

Tolman-Versuche und DGT

In der ‘‘Dynamischen Gravitationstheorie’’ (DGT) von Dieter Grosch (siehe <http://www.grosch.homepage.t-online.de>) wird von der Annahme ausgegangen, dass bei Bewegung von Körpern auf Kreisbahnen oder in rotierenden Körpern elektrische Ladung induziert wird. Kernstück ist die Beziehung

$$Q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 m v^2 r}.$$

Darin bedeuten:

$$\begin{aligned} m &: \text{Masse des bewegten Körpers} \\ v = \omega r = 2\pi f r &: \text{Bahngeschwindigkeit} \\ r &: \text{Radius der Kreisbahn} \end{aligned}$$

Dies führt auf den funktionalen Zusammenhang

$$Q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 m \cdot 4\pi^2 f^2 \cdot r^3} \sim r^{3/2}.$$

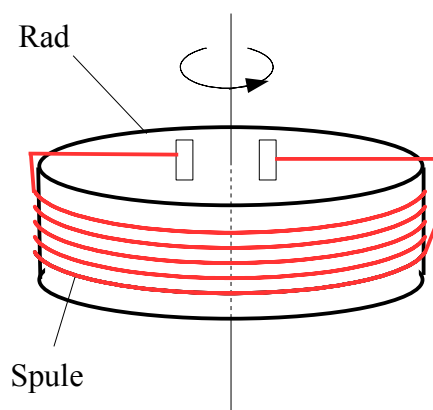
In den Jahren 1916 bis 1923 wurden von R.C. Tolman und anderen Versuche durchgeführt, um die Masse der beweglichen Ladungsträger in Metallen zu bestimmen (siehe Quellenangaben am Ende). Dabei wurden Metalle beschleunigt und die dabei auftretenden Strom- und Spannungsst o e gemessen. Aus den Ergebnissen dieser Versuche ergibt sich eine direkte experimentelle Widerlegung der Theorie, dass bei Bewegung Ladung entsteht.

1. Tolman-Stewart-Versuch von 1916

1.1 Kurze Vorstellung des Aufbaus

Der Arbeit (2) ist folgende kurze Beschreibung des Aufbaus zu entnehmen:

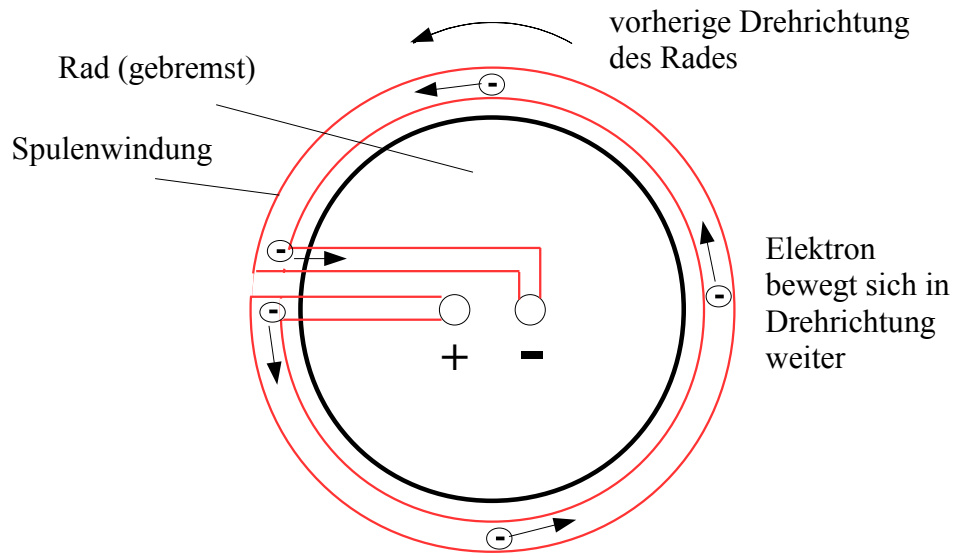
‘‘The apparatus consisted essentially of a coil of insulated copper wire, wound on the periphery of a wheel which could be rotated at a speed of about 5000 r.p.m. and brought suddenly to rest. The two ends of the coil were lead to the center of the wheel and there made connection, through wires which were allowed to twist up, with a ballistic galvanometer which measured the pulse of electric current which was produced by the tendency of the electrons to continue in motion after the wheel was stopped.’’



In der Arbeit (1) wird eine vollständige Beschreibung des Versuchsaufbaus und der konstruktiven Details vorgelegt.

1.2 Theorie

(Die in (1) gegebene ausführliche Darstellung des theoretischen Hintergrundes wird hier vereinfacht wiedergegeben, um den physikalischen Hintergrund kurz darzustellen.) Im einfachen Modell des Elektronengases führen die Elektronen bei Abbremsen des Rades aufgrund ihrer Trägheit ihre Kreisbewegung weiter aus und werden gegen die positiven Atomrümpfe im Kristallgitter verschoben.



Zwischen diesen Raumladungen entsteht ein elektrisches Feld E und es bildet sich die Spannung U aus. In diesem Feld erfahren die Elektronen eine weitere Kraft eE , die der Trägheitskraft ma entgegengerichtet ist.

