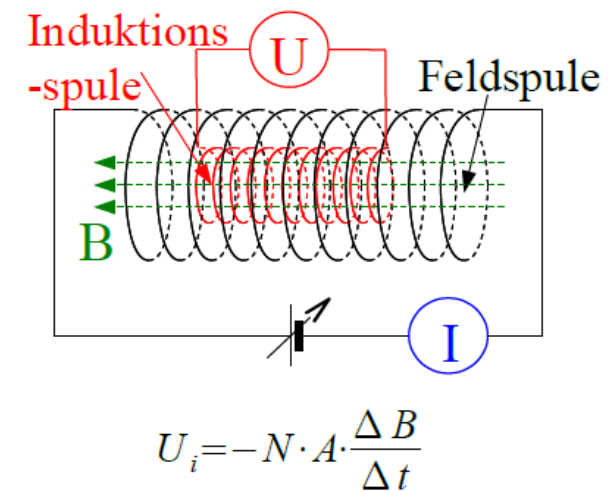
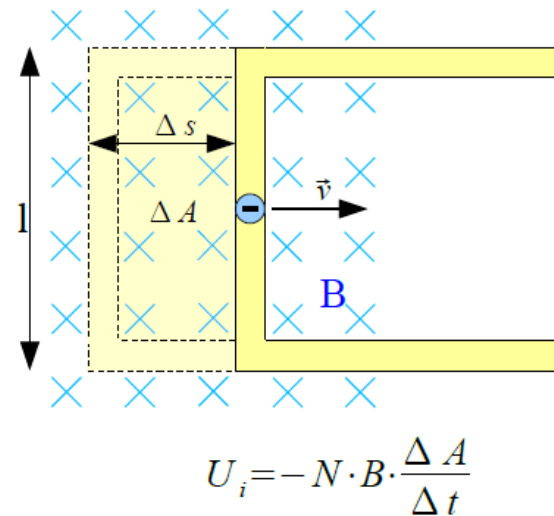


Für die zwei Situationen "bewegter Leiter im Magnetfeld" und "ruhender Leiter im veränderlichen Magnetfeld" ergaben sich zwei Formeln, die sich stark ähneln. (Anmerkung: das "-" hatten wir in der ersten Formel noch gar nicht drinnen, weil das Vorzeichen zu diesem Zeitpunkt noch keine Rolle spielte.)

Betrachtet man ein Produkt aus einer konstanten und einer variablen Größe, so lässt sich die Differenz zweier Produktwerte auch als Konstante mal Differenz der variablen Werte schreiben.

**Klingt kompliziert, probiere das mal für ein Zahlenbeispiel aus:**  
 $A = 5, B_1 = 8, B_2 = 6.$

## 4.3 Induktionsgesetz in allg. Form - Magnetischer Fluss Vergleich der bisher gefundenen Gesetze



### Differenzenrechnung - ein Ausflug in die Mathematik

$$A \cdot \Delta B = A \cdot (B_1 - B_2) = A \cdot B_1 - A \cdot B_2 = \Delta AB \quad \text{wobei } A \text{ konstant und } B \text{ variabel}$$

$$B \cdot \Delta A = B \cdot (A_1 - A_2) = B \cdot A_1 - B \cdot A_2 = \Delta BA \quad \text{wobei } B \text{ konstant und } A \text{ variabel}$$

Die beiden unterschiedlichen Formen des Induktionsgesetzes (1. Folie) kommen dadurch zustande, dass im ersten Fall die Flussdichte  $B$ , im zweiten Fall die Fläche  $A$  konstant bleiben. Du kannst auch so argumentieren: aus der Differenz (dafür steht das  $\Delta$ ) kann man einen konstanten Faktor (im ersten Fall  $B$ , im zweiten Fall  $A$ ) vorklammern. Dann entstehen aus der vereinheitlichten Form wieder die beiden unterschiedlichen Formeln.

Zunächst einmal ist der Fluss ein reines Rechenkonstrukt. Er lässt sich aber anschaulich erklären. Er gibt an, "wie viel magnetisches Feld durch die Leiterschleife fließt". Wenn man die Flussdichte durch die Dichte der Feldlinien darstellt, dann ist  $\Phi$  ein Maß dafür, "wie viele Feldlinien durch die Leiterschleife gehen". **Vergleiche die magnetischen Flüsse  $\Phi_1$  bis  $\Phi_4$ .**

