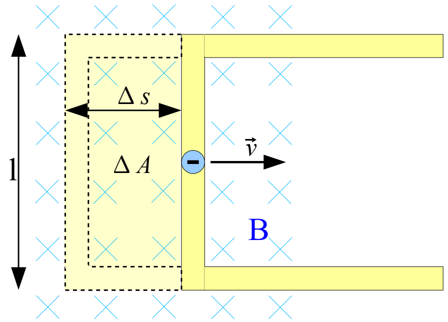
4.3 Induktionsgesetz in allgemeiner Form – magnetischer Fluss

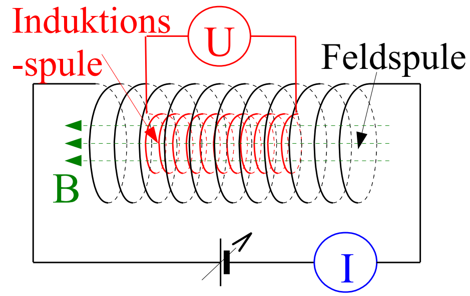
Für die zwei untersuchten Situationen „bewegter Leiter im konstantem Magnetfeld“ und „ruhender Leiter im veränderlichem Magnetfeld“ ergaben sich zwei Formeln, die sich sehr stark ähneln.

(Anmerkung: Das „-“ in der Formel hatten wir beim bewegten Leiter noch gar nicht drinnen, weil es zu diesem Zeitpunkt noch keine Rolle spielte. Im Experiment entscheidet letztendlich ja nur der Anschluss unseres Messgerätes, welches Vorzeichen die gemessene Spannung hat.)

Vergleich der bisher gefundenen Gesetze:



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



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

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, probier das mal für ein Zahlenbeispiel: A = 5, B_1 = 8, B_2 = 6.
Aha, das ist ja einfach nur das Distributivgesetz.

Mathematischer Exkurs:

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

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

Die beiden unterschiedlichen Formen des Induktionsgesetzes (oben) kommen nur dadurch zustande, dass im ersten Fall die Flussdichte B, im zweiten Fall die Fläche A konstant ist. Du kannst auch einfach argumentieren: Aus der Differenz (dafür steht das Δ) kann man einen konstanten Faktor (im ersten Fall B, im zweiten Fall A) einfach vorklammern. Dann entstehen aus nebenstehender Form wieder die zwei Typen von oben. Dies impliziert die Einführung der neuen Größe ***magnetischer Fluss Φ*** *, mit deren Hilfe sich die zusammengefasste Formel noch einfacher schreiben lässt.*

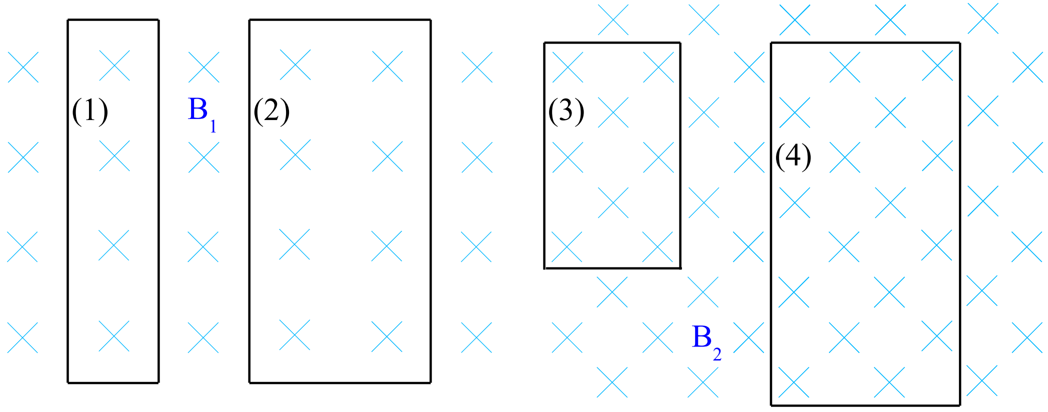
Anwendung auf die Formeln:

Beide Formeln für die Induktionsspannung lassen sich darum in derselben Form schreiben:

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

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

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

<table>
<tr>
<td>Zunächst einmal ist der magnetische Fluss Φ eine reine Rechengröße. Allerdings lässt sie sich durchaus anschaulich erklären. Sie gibt an, „wie viel magnetisches Feld durch die Leiterschleife hindurchfließt“. Wenn man durch die Dichte der gezeichneten Feldlinien die Stärke des Feldes darstellt (Bild rechts $B_2 > B_1$), dann ist Φ ein Maß dafür, wie viele Feldlinien durch die Leiterschleife laufen (Oh, da sträuben sich dem Physiker die Haare, da man in Wirklichkeit die Feldlinien natürlich nicht zählen kann. Aber es ist wie gesagt eine Modellvorstellung.)
Im Bild rechts sind 4 Leiterschleifen gezeichnet, die sich in zwei verschieden starken Feldern befinden. Vergleiche die magnetischen Flüsse Φ_1 bis Φ_4 durch diese vier Schleifen miteinander.</td>
<td><u>Anschauliche Deutung der Größe „magnetischer Fluss“ (Modellvorstellung)</u>

</td>
</tr>
<tr>
<td>Bearbeite die Aufgabe S.140/17a. Falls Du keinen Einstieg findest, gibt’s hier Tipps zur Lösung:

unterteile die Bewegung in qualitativ verschiedene Phasen (Zeitraster!)
berechne den magnetischen Fluss an den Nahtstellen dieser Phasen
vervollständige diese Daten zu einem Diagramm
Induktionsspannung wie in der Abituraufgabe in Kap. 4.1

(für die Diagramme wirst Du vermutlich ein Zusatzblatt verwenden) (Lösung)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Selbst-Check:

Zusammenführung der zwei Induktionsformeln
magnetischer Fluss
anschauliche Deutung „magn. Fluss“
</td>
<td>Im Buch S.139/15 gibt’s eine Aufgabe, die zum Verständnis unbedingt bearbeitet werden sollte (geht ganz schnell). Auf der Leifiseite bleibt es bei der bisherigen Empfehlung für den Bereich Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Induktion – Magnetischer Fluss und Induktionsgesetz Aufgaben.</td>
</tr>
</table>