

*Elektromagnetische Induktion ist das physikalische Grundprinzip, auf dem die gesamte Stromproduktion beruht (außer Photovoltaik, Batterie). Nachdem Oersted 1820 die magnetische Wirkung von Strom gezeigt hatte, suchte Faraday nach einem Weg, diesen Prozess umzukehren (mit Magnetismus Strom zu erzeugen).*

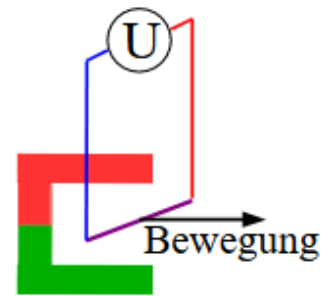
*Welche Größen könnten diese Spannung beeinflussen? Wir betrachten zunächst ein einzelnes Elektron, das sich im Leiter befindet, während dieser nach rechts gezogen wird. Ermittle mit Hilfe der UVW-Regel die Richtung der Lorentzkraft! Was passiert dadurch mit dem Elektron? Trage die Polung im Leiter ein, die sich daraus ergibt! Stelle den Gleichgewichtszustand mit Kräften dar und leite eine Formel für  $U_{\text{ind}}$  ab!*

## 4. Induktion

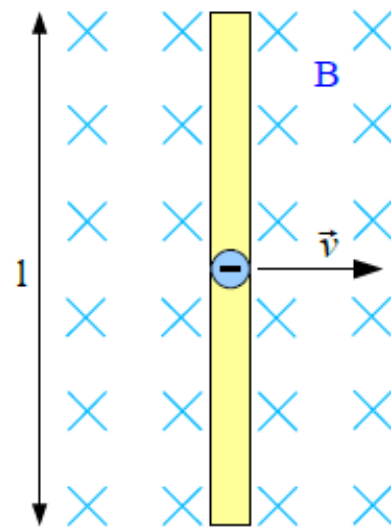
### 4.1 Induktion im bewegten Leiter

#### Grundexperiment

**Wird ein Leiter innerhalb eines Magnetfeldes bewegt, so entsteht an den Leiterenden eine elektrische Spannung (Induktionsspannung). Verbindet man die Leiterenden, so ergibt sich ein elektrischer Strom (Induktionsstrom).** Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Richtung des Magnetfeldes, die Bewegungsrichtung und die Richtung des Magnetfeldes **senkrecht aufeinander stehen** oder zumindest entsprechende Teilkomponenten besitzen.



#### Erklärung und quantitative Analyse des Grundexperiments

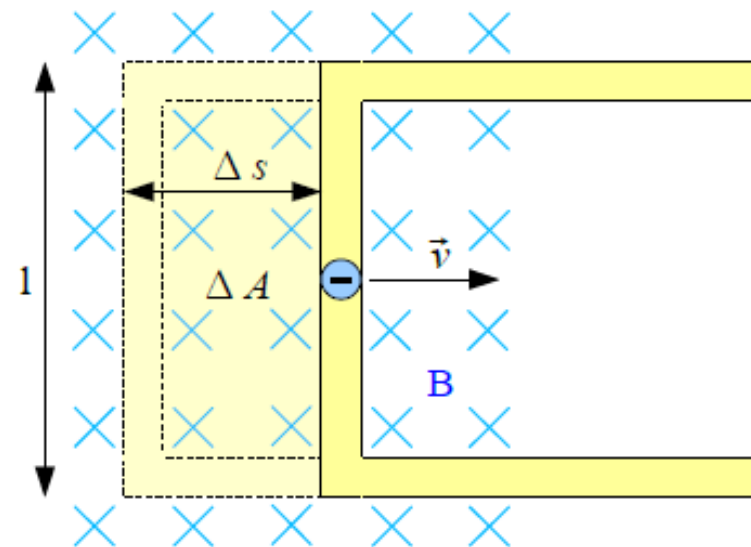
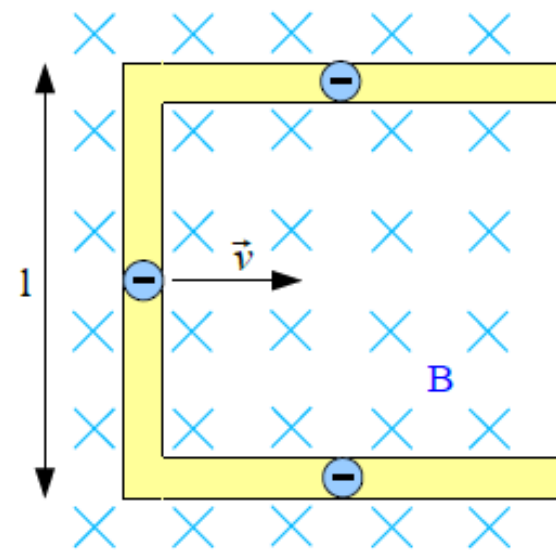


