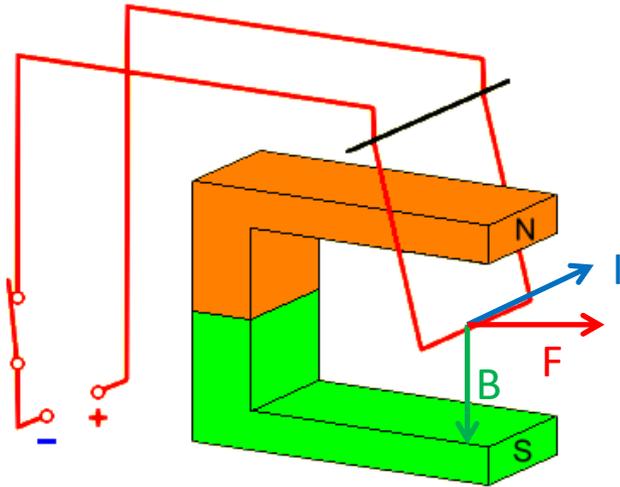


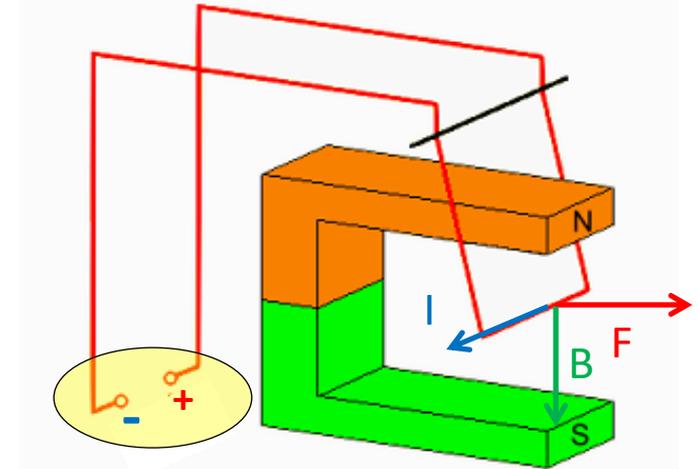
- ▶ 1819 erkannte Hans **Christian Oersted**, dass fließender Strom Magnetfelder erzeugt.
- ▶ ... können Magnetfelder auch Strom erzeugen ?



# Leiter im magnetischen Feld



M. Faraday



*„Wird ein Leiter im Magnetfeld senkrecht zu den Feldlinien von Strom durchflossen, so entsteht eine magnetische Kraftwirkung (Bewegung).“*

*„Wird ein Leiter im Magnetfeld senkrecht zu den Feldlinien bewegt, so wird ein Stromfluss hervorgerufen und es entsteht eine elektrische Spannung.“*

1831



Umkehrung ?

Elektromotorisches  
Prinzip

Ursache  $\longleftrightarrow$  Wirkung  
☺

Induktions-  
prinzip

► Zum Zeitpunkt der Entdeckung keine praktische Bedeutung ☹ !