Wenn genügend Elektronen verschoben sind, ist die Feldstärke so groß, dass die elektrische Kraft so groß wie die Trägheitskraft ist. In diesem Gleichgewicht gilt also:

$$m_e a = e E = e \frac{U}{l}$$

- m_e : Elektronenmasse
- e : Elektronenladung
- a : Beschleunigung
- U : durch die Ladungstrennung hervorgerufene Spannung
- l : Länge des Leiters

Für die Spannung ergibt sich:

$$U = \frac{m_e a l}{e} = \frac{m_e v l}{e t}$$

Umfangsgeschwindigkeit und Leiterlänge sind gegeben durch

$$v = \omega r = 2\pi f r, \quad l = 2\pi r N$$

(N : Windungszahl der Spule). Die Gleichung für die Spannung wird damit zu

$$U = \frac{m_e v l}{e t} = \frac{m_e \cdot 4 \pi^2 f N}{e t} \cdot r^2.$$

Diese Spannung wirkt auf den äußeren Galvanometerkreis mit dem Gesamtwiderstand R und lässt den Strom

$$I = \frac{U}{R} = \frac{m_e v l}{e R t} = \frac{m_e \cdot 4 \pi^2 f N}{e R t} \cdot r^2$$

fließen. Dabei wird die Ladungsmenge

$$Q = I \cdot t = \frac{m_e v l}{e R} = \frac{m_e \cdot 4 \pi^2 f N}{e R} \cdot r^2$$

transportiert.

Tolman und Stewart verwenden an dieser Stelle das elektrochemische Äquivalent:

$$\frac{M}{F} = \frac{M}{96485 \text{ As / mol}} = \frac{m_e}{e}$$

$$Q = \frac{M v l}{F R}$$

Damit kann die Molmasse des Elektrons ermittelt werden:

$$\frac{M}{F} = \frac{Q R}{v l}$$

1.3 Ergebnis

Aus ihren Messungen an zwei Kupferspulen verschiedener Windungszahlen erhielten sie als Mittelwert für die Molmasse (siehe (1))

$$M = 5,238 \cdot 10^{-4} \text{ g/mol}.$$

Damit ergibt sich für die spezifische Ladung des Elektrons

$$\frac{e}{m_e} = \frac{F}{M} = 1,842 \cdot 10^8 \text{ As/g} = 1,842 \cdot 10^{11} \text{ As/kg},$$

was vom heute bekannten Wert für freie Elektronen von $\frac{e}{m_e} = 1,759 \cdot 10^{11} \text{ As/kg}$ nur um 4,5% abweicht.

Diese Übereinstimmung bestätigt also die Beziehung

$$Q = \frac{m_e v l}{e R} = \frac{m_e \cdot 4 \pi^2 f N}{e R} \cdot r^2 \sim r^2.$$

Diese funktionale Abhängigkeit zwischen Q und r weist einen wesentlichen Unterschied zur Theorie der DGT auf:

$$\begin{array}{ll} \text{klassisches Elektronengas-Modell:} & Q \sim r^2 \\ \text{Modell der Ladungsentstehung bei Bewegung:} & Q \sim r^{3/2} \end{array}$$

Dies ist ein erster Hinweis darauf, dass die DGT nicht zur Realität passt.

1.4 Ein Auswertungsbeispiel

Die Kupferspule 1, die 1916 verwendet wurde, wies folgende Eigenschaften auf:

Widerstand:	$R = 40 \Omega$
Drahtlänge:	$l = 466,5 \text{ m}$
Durchmesser der Spule:	$d = 24,65 \text{ cm}$

Damit wurden 8 Versuchsreihen mit jeweils mehreren Durchläufen durchgeführt. Bei jeder Versuchsreihe wurde eine andere Umfangsgeschwindigkeit eingestellt und / oder der Umlaufsinn umgekehrt. Bei der ersten Versuchsreihe war:

Umfangsgeschwindigkeit:	$v = 19,80 \text{ m/s}$
gemessene Ladungsmenge:	$Q = 1,30 \cdot 10^{-9} \text{ As}$

Damit ergibt sich

$$\frac{m_e}{e} = \frac{QR}{vl} = 5,63 \cdot 10^{-12} \frac{\text{kg}}{\text{As}},$$

was in guter Übereinstimmung mit dem heute bekannten exakten Wert von $5,6856 \cdot 10^{-12} \frac{\text{kg}}{\text{As}}$ steht.

Berechnung weiterer Größen der Spule:

Mit der Dichte und dem spezifischen Widerstand von Kupfer:

$$\rho = 8,954 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \quad \rho_{el} = 1,78 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$$

und unter Verwendung der Beziehung $R = \rho_{el} \cdot \frac{l}{A} = \rho_{el} \cdot \frac{l}{\pi r_D^2}$

erhält man:

- Drahtradius: $r_D = 0,257 \text{ mm}$
- Drahtvolumen: $V_D = \pi r_D^2 l = 96,84 \text{ cm}^3$
- Drahtmasse: $m_D = \rho \cdot V_D = 0,867 \text{ kg}$

Aus der gemessenen Ladungsmenge Q_{exp} erhält man weiter unter Verwendung der Elektronenzahl-

dichte in Kupfer $n = 8,47 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{cm}^3}$:

- Anzahl Elektronen im Stromstoß: $N_e = \frac{Q_{exp}}{e} = 8,1148 \cdot 10^9$
- Anzahl freier Elektronen im Draht: $N_{ges} = n \cdot V_D = 8,2023 \cdot 10^{24}$
- Ladung der freien Elektronen im Draht: $Q_{ges} = N_{ges} \cdot e = 1,314 \cdot 10^6 \text{ As}$

Der Vergleich

$$\frac{N_e}{N_{ges}} = 9,8933 \cdot 10^{-16}$$

zeigt, dass nur ein sehr kleiner Teil der freien Elektronen im Draht zum Stromstoss beiträgt.

2. Auswertungsversuche mit der DGT

Bei der "Q-Formel" der DGT $Q_{DGT} = \sqrt{4\pi \epsilon_0 m v^2 r}$ ist zunächst zu klären, welche Masse m zu verwenden ist. Je nach Wahl von m ergeben sich verschiedene Ergebnisse. Zum Vergleich werden im Folgenden immer die im Auswertungsbeispiel verwendeten Werte der Kupfer-Spule 1 mit $v = 19,8$ m/s herangezogen.

