

Induzierte Spannung in einer Spule im magnetischen Wechselfeld

Versuchsziele

- Gleichzeitige Messung des zeitlichen Verlaufs von induzierter Spannung in einer Spule und induzierendem Magnetfeld

Rechnerinfo

Sensoren: Spannungssensor
Magnetfeldsensor

Messmodus: zeitbasiert

weiteres: Phasenverschiebung
zwischen Signalen,
Lissajou-Figuren

Physikalischer Hintergrund:

Ändert sich der magnetische Fluss Φ in einer Induktionsspule, so wird in der Spule eine Spannung induziert. Es gilt:

$$U_{ind} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{dB}{dt} \cdot A$$

falls die von den Feldlinien durchsetzte Querschnittsfläche A konstant bleibt (was sie in diesem Experiment tut). B ist natürlich die magnetische Flussdichte, auch oft einfach Magnetfeld genannt. Die induzierte Spannung ist also der zeitlichen Änderung der magnetischen Flussdichte proportional.

Benötigte Geräte (außer Rechner und Sensoren):

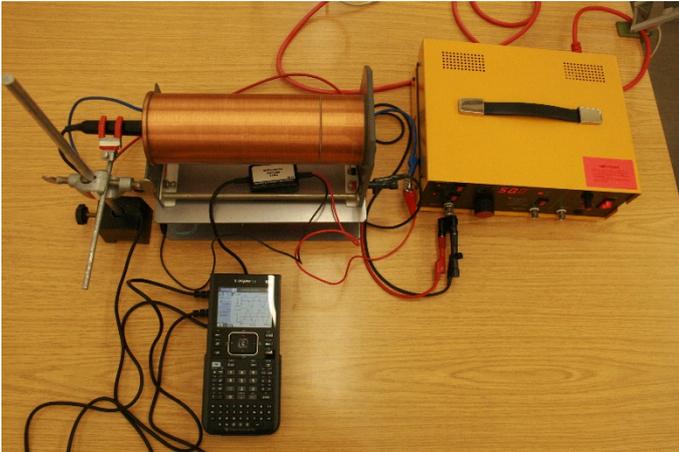
- lange Spule (hier: lange Zylinderspule der Fa. NEVA)
- Induktionsspule, die in die lange Spule passt
- Frequenzgenerator
- Befestigungsmaterial, Kabel...

Der Frequenzgenerator sollte die Funktionen Sinus, Dreieck oder Sägezahn und Rechteck haben (oder mindestens zwei davon) und in der Lage sein, Spannungen im Volt-Bereich zu liefern. Es ist von Vorteil, wenn die lange Spule hochohmig ist, da bei Belastung mit einer niederohmigen Spule die angelegte Spannung zu stark zusammenbricht. Im verwendeten Experiment (siehe Abbildung) wurde die lange Zylinderspule der Fa. NEVA benutzt. Die Spule ist doppellagig gewickelt. Im vorliegenden Experiment wurde nur die innere Wicklung benutzt. Der Widerstand beträgt hier etwas mehr als 500Ω . Die benutzte Induktionsspule hat 1000 Windungen und einen Widerstand von 50Ω .

Experimenteller Aufbau (siehe Abbildungen):

- Die Induktionsspule wird in der langen Spule platziert. Der Spannungssensor wird an die Induktionsspule angeschlossen.

- Der Magnetfeldsensor (Messbereich 0.3 mT) wird ebenfalls in die lange Spule geschoben.
- Der Frequenzgenerator wird an die lange Zylinderspule angeschlossen



Einstellungen am Funktionsgenerator: 50 Hz (oder auch 100 Hz, oder andere ausprobieren). Amplitude so wählen, dass die induzierte Spannung 6 V nicht überschreitet (maximale Spannung des Spannungssensors). Bei der hier benutzten Kombination aus Generator und Spulen war das auch bei maximaler Amplitude nicht der Fall.

Messung:

1. Sensoren Null setzen

Der Magnetfeldsensor zeigt natürlich grundsätzlich das Erdmagnetfeld an. Der gemessene Wert hängt von der Positionierung des Sensors ab, Maximalwert: ca. 0.5 Gauss = 0.05 mT. Will man diesen „Untergrund“ in der Messung nicht sehen, sondern nur das Spulenmagnetfeld, sollte man den Magnetfeldsensor auf Null setzen. Dazu muss der Magnetfeldsensor in der Spule in seiner Messposition platziert sein, Funktionsgenerator ausgeschaltet. Wenn nötig nullt man auch den Spannungssensor. (Sensor auf Null stellen findet man im Menu unter 9: Sensor einrichten).

2. Messungsparameter einstellen

Im Menu:

8: Erfassung einrichten

Bei den oben angegebenen Frequenzen geht gut:

10000 Stichproben/s

0.05 s Messzeit

3. Messen

Frequenzgenerator einschalten, bei den verschiedenen Signalformen Magnetfeld und induzierte Spannung messen (grünen Pfeil drücken).

