

# Physikalisches mit Weihnachts-Schmuck

Freihandversuche 14 12 01

Kittel Matthias  
9502020  
kittel@astro.univie.ac.at

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Goldbänder im Weihnachtsstress</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Das Goldband und der Magnet</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Der Glanz von Christbaumkugeln</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Das Spektrum einer Wunderkerze</b>	<b>6</b>

## Abbildungsverzeichnis

1	Versuchsordnung - Goldbänder . . . . .	1
2	Magnetfeld zweier Ladungen im Vergleich . . . . .	2
3	Auftretende Kräfte bei stromdurchflossenen Leitern . . . . .	2
4	Richtungsabhängigkeit der Lorentz-Kraft . . . . .	3
5	Versuchsaufbau: Golband innerhalb Hufeisenmagnet . . . . .	3
6	Aufwicklung bei eingespanntem Stabmagneten . . . . .	4
7	Aufwicklung des Glodbandes bei horizontal eingespanntem Hufeisenmagneten . . . . .	4
8	Aufwicklung des Glodbandes bei vertikal eingespanntem Hufeisenmagneten . . . . .	4
9	Skizze der Brechung und Reflexion unter dem Brewster-Winkel . . . . .	5
10	Versuchsaufbau - Wunderkerze . . . . .	6

# 1 Goldbänder im Weihnachtsstress

Bei diesem Versuch soll das Verhalten von zwei stromdurchflossenen Goldbändern untersucht werden. Die zirka 50 Zentimeter langen Goldbänder werden in Längsrichtung parallel in einem Abstand von ungefähr 5 Zentimetern eingespannt (siehe *Abbildung 1*). Wird nun Gleichstrom in paralleler Richtung durch die beiden Goldbänder (hier die Leiter) geschickt, bewegen sich die Bänder aufeinander zu, sie ziehen sich an (Fall a). Fließt der Strom antiparallel durch die beiden Bänder stoßen sich diese ab (Fall b). In *Abbildung 2* sieht man nun den Querschnitt der Potentialflächen beider Fälle skizziert dargestellt. Da bei stromdurchflossenen Leitern wie bei Punktladungen das Prinzip der Superposition gilt, lässt sich der auftretenden Effekt wie folgt erklären. In Fall a (parallele Ströme) gleichen die Potentialflächen denen von zwei gleichnamigen Ladungen. Zwischen den beiden Potentialen gibt es nur einen geringfügigen Unterschied. Bei parallelen Strömen sind die magnetischen Feldlinien soweit auseinander wie Niveaulinien auf einem Sattel zwischen zwei Gipfeln. Die auftretenden Kräfte sind in *Abbildung 3* dargestellt.

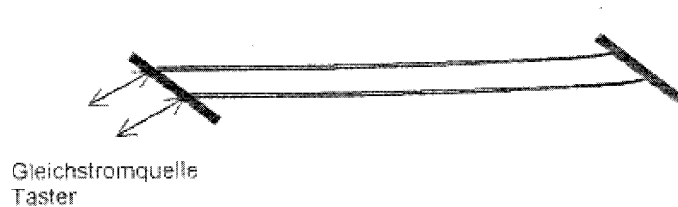


Abbildung 1: Versuchsanordnung - Goldbänder

Bei antiparallelen Strömen (Fall b) sehen die magnetischen Feldlinien so aus, wie für ungleichnamige Ladungen, die Feldlinien drängen sich zwischen den beiden Strömen zusammen gleich den Niveaulinien von einem Gipfel und einer Senke. Die Goldbänder werden aufgrund der Häufung von Feldlinien durch den dadurch auftretenden magnetischen Druck auseinandergeschoben.

Wird nun Wechselstrom durch die Leiter geschickt, treten diesselben Effekte wie bei Gleichstrom auf. Bei Wechselstrom wird die Polarität mit einer bestimmten Frequenz geändert, da aber diese Umpolung in beiden Bändern auftritt, kommt es alleine darauf an, ob man die Bänder parallel oder antiparallel schaltet. Dadurch ergeben sich auch diesselben Aussagen wie für den Fall mit Gleichstrom.