A) Verwendet man für m die Masse des Spulendrahtes

$$m = m_D = 0,867 \text{ kg}$$

dann ergibt sich:

$$Q_{DGT} = 6,8273 \cdot 10^{-5} \text{ As .}$$

Dies hat erkennbar keinerlei Ähnlichkeit mit der im Stromstoss gemessenen Ladungsmenge $Q_{exp} = 1,30 \cdot 10^{-9} \text{ As .}$

B) Verwendet man für m die Masse der freien Elektronen im Spulendraht

$$m = m_{ges}(e) = N_{ges} \cdot m_e = 7,4718 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

dann folgt für die Ladung:

$$Q_{DGT} = 2,0042 \cdot 10^{-7} \text{ As .}$$

Auch dieser Wert hat nichts mit der gemessenen Ladungsmenge zu tun.

C) Es dürfte besser sein, sich am tatsächlichen Zusammenhang zu orientieren:

- Der Spulendraht enthält $N_{ges} = 8,2023 \cdot 10^{24}$ freie Elektronen.
- Von diesen fließt ein sehr geringer Bruchteil ab: $N_e = 8,1148 \cdot 10^9$.

Die DGT muss diese Verhältnisse berücksichtigen und nachbilden:

- Die *DGT-Ladung eines freien Elektrons* im Draht ist:

$$Q_{DGT}(e) = \sqrt{4\pi \epsilon_0 m_e v^2 r} = 6,9981 \cdot 10^{-20} \text{ As .}$$

- Der von der Gesamtzahl N_{ges} der freien Elektronen im Stromstoss abfließende Bruchteil N_e transportiert dann die Ladung

$$Q_{DGT,ab} = N_e \cdot Q_{DGT}(e) = 5,6788 \cdot 10^{-10} \text{ As .}$$

Es ergibt sich damit folgendes Verhältnis zur experimentell bestimmten Ladungsmenge:

$$\frac{Q_{DGT,ab}}{Q_{exp}} = 0,4368 .$$

Das könnte auf den ersten Blick für eine brauchbare Näherung des Messergebnisses gehalten und als "Bestätigung der DGT" gesehen werden. Die weitere Untersuchung wird aber zeigen, dass das

ein Fehlschluss ist.

Wenn die "Q-Formel" den experimentellen Wert ergeben soll, dann gilt:

$$Q_{DGT,ab} = Q_{exp}$$

$$N_e \cdot Q_{DGT}(e) = N_e \cdot e$$

$$\sqrt{4\pi\epsilon_0 m_e v_0^2 r} = e$$

$$v_0 = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m_e r}}$$

Das bedeutet: Für eine Spule mit gegebenem Wicklungsradius r kann die mit der DGT berechnete abfließende Ladung nur für eine ganz bestimmte Geschwindigkeit v_0 mit der experimentell bestimmten Ladung übereinstimmen. Im betrachteten Beispiel ist $r = 0,12325$ m, und dafür ergibt sich der Wert

$$v_0 = 45,33 \frac{\text{m}}{\text{s}} .$$

In der folgenden Tabelle sind Versuchsreihen von 1916 zusammengestellt. Das Verhältnis von abgeflossener Ladung nach DGT zur experimentell bestimmten Ladung wurde wie folgt berechnet:

$$\frac{Q_{DGT,ab}}{Q_{exp}} = \frac{Q_{DGT}(e)}{e} = \frac{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m_e v^2 r}}{e} .$$

Kupferspule	v / m/s	r / m	$Q_{exp}/10^{-9}$ As	$\frac{Q_{DGT,ab}}{Q_{exp}}$
1	19,8	0,12325	1,30	0,4372
	28,2		1,61	0,6627
	36,7		2,39	0,8104
	44		2,56	0,9716
	47,9		3,24	1,0577
	55,2		3,43	1,2190
	56,4		3,15	1,2454
2	49,6	0,1205	2,54	1,0819

D) Zum Schluss soll noch eine Vorgehensweise dargestellt werden, die von Dieter Grosch selbst in einer Diskussion in dsp (2008) gewählt wurde:

Das Verhältnis von abfließender (DGT-)Ladung zur gesamten (DGT-)Ladung der bewegten Spule soll übereinstimmen mit dem Verhältnis von der Gesamtmasse aller freien Elektronen im

Spulendraht und der Masse des Spulendrahtes. Daraus ergibt sich dann:

$$Q_{DGT,ab} = Q_{DGT}(m_D) \cdot \frac{m_{ges}(e)}{m_D}.$$

Von den Massen wird weiter zu den Molmassen übergegangen:

$$\frac{m_{ges}(e)}{m_D} = \frac{M_e}{M_{Cu}} = \frac{N_A m_e}{N_a A_r u} = \frac{1}{A_r \cdot 1 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} = \frac{1}{A_r \cdot 1823}.$$

Damit wird dann

$$Q_{DGT,ab} = \frac{Q_{DGT}(m_D)}{A_r \cdot 1823} = \frac{\sqrt{4\pi \epsilon_0 m_D v^2 r}}{A_r \cdot 1823}.$$

Auch hier ist schon zu erkennen: Übereinstimmung mit einem experimentellen Wert kann es für eine bestimmte Spule nur geben, wenn bestimmte konstruktive Parameter der Spule vorliegen. Für die genauere Betrachtung wird die experimentelle Ladung durch den theoretischen Ausdruck ersetzt - dies ist gerechtfertigt, da die experimentellen Ergebnisse diesen Ausdruck bestätigt haben:

$$\begin{aligned} Q_{DGT,ab} &= Q \\ \frac{\sqrt{4\pi \epsilon_0 m_D v^2 r}}{A_r \cdot 1823} &= \frac{m_e}{e} \cdot \frac{v l}{R} \\ \frac{4\pi \epsilon_0 m_D v^2 r}{A_r^2 \cdot 1823^2} &= \left(\frac{m_e}{e}\right)^2 \cdot \frac{v^2 l^2}{R^2} \end{aligned}$$