Das Magnetfeld nicht nur gegen die Zeit, sondern auch gegen die gemessene Spannung darstellen lassen, dazu:

Menu

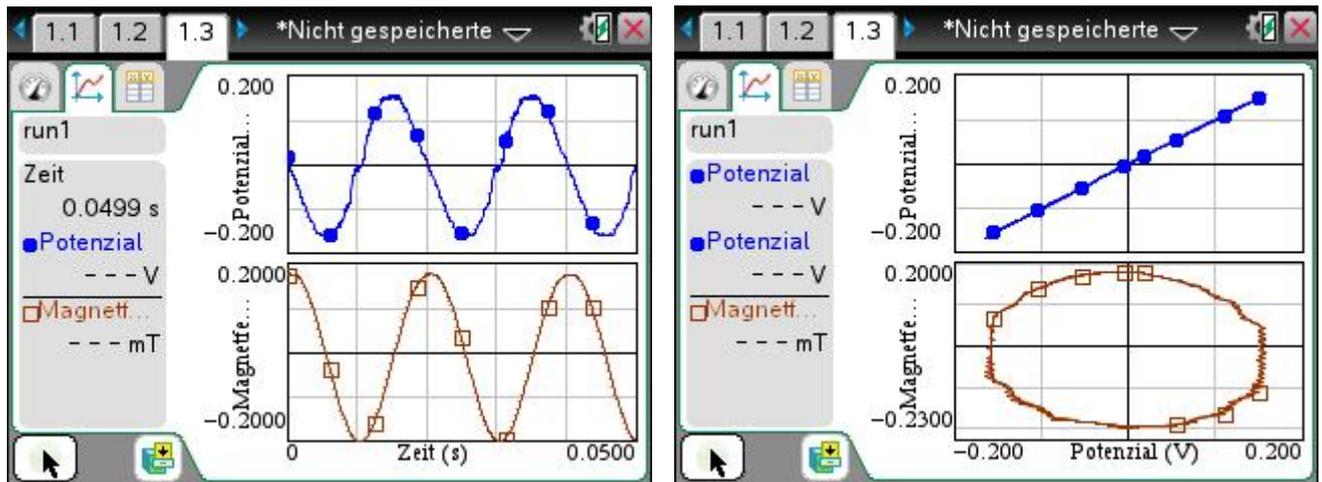
- 3: Graph

- 3: Spalte für x-Achse auswählen
- Potenzial auswählen

Man erhält im Spannungsdiagramm dann natürlich eine Gerade angezeigt, da die Spannung gegen sich selbst aufgetragen wird. Im Magnetfelddiagramm erhält man aber die Lissajou-Figur, die sich bei der Überlagerung zweier periodischer Signale ergibt.

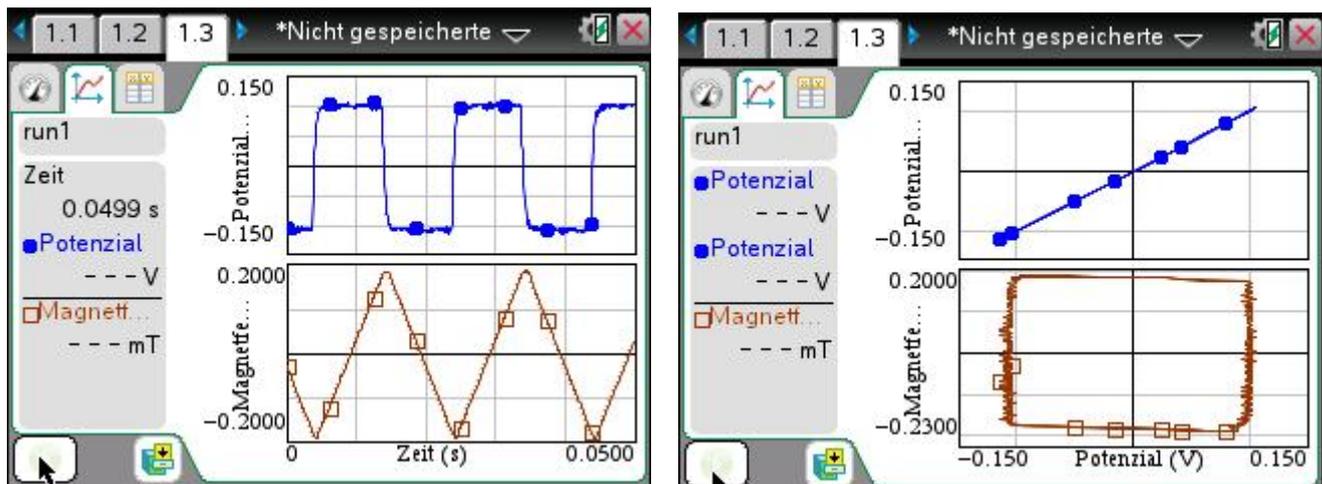
Messbeispiele:

1. Sinusförmige Magnetfeldänderung



Erwartungsgemäß folgt der Verlauf der induzierten Spannung der Ableitung des Magnetfeldes ($-\cos$). Die Phasenverschiebung von 90° zwischen Sinus und Cosinus ist auch an der elliptischen Form der Lissajou-Figur deutlich sichtbar.