Bei diesem Versuch ist es wichtig, die Bänder nicht allzu lange den großen Strömen auszusetzen, da sonst diese an den *Einspannstellen* durchbrennen. Der Versuch wird mit 20 Volt vom Netzgerät durchgeführt. Der Widerstand wurde mit einem Messgerät zu ungefähr 12 Ohm bestimmt. Über die bekannte Gleichung

$$U = R * I \tag{1}$$

gelangt man zu relativ großen Strömen von zirka 1.7 Ampère.

Die folgenden Berechnungen sind ein Versuch den Betrag der *Lorentz-Kraft* (siehe *Abbildung 4* zur Richtungsabhängigkeit der Kraft), die das eine Goldband auf das andere ausübt, zu berechnen. Das Ergebnis scheint um einige Größenordnungen zu klein, weshalb entweder ein Rechen- oder Denkfehler hier eingegangen sein muss.

Da ein stromdurchflossener Leiter ein Magnetfeld erzeugt, kann man nun mit Hilfe einiger Überlegungen ungefähr berechnen, welche Kraft das eine Goldband auf das

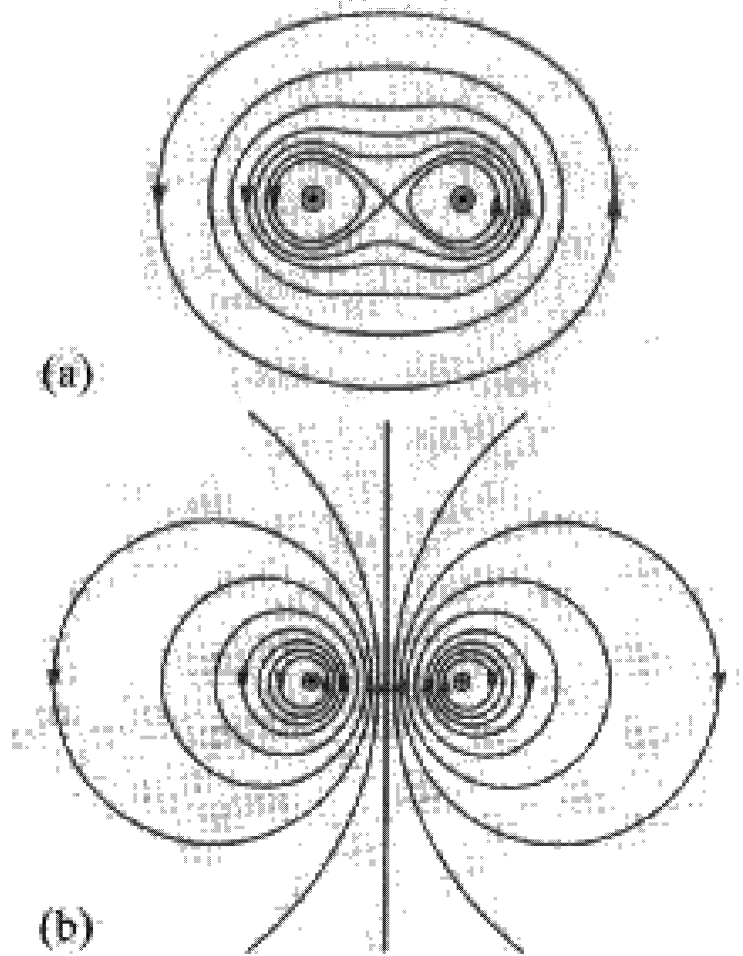


Abbildung 2: Diese Skizze beschreibt das Magnetfeld zwischen zwei Ladungen beziehungsweise das zweier Ströme: a gilt für parallel Ströme, b für antiparallele Ströme