Sortiert nach Konstanten, die unabhängig von der Spule sind, und Parametern der Spule:

$$\frac{4\pi \epsilon_0 \cdot e^2}{1823^2 \cdot m_e^2} = \frac{l^2 A_r^2}{m_D r R^2}.$$

Die rechte Seite kann noch durch Berücksichtigen von $m_D = \rho V_D = \rho \pi r_D^2 l = \rho \pi \cdot \rho_{el} \cdot \frac{l^2}{\pi R}$ auf die für eine schnelle Auswertung günstigere Form gebracht werden:

$$\frac{4\pi \epsilon_0 \cdot e^2}{1823^2 \cdot m_e^2} = \frac{A_r^2}{\rho \rho_{el} r R}.$$

Links steht eine Konstante:

$$K = \frac{4\pi \epsilon_0 \cdot e^2}{1823^2 \cdot m_e^2} = 1,0357 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{kg} \Omega^2}.$$

Das bedeutet: Die Gleichheit $Q_{DGT,ab} = Q$ liegt nur dann vor, wenn auch die rechte Seite diesen Wert ergibt.

Für die beiden Kupferspulen von 1916 erhält man aber (jeweils in der Einheit $\text{m} / \text{kg} \Omega^2$):

$$\text{Kupferspule 1: } \frac{A_r^2}{\rho \rho_{el} r R} = 5,1246 \cdot 10^6$$

$$\text{Kupferspule 2: } \frac{A_r^2}{\rho \rho_{el} r R} = 6,5520 \cdot 10^6$$

Tolman und Stewart haben nach ihren ersten Versuchen 1916 umfangreiche weitere Versuchsreihen durchgeführt, bei denen neben 3 weiteren Spulen mit Kupferdraht auch je zwei Spulen mit Aluminium- bzw. Silberdraht verwendet wurden. Ihre Ergebnisse sind zusammengestellt in der Arbeit (3). Zwei dieser Spulen sollen hier noch zum Vergleich herangezogen werden:

$$\text{Aluminiumspule 1: } \frac{A_r^2}{\rho \rho_{el} r R} = 1,8935 \cdot 10^6$$

$$\text{Silberspule 1: } \frac{A_r^2}{\rho \rho_{el} r R} = 1,3502 \cdot 10^6$$

In keinem Fall liegt Übereinstimmung mit dem konstanten Wert $K = 1,0357 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{kg} \Omega^2}$ vor.

Fazit aus den Punkten A) bis D):

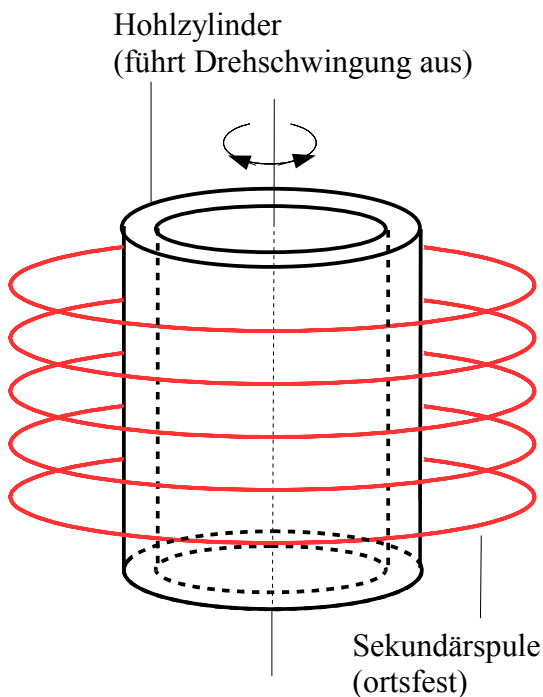
Die DGT ist nicht in der Lage, die experimentellen Ergebnisse der Tolman-Versuche von 1916 und 1917 quantitativ zu reproduzieren.

3. Tolman-Karrer-Guernsey-Versuch von 1923

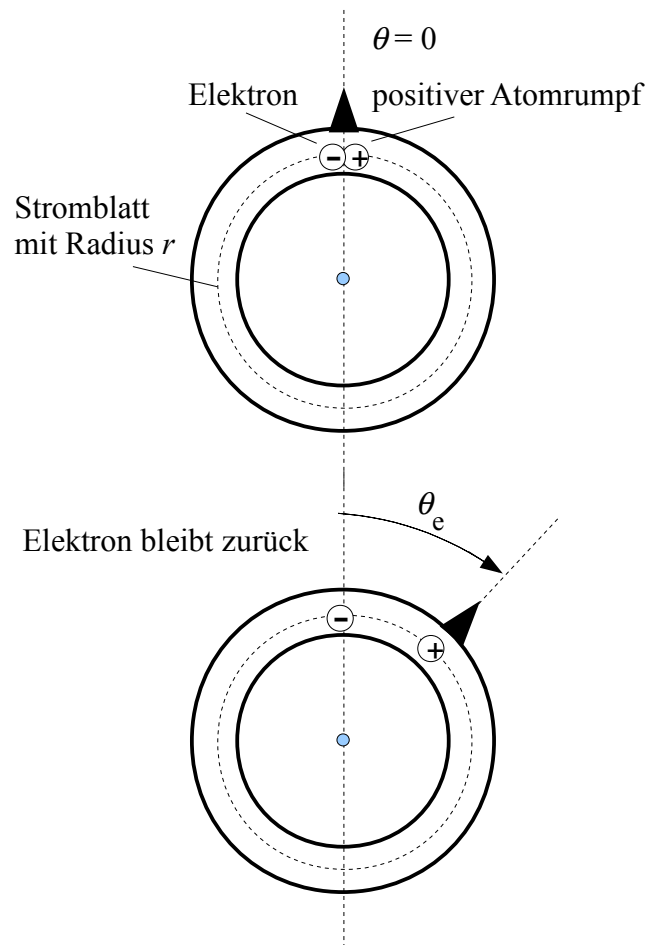
In der Arbeit (5) wird der verwendete Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung beschrieben:

“Apparatus.-The apparatus finally used consisted of a copper cylinder 9 1/8 inches long, 4 inches outside diameter, and 3 inches inside diameter, oscillating about its axis with a frequency of 18.9 cycles per second. Surrounding this copper cylinder was a coil containing about 60 miles of No. 38 copper wire (diam. 0.1 mm.), which acted as the secondary of a transformer. Connection from this secondary was made through a specially designed three stage amplifier with a vibration galvanometer. The tendency of the electrons in the oscillating copper cylinder to lag behind because of their inertia leads to an electromotive force, the effects of which were finally measured by the deflection of the vibration galvanometer. These galvanometer deflections were then compared with those produced by the known electromotive force accompanying transverse oscillation of the cylinder in such a way as to cut the earth’s magnetic field.”

(In der Arbeit (4) wird eine vollständige Beschreibung des Versuchsaufbaus und der konstruktiven Details vorgelegt.)



Draufsicht (schematisch; ohne Sekundärspule):



3.1 Longitudinale Drehschwingung

Zur Berechnung der Spannung U_e , die durch das Zurückbleiben der Elektronen bei der longitudinalen Drehschwingung des Zylinders entsteht, wird wie beim Versuch von 1916 angesetzt:

$$ma = eE = e \cdot \frac{U_e}{l}$$

$$U_e = \frac{mla}{e}$$

Mit einem Radius r wird eine bestimmte Stromfläche im Innern des Hohlzylinders ausgewählt. Die Leiterlänge l ist dann $l = 2\pi r$.

Die Drehschwingung wird mit dem Auslenkungswinkel beschrieben:

$$\theta(t) = \theta_e \cdot \sin(2\pi f t)$$

Die Auslenkung kann auch mit einer Bogenlänge s auf der durch r festgelegten Stromfläche beschrieben werden: $s(t) = r \cdot \theta(t)$. Daraus ergibt sich die Beschleunigung der Drehschwingung wie folgt:

$$v(t) = \frac{ds}{dt} = 2\pi f \cdot r \cdot \theta_e \cdot \cos(2\pi f t)$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = -(2\pi f)^2 \cdot r \cdot \theta_e \cdot \sin(2\pi f t)$$

Damit und mit der Länge $l = 2\pi r$ wird für die Spannung erhalten:

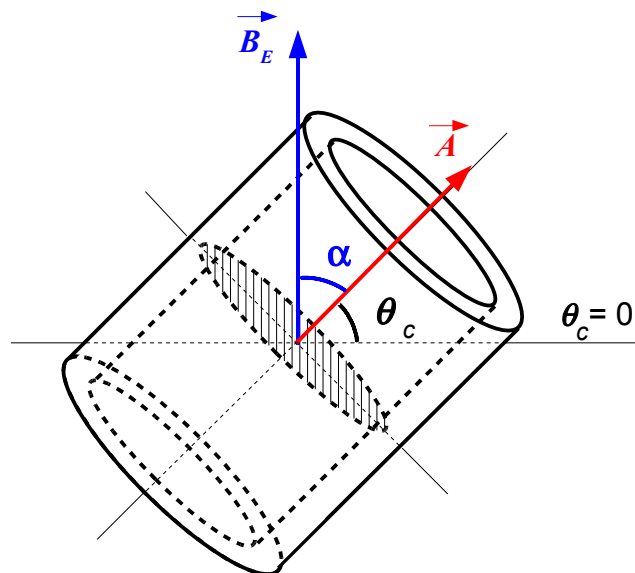
$$U_e = 8\pi^3 f^2 r^2 \cdot \frac{m}{e} \cdot \theta_e \cdot \sin(2\pi f t)$$

Der funktionale Zusammenhang von U_e und r ist danach

$$U_e \sim r^2.$$

3.2 Transversale Drehschwingung

Die Spannung U_e wird verglichen mit der Spannung U_c , die bei der transversalen Drehschwingung des Zylinders im Erdmagnetfeld entsteht. Die folgende Abbildung verdeutlicht diese Schwingung.



Der maximale magnetische Fluss durch die betrachtete Stromfläche mit Radius r beträgt:

$$\Phi = \vec{B}_E \cdot \vec{A} = B_E A \cos(90^\circ - \theta_c) = B_E A \sin(\theta_c)$$

Für kleine Amplituden:

$$\Phi_{max} = B_E A \theta_c = \pi r^2 B_E \theta_c.$$

Bei harmonischer Schwingung

$$\Phi(t) = \Phi_{max} \cdot \cos(2\pi f t)$$

ergibt sich die induzierte Spannung

$$U_c = -\frac{d\Phi}{dt} = 2\pi f \cdot \Phi_{max} \cdot \sin(2\pi f t) = 2\pi^2 f r^2 B_E \theta_c \cdot \sin(2\pi f t).$$

Das Verhältnis der beiden Spannungen U_e und U_c ist dann

$$\frac{U_e}{U_c} = \frac{8\pi^3 f^2 r^2 (m/e) \cdot \theta_e \cdot \sin(2\pi f t)}{2\pi^2 f r^2 B_E \cdot \theta_c \cdot \sin(2\pi f t)}$$

$$\frac{U_e}{U_c} = \frac{4\pi f}{B_E} \cdot \frac{m}{e} \cdot \frac{\theta_e}{\theta_c}$$

Es ist zu erkennen, dass der Radius r der betrachteten Stromfläche herausfällt, so dass das Verhältnis U_e/U_c als das Verhältnis der bei der longitudinalen Drehschwingung und bei der transversalen Schwingung insgesamt erzeugten Spannungen betrachtet werden kann.

