

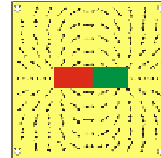
# Induktion

## 1. Aufgabe

a) **Beschreiben Sie grundsätzliche Möglichkeiten, um im Physikunterricht zeitlich konstante sowie zeitlich variierende Magnetfelder zu erzeugen! Erläutern Sie für beide Fälle jeweils eine Methode zum Nachweis dieser Magnetfelder!**

- Grundsätzliche Möglichkeiten, um im Physikunterricht zeitlich konstante sowie zeitlich variierende Magnetfelder zu erzeugen:
  - ~ zeitlich konstante Magnetfelder:
    - \* Dauermagnet anbringen
    - \* Bestreichen eines ferromagnetischen Materials mit einem Dauermagneten → die vorher wirt im ferromagnetischen Material befindlichen Elementarmagnete richten sich beim Bestreichen des Permanentmagneten aus
    - \* Leiter oder Spule mit Gleichstrom
  - ~ zeitlich variierende Magnetfelder:
    - \* Strom in einem Leiter bewirkt ein Magnetfeld um den Leiter (Faust-Regel der linken Hand)
      1. Möglichkeit: Wechselstrom durch geraden Leiter
      2. Möglichkeit: Wechselstrom durch Spule
- Methoden zum Nachweis dieser Magnetfelder:

- ~ zeitlich konstante Magnetfelder:
  - \* Einzelne Kompassnadeln ins Magnetfeld bringen
  - \* Anordnung aus vielen kleinen Kompassnadeln



- \* Ausrichtung einer Kompassnadel bezüglich des konstanten Erdmagnetfeldes
- \* Eisenspäne streuen und klopfen



- \* Zur Messung des magnetischen Flusses wird der Halleffekt in so genannten Hallsonden benutzt. Fließt ein Strom durch den Leiter, so kann durch das Messen der erzeugten Hallspannung (Ursache ist die Lorentzkraft) das Magnetfeld B berechnet werden, nach der Formel:

$$U_H = R_H \frac{IB}{d} \quad , \quad \text{mit } R_H = \frac{1}{ne} \quad B \text{ const.} \rightarrow U \text{ const.}$$

- ~ zeitlich variierende Magnetfelder:
  - \* Wieder Hallsonde, B variierend → U variierend
  - \* Induktion: Man bringt eine Spule in das Magnetfeld und misst die an ihr induzierte Spannung

**b) Diskutieren Sie aus fachdidaktischer Sicht Vor- und Nachteile des Einsatzes einer Hallsonde als Blackboxgerät im Physikunterricht Ihrer Schulart!**

- Vorteile:
  - \* Da zwar die Lorentzkraft, aber nicht explizit der Halleffekt, im bayerischen Lehrplan für Realschulen steht, ist es sinnvoll, die Hallsonde nur als Blackbox einzuführen.
  - \* Reduktion auf das Wesentliche
  - \* Zeitersparnis, da die genaue Funktionsweise nicht erklärt wird
  - \* Möglichkeit Magnetfelder quantitativ zu messen
  
- Nachteile:
  - \* SuS lernen nicht die exakte Funktionsweise des Halleffekts kennen
  - \* großer Zeitaufwand, um Thema, das nicht im Lehrplan steht, zu erklären → Zeitverlust für lehrplanrelevante Themen
  - \* SuS müssen glauben, dass wirklich das Magnetfeld korrekt gemessen wird
  - \* Eine Quantifizierung des Magnetfeldes ist im Lehrplan nicht vorgesehen und auch nicht nötig. Da keine Gleichungen mit B behandelt werden, bringt es also keinen Erkenntniszugewinn.

**2. Aufgabe**

**Beschreiben Sie typische Schulexperimente zur Demonstration der Induktion! Erklären Sie jeweils die Ursache für die Entstehung der Induktionsspannung!**

Grundsätzlich in der Physik:  $U_{\text{ind}} = -N \dot{\Phi}$  (nicht in der Schule)

$$\begin{array}{l} \nearrow -N B \dot{A} = -N B l \dot{x} = -N B l v \text{ (1. Fall)} \\ \searrow -N \dot{B} A \text{ (2. Fall)} \end{array}$$

(Induktion im bewegten Leiter)  
(Induktion im ruhenden Leiter)

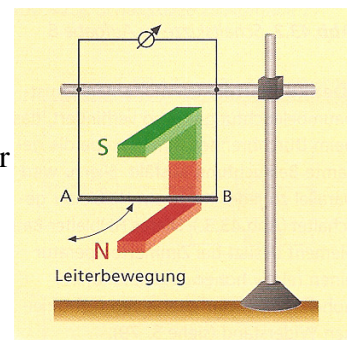
Für die Schule nur wichtig: Zerlegung in „Induktion im bewegten Leiter“ und „Induktion im ruhenden Leiter“.