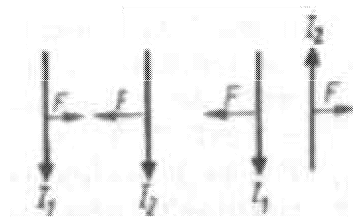


Abbildung 3: Auftretende Kräfte bei stromdurchflossenen Leitern

andere ausübt. Die hier auftretende Lorentz-Kraft lässt sich als

$$\vec{F} = I * \vec{l} \times \vec{B} \quad (2)$$

aufschreiben.  $I$  steht für die Stromstärke,  $\vec{l}$  für die Leiterlänge und  $\vec{B}$  für das Magnetfeld. Für den Betrag gilt

$$|\vec{F}| = I * |\vec{l}| * |\vec{B}| \quad (3)$$

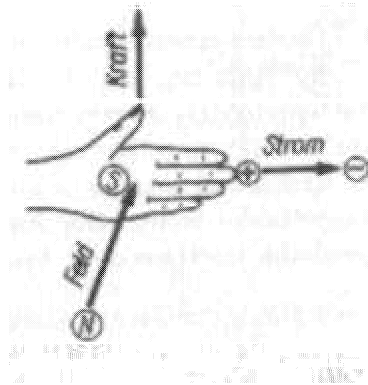


Abbildung 4: Richtungsabhängigkeit der Lorentz-Kraft

Für die magnetische Feldstärke eines stromdurchflossenen geraden Leiters gilt:

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad , \quad (4)$$

wobei  $r$  den Abstand zum Leiter angibt. Weiters gilt

$$B = \mu\mu_0 H \quad . \quad (5)$$

Setzt man nun für  $I = 2 \text{ A}$ ,  $r = 0.05 \text{ m}$ ,  $l = 0.5 \text{ m}$ ,  $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6} \text{ VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$ ,  $\mu = 1$  (für Luft), so ergibt sich mit

$$F = I * l * \mu\mu_0 \frac{I}{2\pi r} \quad (6)$$

der Wert von  $5.8 \cdot 10^{-6}$  Newton für den Betrag der Kraft in 5 Zentimeter Abstand vom stromdurchflossenen Leiter. Dieser Wert ist wie beschrieben um einige Größenordnungen zu klein, entspricht dieser Kraft doch das Anhängen von 0.0006 Gramm an das Band.

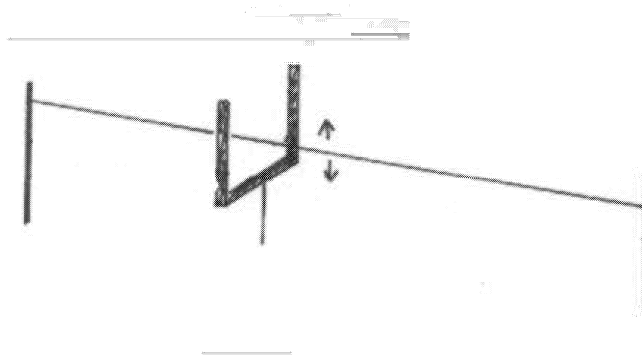


Abbildung 5: Versuchsaufbau: Golband innerhalb Hufeisenmagnet

Wird nun ein Goldband entfernt und stattdessen ein Hufeisenmagnet derart platziert, dass das übrigbleibende Band genau zwischen den Polschuhen hindurchgeführt wird (siehe *Abbildung 5*), so lässt sich nun ein weiterer Effekt beobachten. Wird nun Gleichstrom durch das Band geschickt, so weicht dieses aufgrund der Lorentz-Kraft normal zur Stromrichtung und normal zur Richtung des Magnetfeldes aus.

Verwendet man stattdessen Wechselstrom, so beginnt das Band zu vibrieren. Diese Vibration ist mit der Frequenz des Wechselstromes gekoppelt. Je nach Spannung des Bandes zwischen den Stativen werden durch den Wechselstrom stehende Wellen beziehungsweise auch deren Oberschwingungen angeregt.

