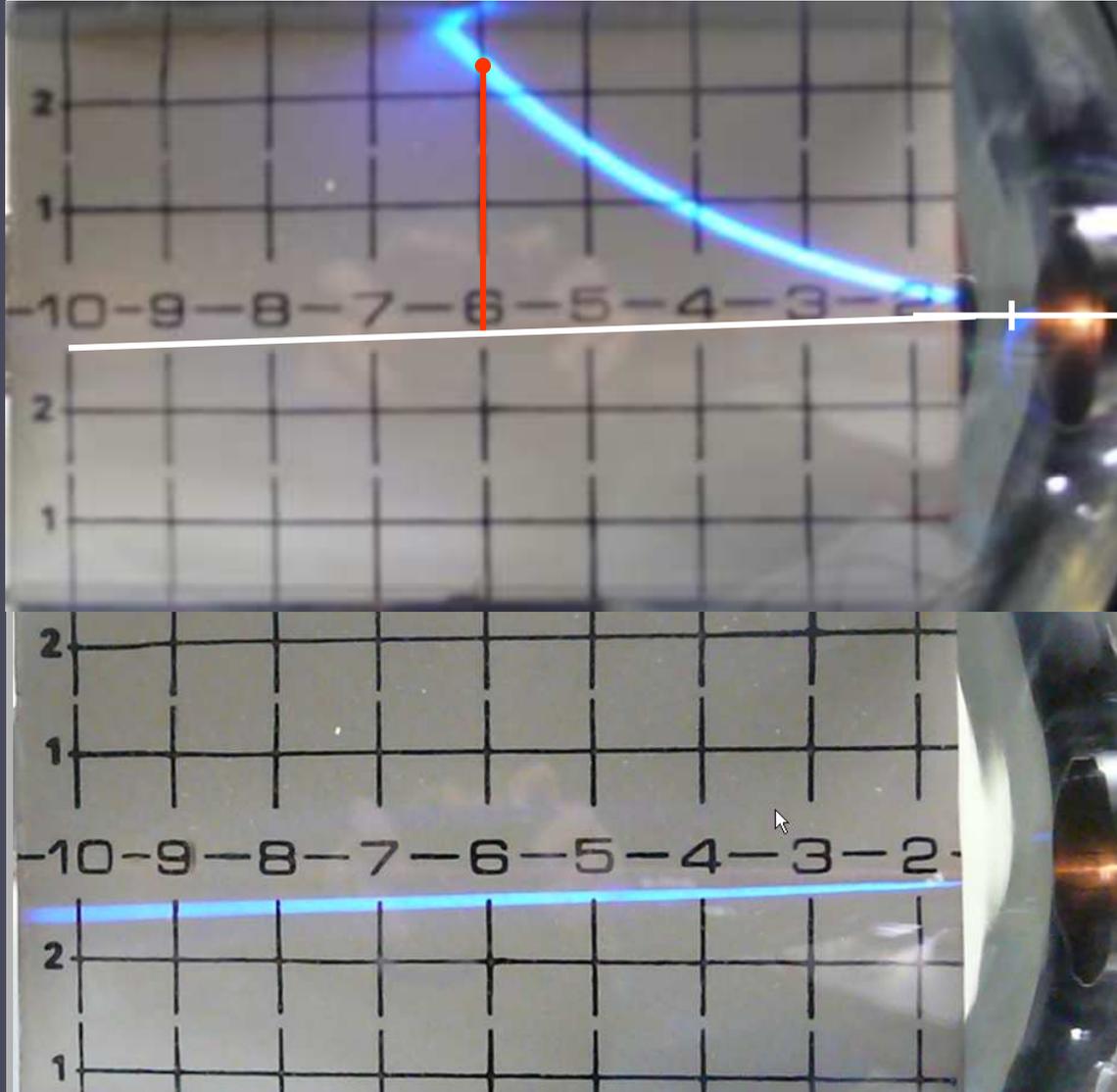
$$y^2 - 2ry + r^2 = r^2 - x^2$$

$$x^2 + y^2 = 2ry$$

$$\Rightarrow r = \frac{x^2 + y^2}{2y}$$



Bestimmung des Bahnradius (rechnerisch)



Kreisgleichung

$$x^2 + (y - r)^2 = r^2$$

$$P(-0,06 \mid 0,025) \in K$$

$$r = \frac{x^2 + y^2}{2y}$$

$$r = \frac{x^2 + y^2}{2y}$$

$$= \frac{0,06^2 + 0,025^2}{2 \cdot 0,025} \text{ m}$$

$$\approx 0,085 \text{ m} = 8,5 \text{ cm}$$



e/m -Bestimmung

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{r^2 \cdot B^2}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 5000 \text{ V}}{0,09^2 \text{ m}^2 \cdot (2,5 \cdot 10^{-3})^2 \frac{\text{V}^2 \text{ s}^2}{\text{m}^4}}$$

$$\frac{e}{m} \approx 1,98 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

Genauere Messungen ergeben:

$$\frac{e}{m} \approx 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$



e/m -Bestimmung