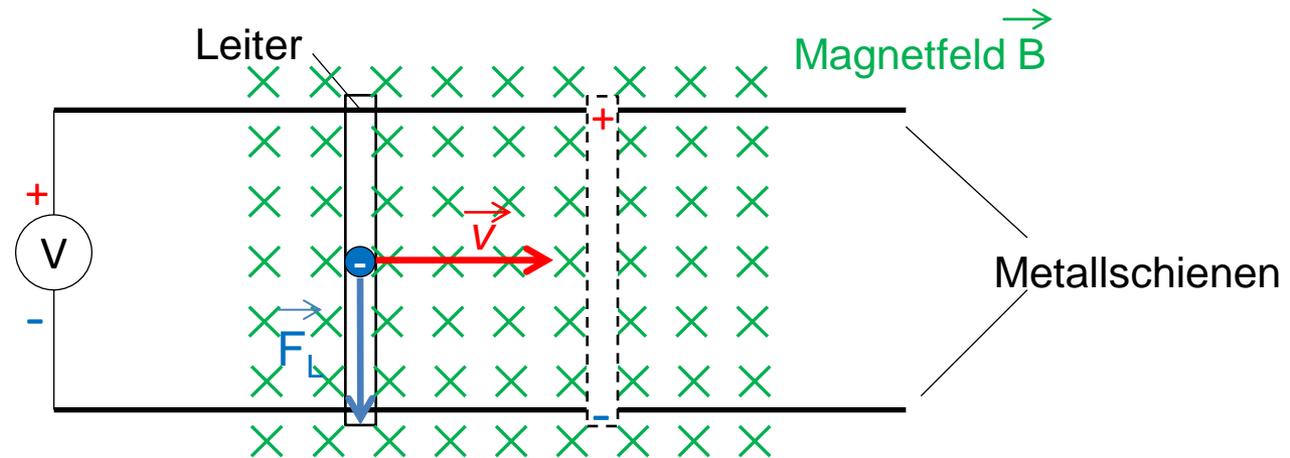
# Elektromagnetische Induktion



Wird ein elektrischer Leiter quer zu den Feldlinien eines magnetischen Feldes bewegt, so entsteht an den Leiterenden eine elektrische Spannung.

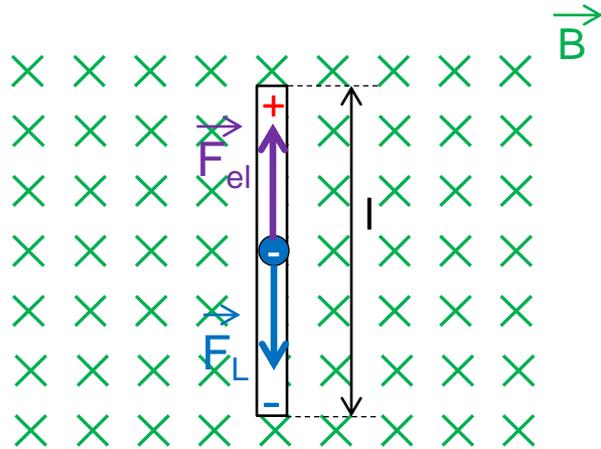
Den Vorgang nennt man **elektromagnetische Induktion**.

Erklärung:



- Im Leiter befinden sich Elektronen als Ladungsträger.
- Die Verschiebung des Leiters führt zu einer Bewegung der Elektronen quer zum Magnetfeld mit der Geschwindigkeit  $v$ .
- Die Lorentzkraft  $F_L$  verschiebt die Elektronen zu einem Leiterende.
- An den Leiterenden entsteht ein Elektronenmangel bzw. -überschuss  
→ Es entsteht eine **Induktionsspannung**.

## Betrag der Induktionsspannung:



$l$  ... Länge des Leiters

Bei gleichförmiger Bewegung ( $v = \text{konst.}$ ) eines Leiters der Länge  $l$  in einem konstanten Magnetfeld entsteht eine konstante Induktionsspannung.

Die Induktionsspannung ist proportional zur Geschwindigkeit.

Zwischen den Leiterenden bildet sich ein elektrisches Feld aus.

Auf die Elektronen wirkt eine zusätzliche elektrische Kraft  $F_{el}$ .

Beide Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet.

Es entsteht ein Kräftegleichgewicht.

Es gilt:

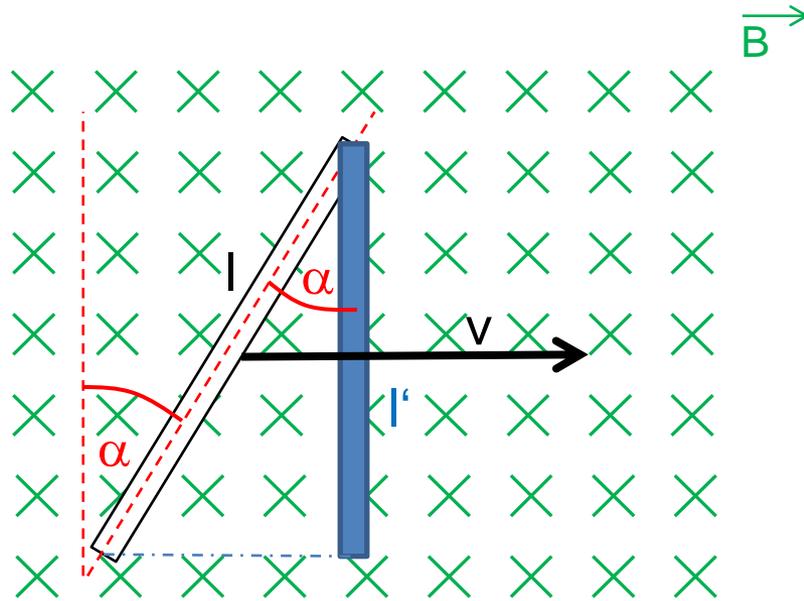
$$F_L = F_{el}$$

$$e \cdot v \cdot B = E \cdot e$$

$$e \cdot v \cdot B = e \cdot \frac{U}{l}$$

$$U_{ind} = B \cdot v \cdot l$$

## „schräge“ Leiterbewegung im Magnetfeld:



Der Leiter mit der Länge  $l$  ist um den Winkel  $\alpha$  zur Bewegungsrichtung gedreht.

Der Betrag der Induktionsspannung ergibt sich aus der (Ersatz)-Länge  $l'$  des Leiters quer zum Feld und zur Bewegungsrichtung.

$$\cos(\alpha) = \frac{l'}{l}$$

$$l' = l \cdot \cos(\alpha)$$

(Ersatzlänge)

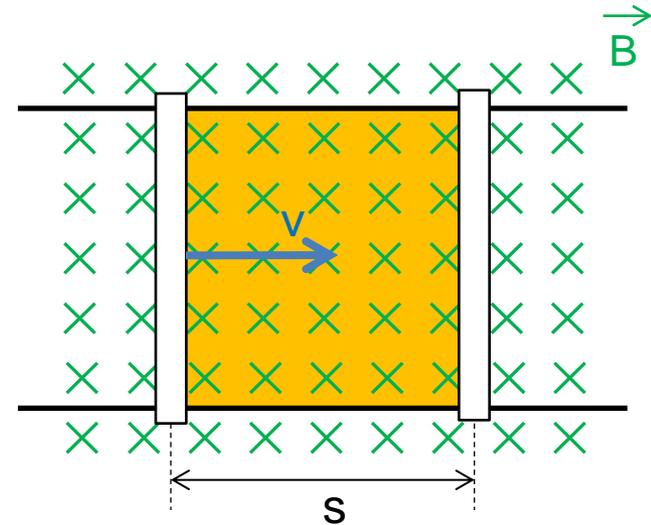
$$U_{ind} = B \cdot v \cdot l \cdot \cos(\alpha)$$

*Wird ein Leiter längs zu den magnetischen Feldlinien bewegt, so entsteht keine Induktionsspannung an den Leiterenden.*

## Induktionserklärung mit dem Feldmodell:

1831 konnte Faraday die Lorentzkraft nicht und erklärte daher die Induktion mit dem Feldmodell.

Wird der Leiter mit der Geschwindigkeit  $v$  in der Zeit  $t$  um das Wegstück  $s$  durch das Magnetfeld bewegt, so überstreicht er die Fläche  $A$ .



- Jede Veränderung der Fläche in einem Magnetfeld bzw. Veränderung des Magnetfeldes in einer Fläche ruft eine Induktionsspannung hervor.

### Physik – Klasse 9:

- In einer Spule wird eine Spannung induziert, wenn sich das von der Spule umfasste Magnetfeld zeitlich ändert.
- Die Induktionsspannung ist um so größer, je schneller diese Änderung erfolgt.
- Die Induktionsspannung steigt mit der Windungszahl  $N$  der Spule.