## 2 Das Goldband und der Magnet

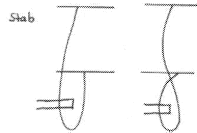


Abbildung 6: Aufwicklung bei eingespanntem Stabmagneten

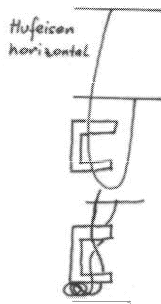


Abbildung 7: Aufwicklung des Goldbandes bei horizontal eingespanntem Hufeisenmagneten

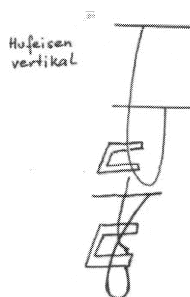


Abbildung 8: Aufwicklung des Goldbandes bei vertikal eingespanntem Hufeisenmagneten

In diesem Versuch wird ein Goldband zwischen zwei waagrecht übereinander angebrachten Stützen lose eingespannt. Ein Stabmagnet wird nun in die Nähe des Goldbandes gebracht. Schickt man nun Gleichstrom durch das Goldband (das hier

nun eine Art Leiterschleife bildet), so drillt sich dieses mehrfach ein. Die nun entstandenen kleineren Einzelschlaufen stellen sich nun normal zu den magnetischen Feldlinien des Stabmagneten ein. Das durch den stromdurchflossenen Leiter entstandene Magnetfeld koppelt nun an die magnetische Vorzugsrichtung des Stabmagneten. In *Abbildung 6* ist die Art der Aufwicklung skizziert dargestellt.

Verwendet man nun anstatt des Stab- nun einen Hufeisenmagneten, so drillt sich das Goldband wiederum ein, weiters bewegt es sich aber (sogar gegen die Schwerkraft) möglichst in die Mitte zwischen die beiden Polschuhe. Wiederum koppelt das Leitermagnetfeld an das von außen anliegende Magnetfeld des Hufeisenmagnetes (siehe *Abbildung 7 und 8*).

### 3 Der Glanz von Christbaumkugeln

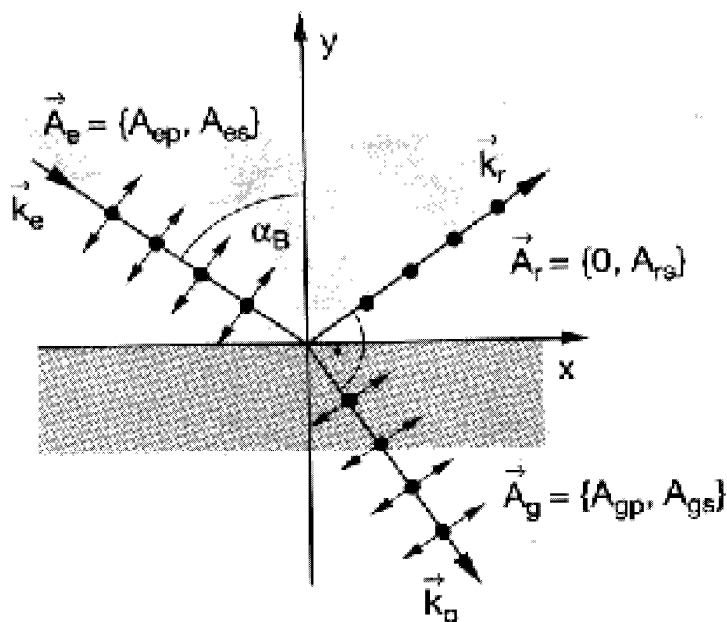


Abbildung 9: In dieser Skizze ist der einfallende Strahl (Index  $e$ ) und seine Schwingungsrichtung eingezeichnet, genauso wie die des reflektierten (Index  $r$ ) und des gebrochenen Strahles (Index  $g$ ). Reflektierter und gebrochener Lichtstrahl stehen senkrecht aufeinander.

In diesem Versuch soll ein Verfahren erdacht werden, mit dem der Nachweis von metallischen Oberflächeneigenschaften von Christbaumkugeln möglich ist.. Der typische Glanz metallener Oberflächen entsteht dadurch, dass die freien Elektronen im Valenzband einfallendes Licht isotrop und unpolarisiert wieder abgeben. Diese Tatsache kann man verwenden, um die Eigenschaften von Oberflächen zu untersuchen.