3.3 Ergebnis

Die gesuchte Größe - die Masse m der beweglichen Ladungsträger im Metall - wurde mit dem Spannungsverhältnis ermittelt:

$$\frac{m}{e} = \frac{U_e}{U_c} \cdot \frac{B_E}{4\pi f} \cdot \frac{\theta_c}{\theta_e}$$

Als Ergebnis wurde erhalten:

$$\frac{m}{e} = 5,18 \cdot 10^{-8} \text{ g/abcoulomb} = 5,18 \cdot 10^{-9} \text{ g/As}$$

also:

$$\frac{e}{m} = 1,93 \cdot 10^{11} \text{ As/kg}$$

Dies weicht vom Wert für freie Elektronen nur um 9,7% ab. Damit bestätigt sich auch, dass die Beziehung

$$U_{e,max} = 8\pi^3 f^2 r^2 (m/e) \theta_e \sim r^2$$

richtig ist.

Die Spannungen U_e und U_c sind natürlich nicht direkt messbar. Gemessen wurden die Ausschläge des an die Sekundärspule angeschlossenen Vibrationsgalvanometers. Diese entstehen wie folgt:

Die Spannung U_e treibt im Zylinder einen Strom I :

$$I = \frac{U_e}{R} \sim r^2$$

Dieser Strom ruft ein Magnetfeld hervor, für das nach dem Biot-Savart-Gesetz gilt:

$$B \sim I \sim r^2$$

Da sich dieses Magnetfeld zeitlich ändert, induziert es eine Spannung in der Sekundärspule:

$$U_{ind,e} \sim \frac{dB}{dt} \sim r^2$$

Für die Spannung U_c gilt - wie oben gezeigt - ebenfalls

$$U_c \sim r^2$$

so dass sich - entsprechend zu U_e - eine in der Sekundärspule induzierte Spannung ergibt:

$$U_{ind,c} \sim r^2.$$

Das Verhältnis der Spannungen $\frac{U_{ind,e}}{U_{ind,c}}$ ist dann wieder unabhängig vom Radius r der betrachteten Stromfläche.

Nach der DGT entsteht eine Ladung im schwingenden Zylinder:

$$Q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 m r v^2} \sim \sqrt{r} \cdot v \sim r^{3/2}.$$

Diese ändert sich zeitlich, was einem Strom entspricht:

$$I = \frac{dQ}{dt} \sim \sqrt{r} \cdot \frac{dv}{dt} \sim r^{3/2}.$$

Dieser ruft wieder ein Magnetfeld hervor, das dann eine Spannung in der Sekundärspule induziert:

$$B \sim I \sim r^{3/2}$$

$$U_{ind,DGT} \sim \frac{dB}{dt} \sim r^{3/2}.$$

Wäre diese Aussage der DGT richtig, dann könnte das Verhältnis $\frac{U_e}{U_c}$ nicht unabhängig vom

Radius r einer betrachteten Stromfläche sein. Der Faktor r^2 in der bei der transversalen Schwingung entstehenden Spannung U_c hat, wie obige Herleitung deutlich zeigt, seinen Ursprung im magnetischen Fluss durch die Querschnittsfläche $A = \pi r^2$. Mit $U_{ind,DGT}$ wäre dann

$$\frac{U_{ind,DGT}}{U_c} \sim \frac{r^{3/2}}{r^2} \sim \frac{1}{r^{1/2}}.$$

Damit würde sich ein anderer Wert für $\frac{m}{e}$ ergeben als er gemessen wurde. Fazit: Auch hier steht die DGT im Widerspruch zur experimentellen Realität.

4. Tolman-McRae-Versuch von 1929

4.1 Spannungserzeugung in der DGT

Bei dem Experiment von Dieter Grosch (das von mir nachgebaut und analysiert wurde) wird ein zylindrischer Stab periodisch in der beschriebenen Spule auf und ab bewegt. Die dabei auftretenden Spannungen werden verstärkt und registriert. Die Erklärung von Dieter Grosch lautet:

"Das Messergebnis entsteht dadurch, dass bei Bewegungsänderung des Stabes ein Ladungsänderung erzeugt wird, die ein Magnetfeld erzeugt, das in der Spule eine Spannung induziert." (Homepage DG)

Diese Begründung enthält eine Lücke. Eine Ladungsänderung in dem hier gemeinten Sinn, dass periodisch der Ladungsbetrag zu- und abnimmt, erzeugt kein Magnetfeld. Die Quelle von Magnetfeldern sind bekanntlich elektrische Ströme. Ein solcher liegt aber bei genauer Betrachtung auch hier vor: Die hypothetische DGT-Ladung entsteht ja im Stab - und der wird auf und ab bewegt. Somit liegt bewegte Ladung - sprich: ein elektrischer Strom - vor. Damit würde dann ein zeitlich

veränderliches Magnetfeld entstehen, das in einer geeignet angeordneten Spule eine Spannung induzieren kann. (Allerdings ist der von Dieter Grosch gewählte Aufbau dazu nicht geeignet ist, wie ich in meiner Ausarbeitung "Angeblicher Nachweis von Ladungsentstehung bei Bewegung" in Teil C, Abschnitt 4: "DGT-Ladung und Induktionsgesetz" gezeigt habe.)

Dem Sachverhalt: *bewegte Ladung repräsentiert einen elektrischen Strom, und dieser erzeugt ein Magnetfeld*, widerspricht Dieter Grosch in unsinniger Weise. Dieser Zusammenhang lässt sich aber natürlich experimentell bestätigen, wie z.B. durch das Tolman-McRae-Experiment von 1929.