2. Dreieckige Magnetfeldänderung

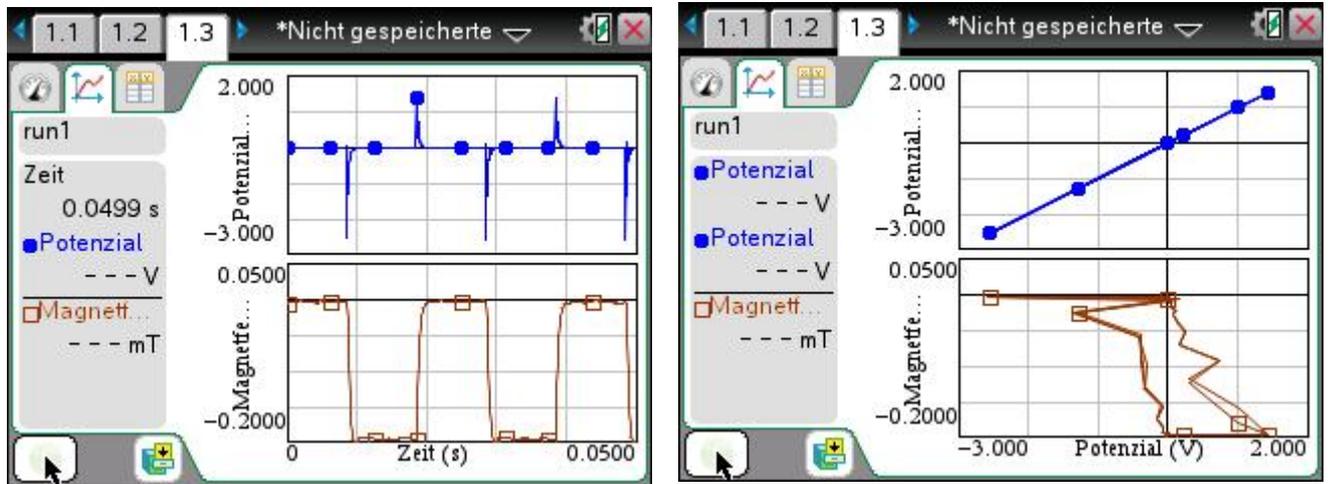


Auch hier zeigt sich der Zusammenhang zwischen der Ableitung des Magnetfeldes und der induzierten Spannung. Bei linear steigendem Magnetfeld ergibt sich als Ableitung eine Konstante: Induzierte Spannung positiv konstant bei steigendem Magnetfeld und negativ konstant bei abnehmendem Magnetfeld.

Die Lissajou-Figur spiegelt den Verlauf wider: Die Spannung ist jeweils konstant während

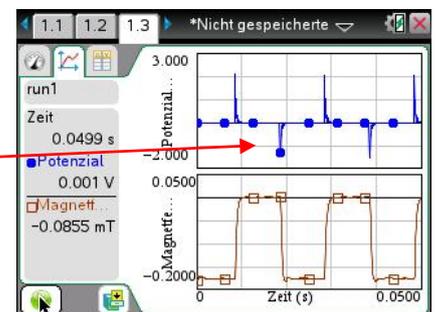
sich das Magnetfeld zwischen den Maximalwerten von ca. ± 0.2 mT ändert. Sie springt dabei jedoch zwischen ihren Maximalwerten von ca. ± 0.15 V hin und her.

3. Rechteckige Magnetfeldänderung



Hier ist das Magnetfeld die meiste Zeit konstant und die induzierte Spannung konsequenterweise als Ableitung Null. Das Magnetfeld ändert sich in ganz kleinen Zeiträumen sprunghaft. Hier treten dann als Ableitung natürlich kurze Spannungspeaks auf (vgl. auch Anleitung „Induzierte Spannung in einer Spule“, bei der ein schnell bewegter Permanentmagnet benutzt wird). Die Lissajou-Figur ist hier wenig aussagekräftig.

Dass die bei dieser Messung zum negativen Bereich hin absolut größer als zum positiven sind, ist dem Messintervall geschuldet sein. Bei den sehr kurzen Peaks hat man bei den positiven Peaks gerade das Maximum nicht erwischt (es gibt auch Messungen bei denen die negativen Peaks kleiner sind oder auch alle verschieden groß – je nach Start der Messung und Wahl des Messintervalls).



Größe der induzierten Spannung

Da die induzierte Spannung der Magnetfeldänderung proportional ist, ist der absolut erreichte Wert natürlich umso größer, je schneller die Änderung vonstattengeht. Das sieht man auch deutlich an den Messungen: Bei der abrupten Änderung des rechteckigen Magnetfeldverlaufs werden Spannungsspitzen von bis zu 3 V erreicht, während bei der eher langsamen sinusförmigen oder dreieckigen Änderung des Magnetfeldes nur Spannungen von bis zu 0.2 V erzielt werden.