## Zusammenführung der Formeln:

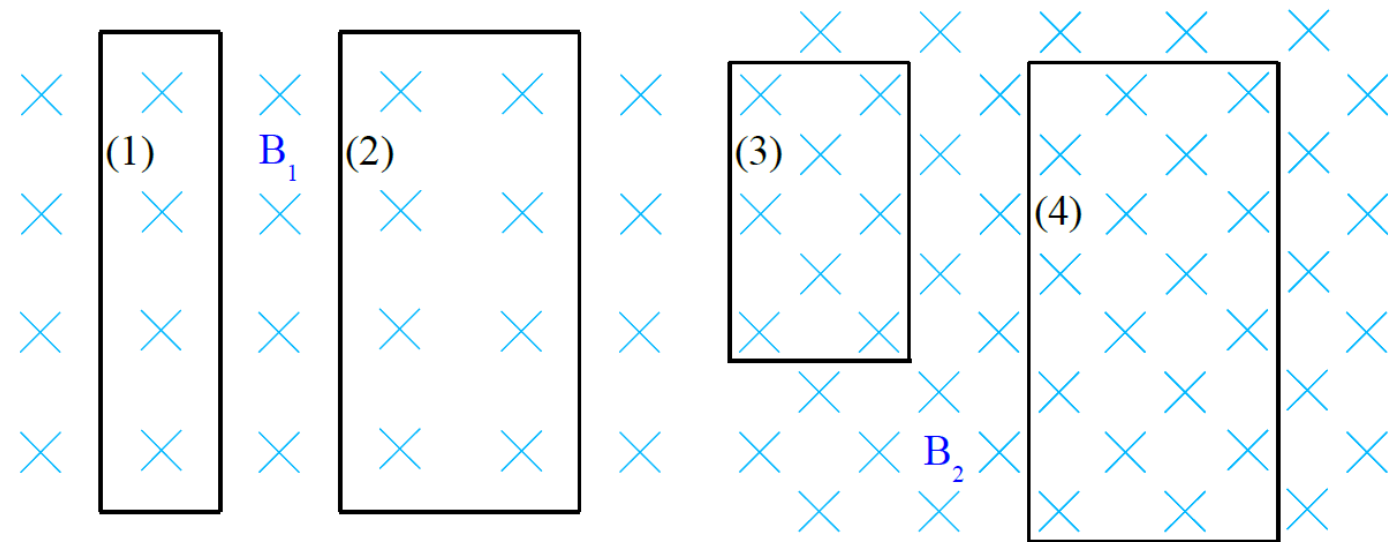
Beide Formeln für die Induktionsspannung lassen sich in derselben (vereinheitlichten) Form schreiben:

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

wir führen eine neue Größe ein:  $A \cdot B = \Phi$  **magnetischer Fluss**

damit ergibt sich:  $U_i = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  **Induktionsgesetz**

## Anschauliche Deutung der Größe "magnetischer Fluss" (Modell)



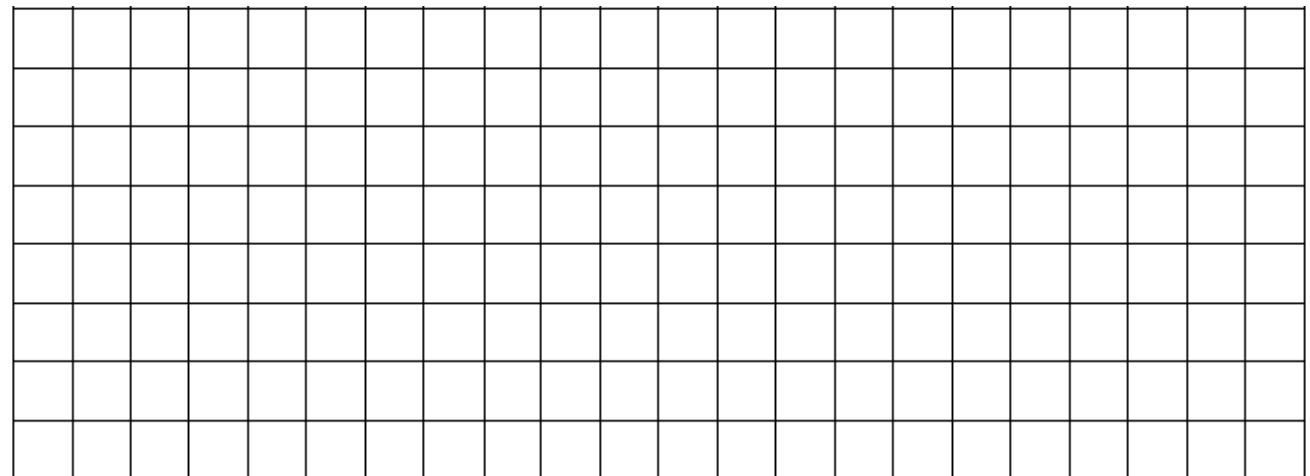
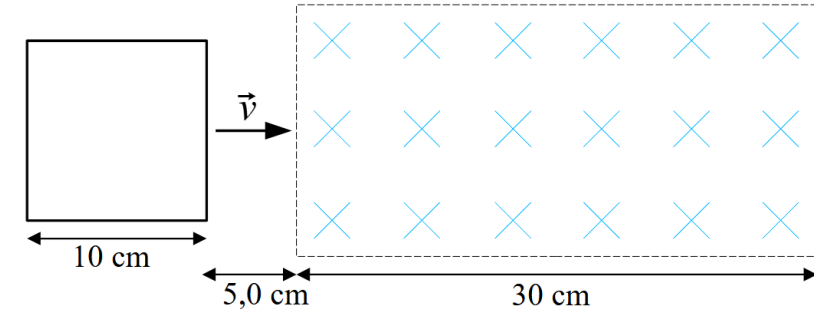
## Training: Spule bewegt sich durch ein Magnetfeld