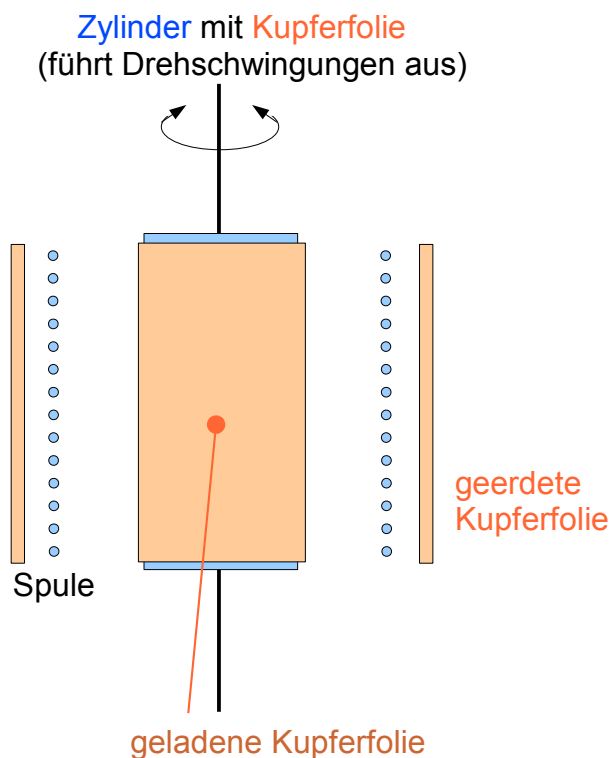
4.2 Das Tolman-McRae Experiment

In der Arbeit (6) werden die bei mechanisch hervorgerufener periodischer Bewegung realer elektrischer Ladung auftretenden Induktionserscheinungen experimentell untersucht. In der Einleitung schreiben die Autoren:

"Method of testing equivalence of a mechanically oscillated charge to an alternating current. -

The apparatus consisted of a cylinder approximately 4 inches in diameter by 9 inches long, constructed of insulating material, but coated on the outside with a thin sheet of copper foil which could be charged to potentials which varied from 1400 to 2600 volts. The cylinder was arranged to oscillate around its axis at frequencies in the neighborhood of 20 cycles per second through an amplitude of something over 180° . It was surrounded by an 'effect coil', having 260 772 turns of fine wire, which was connected through a three-stage amplifier with a tuned vibration galvanometer for detecting the electromotive force which would presumably be induced by the oscillation of the charged cylinder. The 'effect coil' was shielded by a grounded covering of sheet copper, the inner portion of this covering and the coating of copper foil on the cylinder thus forming the two plates of an electrostatic condenser."

Schematische Darstellung im Querschnitt:



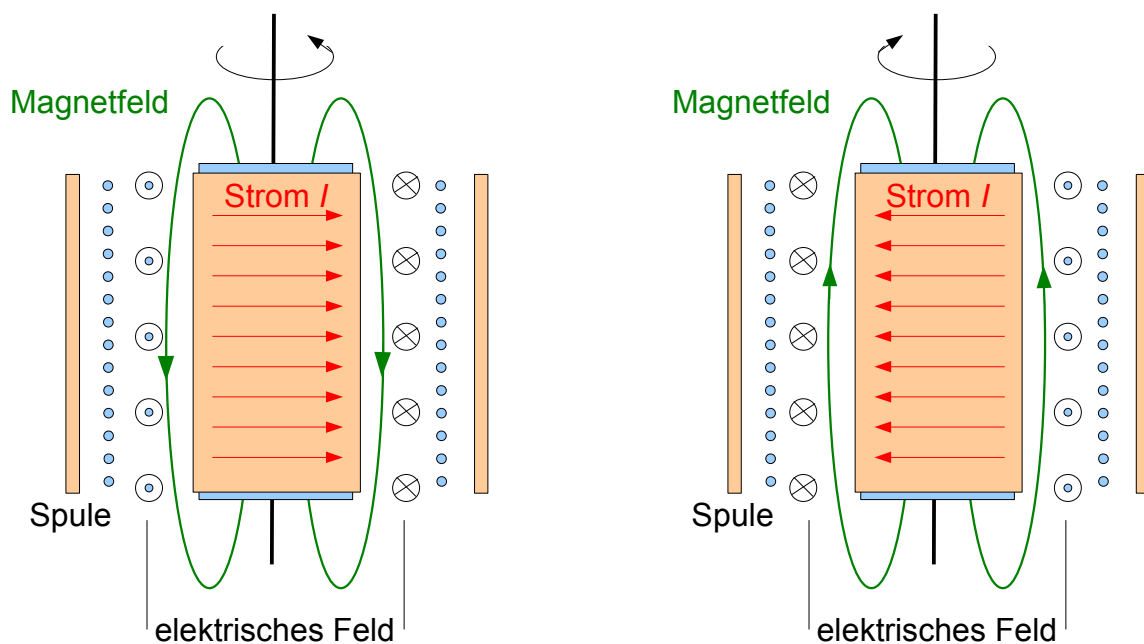
"Connected in series with the 'effect coil' was a similar 'compensation coil' having the same number of turns but connected in opposition so as to neutralize the effect of external magnetic disturbances. The electromotive force induced in the 'effect coil' was measured by balancing out with the help of an auxiliary current flowing in a current sheet in such a way as to induce an opposing electromotive force in the 'compensating coil', this auxiliary current having the same frequency as the electromotive force to be balanced and being adjustable as to phase and amplitude. The apparatus was calibrated by replacing the charged oscillating cylinder by a current sheet of known dimensions and carrying a known current. Accidental effects coming from a number of sources were studied and as far as possible reduced or eliminated."

(Eine genaue Darstellung des Aufbaus findet sich in der Arbeit 6.)