Für Experimente führt man die Zuleitungen zum Drahtstück in der Regel innerhalb des Magnetfeldes, eine Leiterschleife entsteht.

Stelle in der oberen Zeichnung die Lorentzkräfte in allen Abschnitten der Leiterschleife durch Kraftpfeile dar! Was bewirken sie in den Drahtstücken, die längs zur Bewegungsrichtung verlaufen?

Im zweiten Bild ist die Leiterschleife zu einem späteren Zeitpunkt dargestellt. Diese Zeichnung dient zur Herleitung einer allgemeineren Formel, die neben dem Bild durchgeführt ist. **Arbeite die Herleitung durch!** *A* ist dabei die "wirksame Fläche", das ist der Bereich innerhalb der Leiterschleife, der vom Magnetfeld durchsetzt wird.  $\Delta A$  ist die Änderung dieser Fläche. Formuliere die Formel in Worten.

## Leiterschleife (U-förmig):



$$U_i = B \cdot l \cdot v = B \cdot l \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} = B \cdot \frac{l \cdot \Delta s}{\Delta t}$$

Leiterschleife:

$$U_i = B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Spule mit  $N$  Windungen:

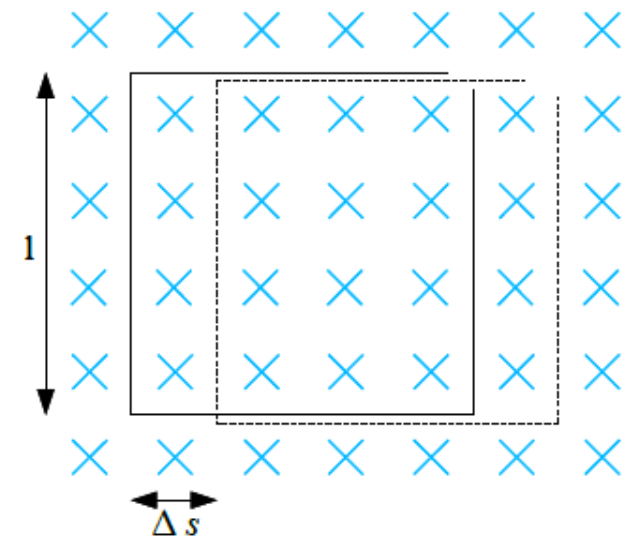
