**C. Zusammenfassung der beiden Phänomene im Induktionsgesetz**

Wie wir bereits wissen, gilt (*bei konstanter magnetischer Feldstärke B und veränderlicher Fläche As, die senkrecht von den Magnetfeldlinien durchsetzt wird*) die Gleichung

und bei konstanter Fläche Asenkrecht, die senkrecht von den Magnetfeldlinien durchsetzt wird und veränderlicher magnetischer Feldstärke B

Wenn allerdings sowohl die magnetische Feldstärke B und die Querschnittsfläche A, die senkrecht zum Magnetfeld ausgerichtet ist, sich ändern folgt, kann man die obigen Gleichungen einfach zusammen addieren,

da nun die induzierte Spannung durch zwei Effekte (Veränderung von As und B), die zusammen eine gesamte induzierte Spannung ergeben.

B ist die magnetische Feldstärke oder aber auch magnetische Flussdichte. Anschaulich kann man sich die Feldstärke oder Flussdichte vorstellen, als eine bestimmte Anzahl an magnetischen Feldlinien, die eine bestimmte Fläche durchsetzen. Multipliziert man die Flussdichte B mit der Fläche As erhält man die „Anzahl der Feldlinien, die durch Asenkrecht verlaufen.“ Φ ist der magnetische Fluss (*Flussdichte multipliziert mit der Fläche ergibt Fluss*).

So kann man das Induktionsgesetz auch verkürzt folgendermaßen schreiben:

Es entsteht eine Induktionsspannung Uind, wenn der magnetische Fluss ändert, d.h.: wenn sich „die Anzahl der B-Feldlinien ändert, die die Querschnittsfläche der Spule senkrecht durchsetzen“.

**Aufgabe:** Erkläre mit diesem Ergebnis (rückblickend) die Beobachtungen zu A) und B).

**Experiment – Eisenkern in Spule (Ergänzung des Induktionsgesetzes)**

**Aufbau und Durchführung**

Eine Spule ist an ein Netzgerät angeschlossen. Um die Stromstärke I zu bestimmen, die durch die Spule fließt, ist zusätzlich ein Strommessgerät in Reihe geschaltet. Nun beobachtet man die Stromanzeige, während man einen Eisenkern in die Spule hinein- bzw. hinausbewegt.

**Beobachtungen**

**Versuchsteil a)** Die Stromstärke I sinkt beim Hineinschieben (obwohl der magnetische Fluss durch die Spule größer wird)!

**Versuchsteil b)** Die Stromstärke I steigt beim Herausziehen (obwohl der magnetische Fluss durch die Spule kleiner wird)!

**Erklärung**

Vorher dem Hineinschieben des Eisenkerns gilt für die Stromstärke durch die Spule:

Beim Hinein-/ Herausziehen des Eisenkerns (bei konstantem Magnetfeld) tritt zusätzlich zu U0 eine Induktionsspannung UInd auf:



**Zu Versuchsteil a) – Hineinschieben des Eisenkerns (Beobachtung: I sinkt)**



Der Teil

muss laut Beobachtung kleiner 0 sein, da die Stromstärke sinkt.

Dabei gilt:

Da die Fläche der Spule A konstant ist, wird die Ableitung der Fläche A Null und der linke Teil der Gleichung

fällt weg.

Das Magnetfeld B wird beim Hineinschieben des Eisenkerns größer, also würde bei der Gleichung

(UInd größer 0) rauskommen, was nicht zur Beobachtung passt (*so würde I nämlich beim Hineinschieben größer werden*). Deshalb ist eine Ergänzung des Induktionsgesetzes nötig:



**Zu Versuchsteil b) - Herausziehen des Eisenkerns (Beobachtung: I steigt)**

Der Teil

muss laut Beobachtungen größer 0 sein, da die Stromstärke I steigt.

Mit der „alten“ Gleichung für das Induktionsgesetz

würde UInd eine Zahl kleiner 0 ergeben, da B kleiner wird beim Herausziehen.

Deshalb ist auch hier die Ergänzung notwendig:



Das Induktionsgesetz lautet also:



Das Minuszeichen wird auch aufgrund der Energieerhaltung in Form der **Lenzschen Regel** erforderlich:

Würde in **Versuchsteil a)** die Stromstärke I steigen, so würde daraufhin die magnetische Feldstärke B und dadurch die Flussdichte stärker werden:

Folglich würde die Gesamtspannung Uges steigen und damit dann auch wieder die Stromstärke I

Die Folge wäre eine endlose Steigung der Stromstärke I, durch ein einmaliges Einschieben eines Eisenkerns, was dem Energieerhaltungssatz widersprechen würde.