"Results of the test and conclusions. - [...] The result of the experiment is to show that a mechanically oscillated electrostatic charge of electricity surrounds itself with an alternating magnetic field, accompanied at right angles by an alternating electric field capable of producing an alternating electromotive force in a suitably placed secondary. It further shows that at right angles to both the magnetic and electric fields there must be a Poynting-vector field corresponding to the observed transmission of energy to the secondary, and that these quantities all have the magnitude and time dependence predicted by electromagnetic theory. The present experiment must be regarded as testing a more extended portion of the fundamental basis of electromagnetic theory than the original Rowland experiment^(*), and as giving a more clear-cut demonstration of the equivalence of a mechanically oscillated charge of electricity to an ordinary alternating current than have previous experiments."

(*) "The result of the Rowland experiment is to show that a charge of electricity maintained in uniform motion surrounds itself with a steady magnetic field of the expected intensity."

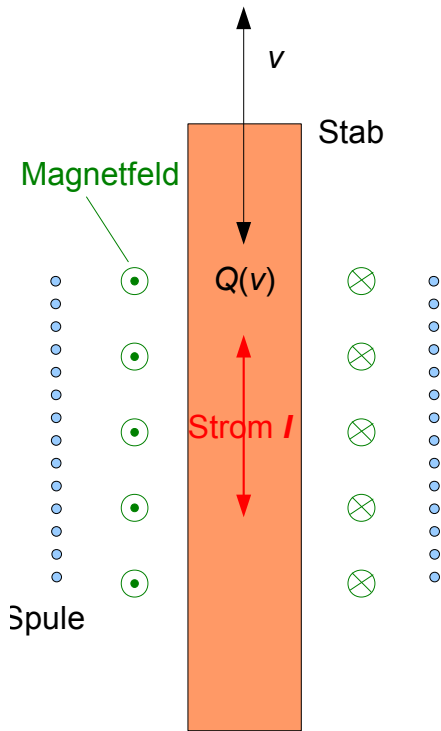
Schematische Darstellung: Die periodische Bewegung der geladenen Kupferfolie stellt einen Wechselstrom dar, der ein zugehöriges magnetisches Wechselfeld erzeugt, welches seinerseits ein elektrisches Wechselfeld hervorruft, das in der Spule eine Spannung induziert.



Die in der Spule gemessenen Induktionsspannungen entsprachen genau der nach der klassischen elektromagnetischen Theorie zu erwartenden Zeitabhängigkeit und Größe.

Der DGT-Versuch ist ebenfalls von dieser Art: Periodische Bewegung einer (allerdings hypothetischen) Ladung. Der Unterschied zur Realität, dass die DGT-Ladung erst bei der Bewegung entstehen soll, ändert nichts an der Tatsache, dass sie mit dem Stab mitbewegt wird. Dieser Unterschied äußert sich lediglich in der Art der funktionalen Abhängigkeit der Spannung von der Geschwindigkeit:

DGT:



$$Q \sim v$$

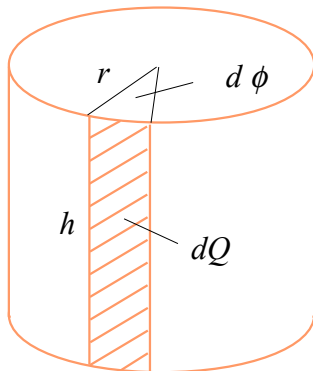
$$I = \frac{dQ}{dt} \sim \frac{dv}{dt}$$

$$B \sim I \sim \frac{dv}{dt}$$

$$U_{ind} \sim \frac{dB}{dt} \sim \frac{dI}{dt} \sim \frac{d^2v}{dt^2}$$

(Bemerkung: Es ist zu erkennen, dass das Magnetfeld des Stroms, der durch die mit dem Stab mitbewegte Ladung entstehen soll, in der Querschnittsfläche der Spule verläuft. Der magnetische Fluss ist also $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = 0$, und das Magnetfeld kann keine Induktionserscheinungen in der Spule hervorrufen.)

Tolman-McRae-Experiment:



$$\phi(t) = \phi_{max} \cdot \sin(\omega t)$$

$$dQ = \frac{Q}{2\pi} \cdot d\phi$$

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = \frac{Q}{2\pi} \cdot \frac{d\phi}{dt} = \frac{Q}{2\pi r} \cdot r \frac{d\phi}{dt} = \frac{Q}{2\pi r} \cdot v(t)$$

$$B \sim I \sim v$$

$$U_{ind} \sim \frac{dB}{dt} \sim \frac{dI}{dt} \sim \frac{dv}{dt}$$

Quellen:

1. Richard C. Tolman and T. Dale Stewart:
The Electromotive Force Produced by the Acceleration of Metals.
Phys.Rev., 8, 97 (1916)

<http://authors.library.caltech.edu/3372/1/TOLpr16b.pdf>
2. Kurzfassung der Arbeit (1):

<http://www.pnas.org/content/2/3/189.full.pdf+html>
3. Richard C. Tolman and T. Dale Stewart:
The Mass of the Electric Carrier in Copper, Silver and Aluminium.
Phys. Rev. 9, 164 - 167 (1917)

<http://authors.library.caltech.edu/6215/1/TOLpr17.pdf>
4. Richard C. Tolman, Sebastian Karrer, and Ernest W. Guernsey:
Further Experiments on the Mass of the Electric Carrier in Metals.
Phys. Rev. 21, 525 - 539 (1923)

<http://authors.library.caltech.edu/3677/1/TOLpr23a.pdf>
5. Kurzfassung der Arbeit (4):

<http://www.pnas.org/content/9/5/166.full.pdf?ck=nck>
6. Richard C. Tolman and Daniel B. McRae:
Experimental Demonstration of the Equivalence of a Mechanically Oscillated Electrostatic Charge to an Alternating Current.
Phys.Rev. 34, 1075 - 1105 (1929)

<http://authors.library.caltech.edu/2550/1/TOLpr29.pdf>

Die theoretische Grundlage dieser Arbeiten ist das klassische Modell des freien Elektronengases in Metallen.