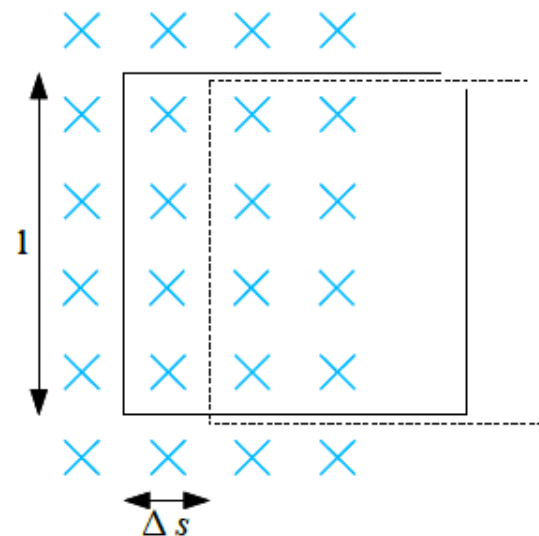
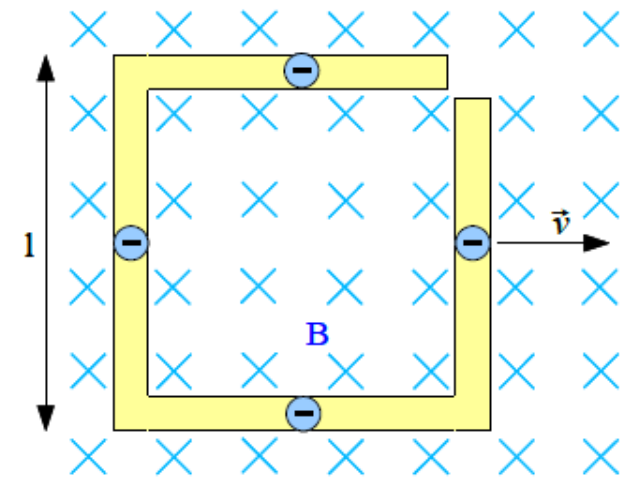
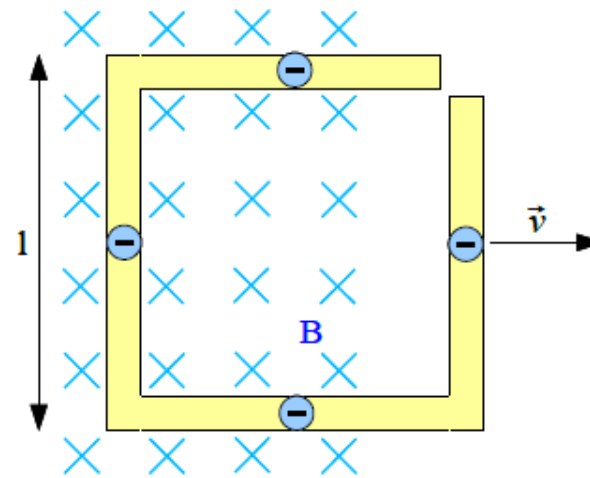
$$U_i = N \cdot B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Betrachtet man die einzelnen Wicklungen einer Spule, so sind diese fast-geschlossene Leiterschleifen, die in der Spule aneinandergehängt werden. Solche O-förmigen Leiterschleifen zeigen am Rand bzw. ganz innerhalb eines homogenen Magnetfeldes unterschiedliches Verhalten bei der Induktionsspannung.

Zeichne bei den beiden oberen Bildern wieder alle Lorentzkräfte ein (beachte die Ausdehnung des Feldes!), sowie die Ladungstrennungen. Lässt sich an den Leiterenden Spannung messen? In den unteren Bildern ist die Leiterschleife vereinfacht dargestellt. Ändert sich während der Bewegung die "wirksame Fläche"? Stelle eine Änderung durch Schraffur dar!

Formuliere einen Merksatz über die Induktionsspannung fast-geschlossener Leiterschleifen am Rand und innerhalb homogener Magnetfelder!

## Endgeschwindigkeit der Elektronen (Formel)



Merke:

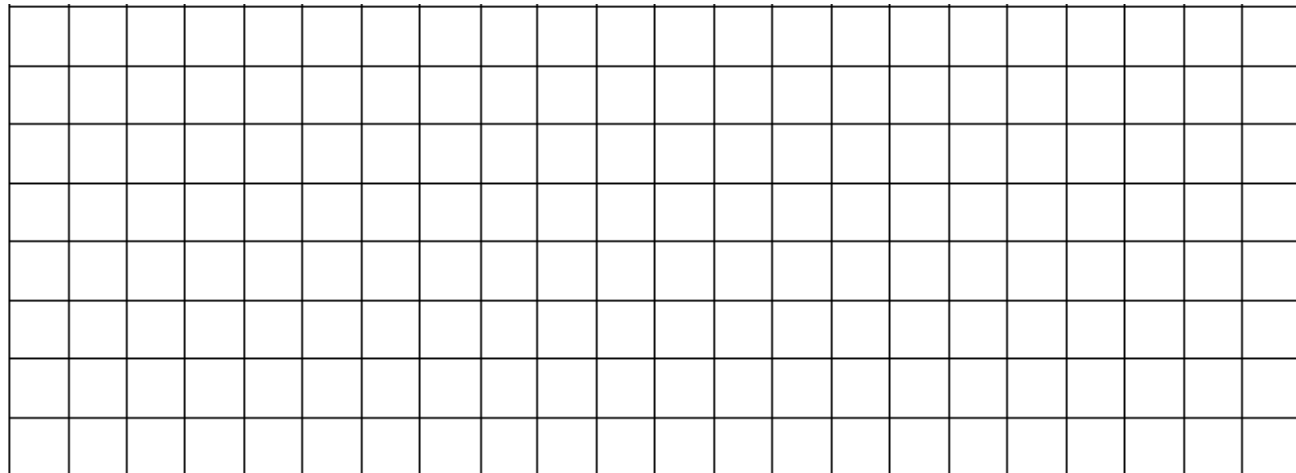
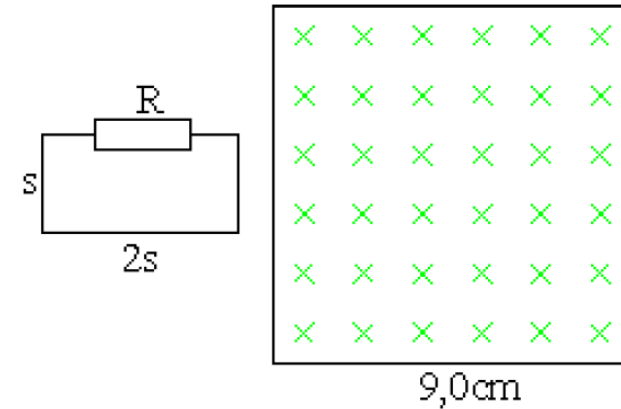
## Training: Leiterschleife bewegt sich durch Magnetfeld

In dieser (alten) Abituraufgabe kommen die Erkenntnisse aus diesem Kapitel zum Einsatz. Aufgabe sinngemäß und Abb. aus leifiphysik.de.

Ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $B = 0,80 \text{ T}$  steht senkrecht zur Zeichenebene und ist dort auf ein quadratisches Gebiet der Kantenlänge  $9,0 \text{ cm}$  begrenzt. Durch dieses wird ein rechteckiger Drahtrahmen mit  $R = 4,0 \Omega$  (Maße in Skizze  $s = 3 \text{ cm}$ ) mit der konstanten Geschwindigkeit  $v = 1,5 \text{ cm/s}$  genau  $11 \text{ s}$  lang von links nach rechts gezogen, danach wieder  $11 \text{ s}$  lang zurück. Zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  liegt der Rahmen am Rand des Magnetfeldes.

a) Bestimme die verschiedenen Induktionsspannungen, die in den einzelnen Abschnitten auftreten und zeichne ein  $t$ - $U_{\text{ind}}$ -Diagramm.

b) Bestimme die Beträge der Kräfte, die dabei auf den Rahmen wirken.



### Selbst-Check:

- Analyse eines bewegten Leiterstückes (Formel)
- Flächenformel
- Bewegung im Magnetfeld und am Rand

### Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik finden sich Aufgaben unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Elektromagnetische Induktion - Magnetischer Fluss und Induktionsgesetz Aufgaben** z.B. die aus der Archäologie. Ebenso im Buch (S.101/1). Dieser Themenbereich wird aber in den weiteren Kapiteln des Skriptes auch noch ausgebaut.