Eine quadratische Spule mit 10 cm Kantenlänge und 50 Windungen befindet sich 5 cm vor einem magnetischen Feld der Flussdichte  $B = 60 \text{ mT}$ , das sich über einen Bereich von 30 cm erstreckt. Sie wird mit einer Geschwindigkeit von 5,0 cm/s durch das Feld bewegt.

a) Benenne die einzelnen Phasen der Bewegung und bestimme jeweils die Zeitdauer dafür.

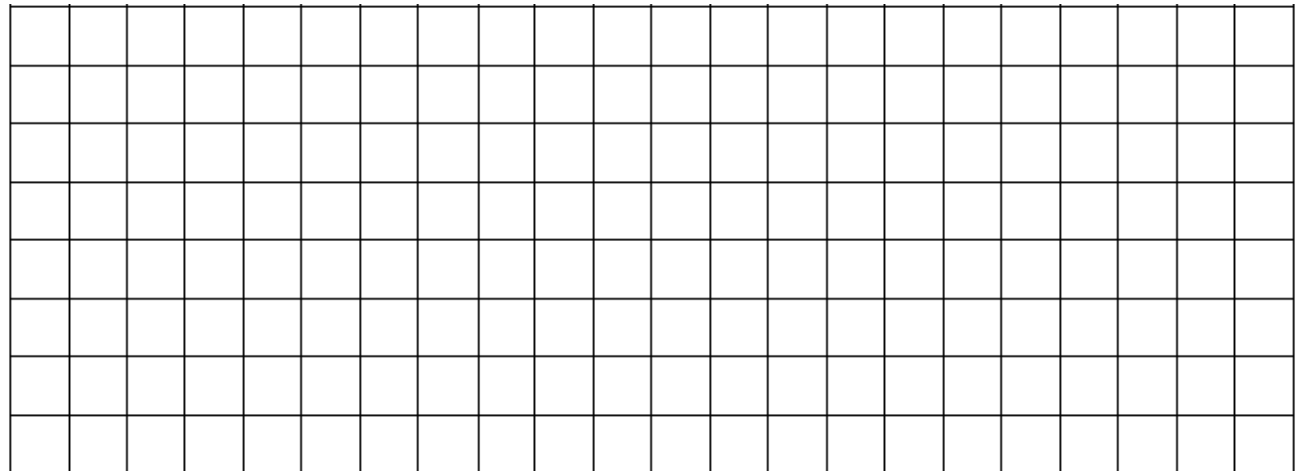
b) Berechne den maximalen Fluss durch die Spule.

c) Zeichne ein  $t$ - $\Phi$ -Diagramm.



- d) *Berechne die entstehenden Induktionsspannungen und gib an, wann sie auftreten.*
- e) *Zeichne ein  $t$ - $U_i$ -Diagramm.*

## Training: Fortsetzung der Aufgabe



### Selbst-Check:

- Vergleich der bisherigen Versuche
- Induktionsgesetz in allgemeiner Form
- magnetischer Fluss

### Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik finden sich Aufgaben unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Elektromagnetische Induktion - Induktion durch Änderung des Flächeninhalts Aufgaben**. z.B. "Spulenbewegung im Magnetfeld" und "Geschwindigkeitsmessung beim Fahrrad". Du kannst die Aufgabenstellung der Trainingsaufgabe auch auf das Aufgabenbeispiel in Kap. 4.1 anwenden.