Im natürlichen Licht ist keine Schwingungsrichtung bevorzugt, Wellenzüge mit verschiedenen Polarisationen treten gemischt auf. Bei der Reflexion an einer ebenen Grenzfläche zweier Medien zeigt es sich jedoch, dass bevorzugt solche Strahlung reflektiert wird, bei der die Schwingungsebene senkrecht zur Einfallsebene liegt. Vollständig ist die Polarisation des reflektierten Lichtes allerdings nur bei jenem Einfallswinkel  $\alpha_B$  (*Brewster-Winkel*), bei dem reflektierter und gebrochener Strahl

senkrecht aufeinander stehen (siehe *Abbildung 9*).

Betrachtet man nun die Kugel unter einem Winkel von zirka 55 Grad zur Flächennormalen -

$$\alpha_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \arctan 1.5 \sim 55 \text{ Grad} \quad n_2(\text{Glas}) = 1.5, \quad n_1(\text{Luft}) = 1 \quad (7)$$

- mit vorgehaltenem Polarisator, so nimmt die Intensität des reflektierten Lichtes beim Drehen desselben ab und sollte theoretisch Null werden. Dieser Beobachtung steht diejenige bei der Metallkugel gegenüber, bei der die Intensität des durch den Polarisator beobachteten reflektierten Lichtes keinen Schwankungen unterliegt, dass dieses Licht keiner Polarisation unterliegt.

Der Metallglanz bei nichtmetallischen Oberflächen wird durch chemische Stoffe erreicht, die freie Elektronenverbände schaffen, die Licht ähnlich wie Metall reflektieren.

## 4 Das Spektrum einer Wunderkerze

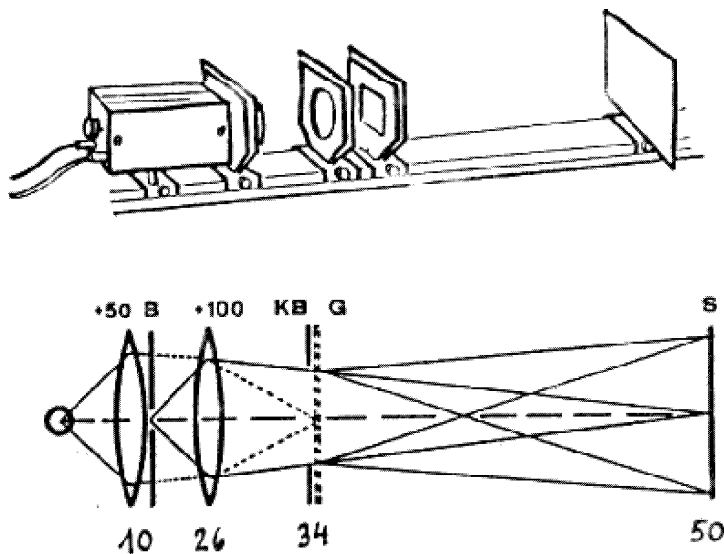


Abbildung 10: Versuchsaufbau - Wunderkerze

Dieser Versuch folgt dem Versuchsaufbau in *Abbildung 10*. Die untersuchten Lichtquellen (Teelicht, Wunderkerze) werden mit einer Konvexlinse (Brennweite 50 cm) auf den 0.5 Meter entfernten Schirm abgebildet. Dazwischen wird nun eine Spaltblende und eine Sammellinse (Brennweite 10 cm) eingebracht. Durch die Beugung am verwendeten *Rowland-Gitter* entsteht nun das für die Lichtquelle charakteristische Spektrum am Schirm.

Die beiden Spektren der untersuchten Lichtquellen weisen keine qualitativen Unterschiede auf. Vermutungen, dass es bei der Wunderkerze, zu einem für Magnesium charakteristischen Spektrum kommt, bestätigten sich nicht, da bei der Verbrennung der Wunderkerze diverse andere Stoffe mitverbrannt werden. Weiters konnte nicht verifiziert werden, dass durch die höhere Temperatur der Wunderkerze eine höhere Intensität im blauen Bereich auftritt.