- **1. Experiment:**

Aus nicht ferromagnetischen Leitermaterialien (z.B. Aluminiumbänder oder -stab) wird eine Leiterschaukel wie in der Abbildung (rechts) aufgebaut und (senkrecht!) im Feld eines Hufeisenmagnetes unterschiedlich schnell hin und her bewegt. Die Leiterschaukel ist dabei an ein Millivoltmeter angeschlossen.

**Beobachtung:** Wird der Leiter bewegt, schlägt der Zeiger des Voltmeters aus und zeigt eine Spannung an. Die Polung der Spannung hängt von der Bewegungsrichtung des Leiters ab, die Höhe der Spannung von der Geschwindigkeit.

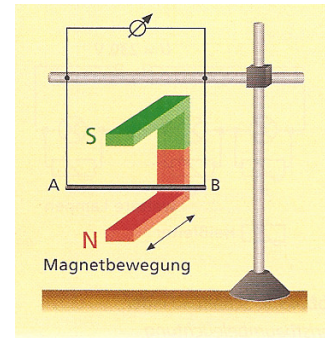
*Ursache für die im 1. Experiment aufgetretene Induktionsspannung ist die Bewegung des Leiters (physikalisch: Änderung der vom Magnetfeld durchflossenen Fläche). (1. Fall)*



- 2. Experiment:

Dieses Experiment gleicht im Aufbau dem 1. Experiment, allerdings wird nun statt der Leiterschaukel der Magnet vor und zurück bewegt.

**Beobachtung:** Wird der Magnet bewegt, schlägt der Zeiger des Voltmeters aus und zeigt eine Spannung an. Die Polung der Spannung hängt von der Bewegungsrichtung des Magneten ab, die Höhe der Spannung von der Geschwindigkeit.



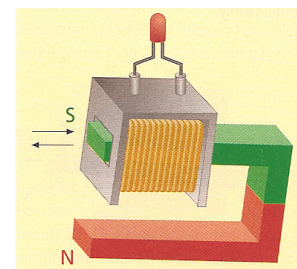
*Ursache für die im 2. Experiment aufgetretene Induktionsspannung ist die Relativbewegung zwischen Leiter und Magnetfeld. (1. Fall)*

- 3. Experiment:

Statt der Leiterschaukel wird nun eine Spule verwendet.

**Beobachtung:** Je mehr Windungen die Spule hat, desto größer ist die Induktionsspannung.

*Ursache für die im 3. Experiment aufgetretene Induktionsspannung ist die Relativbewegung zwischen Leiter und Magnetfeld. (1. Fall)*

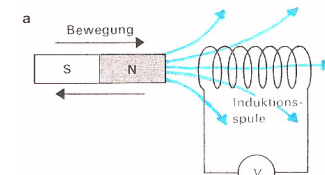


- 4. Experiment:

Ein Stabmagnet wird auf die ruhende Induktionsspule zu und wieder weg bewegt.

**Beobachtung:** Während der Bewegung des Magneten tritt eine Induktionsspannung auf.

*Ursache für die im 4. Experiment aufgetretene Induktionsspannung ist die Magnetfeldänderung. (2. Fall)*

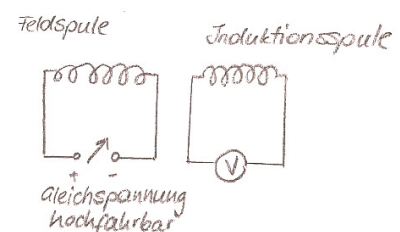


- 5. Experiment:

Das gleiche Ergebnis wie im 4. Experiment erhalten wir auch mit einem Elektromagneten. Hierbei wird neben die Induktionsspule eine zweite Spule (Feldspule) zur Felderzeugung gestellt. Durch Ändern der Spannung wird die Stromstärke in der Feldspule geändert. Dadurch ändert sich die Stärke des Magnetfeldes, das auch die Induktionsspule durchsetzt.

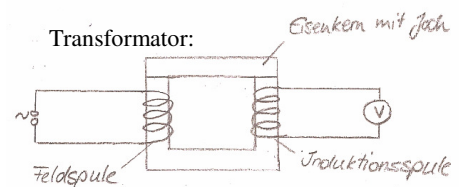
**Beobachtung:** Während der Magnetfeldänderung zeigt der Spannungsmesser eine Induktionsspannung an.

*Ursache für die im 5. Experiment aufgetretene Induktionsspannung ist die Magnetfeldänderung. (2. Fall)*



- 6. Experiment:

Dieses Experiment entspricht dem 5. Experiment, nur dass jetzt Wechselspannung anliegt und durch die Spulen ein geschlossener Eisenkern (Eisenkern mit Joch) geht.



**Beobachtung:** Eisenkern bewirkt Erhöhung der Induktionsspannung.  
*Ursache für die im 6. Experiment aufgetretene Induktionsspannung ist die Magnetfeldänderung. (2. Fall)*

### 3. Aufgabe

**Im Unterricht soll die Umgebung von Einzel- und Doppelleitungen (Netzkabel), die von einem 50 Hz-Wechselstrom durchflossen werden, auf das Vorhandensein von Magnetfeldern untersucht werden. Skizzieren Sie dazu eine Unterrichtseinheit!**

Jahrgangsstufe:

9. Klasse: Elektrizitätslehre – Magnetfeld stromdurchflossener metallischer Leiter (3Std.)

Lernvoraussetzungen:

Die SuS wissen, was unter einem Magnetfeld zu verstehen ist.

Die SuS kennen das Magnetfeld eines geraden stromdurchflossenen Leiters und können die Linke-Faust-Regel hierfür anwenden. Dabei zeigt der Daumen in die Elektronenstromrichtung (also von – nach +). Die restlichen Finger geben die Richtung der Magnetfeldlinien an.



Des Weiteren sollten die SuS wissen, was man unter einer Einzel- bzw. Doppelleitung versteht. Bei einer Einzelleitung habe ich **eine** Leitung, in der ein Strom fließen kann. Ein Beispiel hierfür wäre ein Kabel, wie man es bei Schaltungen im Physikunterricht verwendet. Häufig sind diese rot, grün, gelb oder blau. Am Ende der Einzelleitung habe ich nur **einen** Ausgang. Unter einer Doppelleitung versteht man eine Leitung, die einen geschlossenen Stromkreis bildet, wenn ich sie z.B. in eine Steckdose stecke. Ein Beispiel hierfür wäre das Kabel eines Föns oder eines Akkuladegerätes. Am Ende einer Doppelleitung habe ich **zwei** „Ausgänge“.

(KÖNNTE MAN ALS LEHRER AUCH ERST MITTEILEN, MUSS NICHT VORAUSGESETZT WERDEN!)

Außerdem wird vorausgesetzt, dass die SuS wissen, was der Unterschied zwischen Gleichstrom und Wechselstrom ist. Bei Gleichstrom fließt der Strom immer in eine Richtung, bei Wechselstrom ändert sich die Stromrichtung immer wieder.

Grobziel:

SuS sollen verstehen, was in der Umgebung von Einzel- und Doppelleitungen, die von einem 50 Hz-Wechselstrom durchflossen werden, mit dem Magnetfeld / den Magnetfeldern passiert.

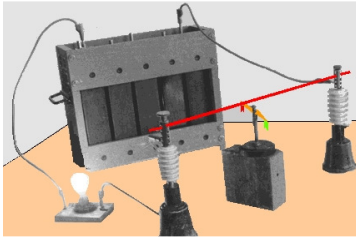
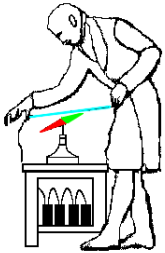
Unterrichtseinheit mit Feinzielen:

Phase	Feinziel	Unterrichtsverlauf
1	SuS erkennen, dass ein stromdurchflossener gerader Leiter ein Magnetfeld hervorruft. SuS lernen/festigen den Umgang mit Geräten. Teamarbeit/Kommunikation wird gefördert.	Einstiegsexperiment (Oerstedt-Versuch) zur Motivation der SuS (Schülerexperiment)
2	SuS sollen die Linke-Hand-Regel anwenden können, um die Richtung des Magnetfeldes eines geraden stromdurchflossenen Leiters zu bestimmen. SuS erkennen, dass <b>ein</b> stromdurchflossener Leiter einer Einzelleitung entspricht.	In einem Unterrichtsgespräch wird das Magnetfeld eines geraden stromdurchflossenen Leiters wiederholt. Hierbei legt der Lehrer eine Folie auf den OHP und die SuS sollen sich die Richtung des Magnetfeldes der gezeichneten stromdurchflossenen geraden Leiter mit Hilfe der Linken-Faust-Regel überlegen.
3	SuS sollen erkennen, dass ein Wechselstrom zu einem zeitlich variierenden Magnetfeld führt.	Im Unterrichtsgespräch wird diskutiert, welche Folgen es hat, bei einem geraden stromdurchflossenen Leiter, Gleichstrom durch Wechselstrom zu ersetzen. Die Überlegungen werden schließlich in einem Experiment bestätigt.
4	Selbstständiges Denken von SuS wird gefördert. SuS erkennen, dass bei einer Doppelleitung kein Magnetfeld existiert.	SuS erhalten vom Lehrer die Anweisung, sich zu überlegen, was passiert, wenn eine Doppelleitung mit Gleichstrom durchflossen wird. Die Überlegungen der SuS werden in einem Weiteren Experiment geprüft.
5	Selbstständiges Denken von SuS wird gefördert. SuS erkennen, dass es für das „Magnetfeld“ keinen Unterschied macht, ob durch eine Doppelleitung Gleich- oder Wechselstrom fließt.	SuS sollen sich überlegen, welche Auswirkungen es hat, wenn bei einer Doppelleitung Gleichstrom durch Wechselstrom ersetzt wird. Ein Experiment bestätigt bzw. widerlegt die Vermutungen der SuS.
6	Merkfähigkeit der SuS wird gefördert.	SuS wiederholen in einem Unterrichtsgespräch mit dem Lehrer das Thema der Stunde, wobei der Lehrer die Versuchsskizzen zu den jeweiligen Experimenten und die wichtigsten Informationen an der Tafel festhält. (Dieser Teil dient als Vertiefung bzw. Festigung.) <b>Nach</b> dem Unterrichtsgespräch wird den SuS Zeit gegeben, das Tafelbild in ihr Heft zu übertragen, damit sie während der Wiederholung bei der Sache und nicht nur mit dem Abschreiben von der Tafel beschäftigt sind.

## Experimente:

Zu Phase 1:

*Oerstedt-Versuch:*



Ein dicker Kupferdraht wird parallel zu einer darunterstehenden Kompassnadel aufgestellt. Die Glühbirne ist in den Stromkreis mit Gleichstrom geschaltet, um anzuzeigen, wenn ein Strom fließt.

Wird der Stromkreis geschlossen, so dreht sich die Kompassnadel aus ihrer ursprünglichen Lage. Dabei ist die Drehrichtung von der Stromrichtung abhängig. Ein stromdurchflossener Leiter zeigt in seiner Umgebung also eine magnetische Wirkung.

Zu Phase 3:

Experiment wie in Phase 1, nur dass der Gleichstrom durch Wechselstrom geringer Frequenz ( $< 1$  Hz) ersetzt wird. Dazu ist ein Frequenzgenerator mit hoher Leistung nötig.

Einfacher: Man simuliert Wechselspannung, indem man mit einem Schalter ständig umpolt (ca.  $< 0.5$  Hz).

Zu Phase 4:



Nach der Schaltskizze links werden zwei Kupferdrähte aufgestellt. Diese sind an Gleichstrom angeschlossen. Unter den Drähten wird eine Kompassnadel aufgestellt, die keine Auslenkung zeigt, wenn der Stromkreis nicht geschlossen ist. Wird der Stromkreis geschlossen, so beharrt die Kompassnadel trotz Stromfluss in Ruhe. Dies liegt daran, dass die Magnetfelder der zwei Kupferdrähte genau entgegengesetzt gerichtet sind (da die Stromrichtung entgegengesetzt ist) und sich somit „aufheben“.

Zu Phase 5:

Experiment wie in Phase 4, nur dass der Gleichstrom durch Wechselstrom ersetzt wird.