

12. Versuche zum Fahrraddynamo

Alle Fahrraddynamos arbeiten nach dem Prinzip, dass ein Magnet an einer Spule vorbei bewegt wird und dadurch eine Induktionsspannung erzeugt. Zur Erhöhung des Wirkungsgrades sind die Spulen mit Polschuhen versehen, die beim herkömmlichen Seitenläufer den durch das Reibrad angetriebenen rotierenden Vielpolmagneten wie eine Klaue umfassen (Bild 12.1). Beim modernen Nabendynamo, der den Seitenläufer mehr und mehr ersetzt, bilden die Polschuhe eine Art „Hamsterlaufrad“, wobei die Induktionsspule auf der Längsachse sitzt. Die Streben des „Laufrades“ sind unterbrochen, und herum rotiert eine Art Trommel mit vielen kleinen Stabmagneten, die parallel zu den Streben auf ihrer Innenseite befestigt sind. Die Trommel ist fest mit dem Vorderrad verbunden.

In beiden Fällen bewegt sich der Magnet und die Induktionsspule ist fest. Es ist als bekannt vorauszusetzen, dass bei langsamer Fahrt der Seitenläufer nur eine geringe Spannung liefert, was man gut am schwachen Licht sehen kann. Mit einem Nabendynamo versehene Anlagen flackern hingegen beim erstmaligen Anfahren oder bei einer Langsamfahrt. Beide Erscheinungen sollen untersucht werden. Dazu wird jeweils die Induktionsspannung gemessen.

Aufbau:

Seitenläufer mit aufgesteckter Reibradvergrößerung (ermöglicht ein besseres Abrollen auf der Unterlage)

mit Gewebepband beklebte, ca. 30 cm lange Abrollstrecke an der Tischkante

Spannungssensor (Eingang 1)

a. Form der Induktionsspannung

Durchführung:

Einstellungen:

Messrate: 2000 Messungen pro Sekunde

Messdauer: 0,1 s

Triggerung: Spannung (Eingang 1)

Zunahme über Schwellenwert

Schwellenwert 0,1 V

keine Vorspeicherung

Durchführung:

Spannungssensor mit den Anschlüssen des Seitenläufers verbinden und auf Null setzen.

Seitenläufer auf das Gewebeband drücken und abrollen.

So lange wiederholen, bis man ein Bild wie 12.2 erhält.

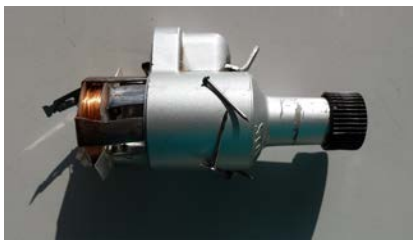


Bild 12.1

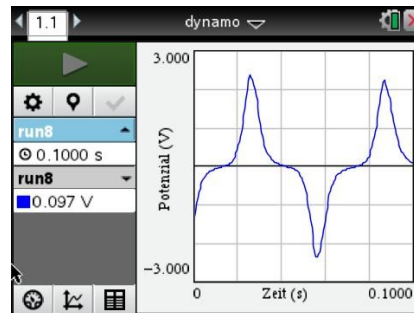


Bild 12.2

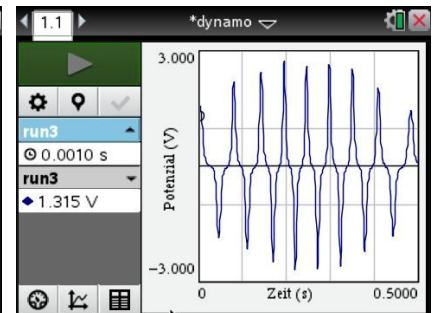


Bild 12.3

Auswertung

1. Dreht man den Seitenläufer von Hand, so bemerkt man – neben einem erheblichen Reibungswiderstand – mehrere „Raststellungen“, die daher rühren, dass dann den Polen des Eisenkernes genau Pole des Vielkernmagneten gegenüberliegen. Beim Beispieldynamo ergaben sich 8 solcher „Raststellen“.
2. Der Verlauf der Induktionsspannung ist nicht sinusförmig, sondern ähnelt dem Verlauf, den man erhält, wenn man einen Magneten vor einer Spule vorbeibewegt. Tatsächlich liegt ja auch ein vergleichbarer Bewegungsablauf vor, denn auch beim Drehen des Magneten innerhalb der klauenförmigen Polschuhe nimmt zunächst die Flussdichte zu und dann wieder ab.
3. Gemäß Faradays Induktionsgesetz $U_i(t) = -n \cdot \dot{\Phi}$ entsteht dann die in Bild 12.2 abgebildete Form der Induktionsspannung.

b. Zusammenhang der Induktionsspannung mit der Drehgeschwindigkeit**Durchführung:****Einstellungen:**

Messrate: 1000 Messungen pro Sekunde

Messdauer: 0,5 s

Triggerung: Spannung (Eingang 1)
 Zunahme über Schwellenwert
 Schwellenwert 0,1 V
 keine Vorspeicherung

Durchführung:

Spannungssensor mit den Anschlüssen des Seitenläufers verbinden und auf Null setzen.

Seitenläufer auf das Gewebeband drücken und mit verschiedenen Geschwindigkeiten abrollen.

Man erhält Bilder wie 12.3.

Auswertung

1. Es ist gut zu erkennen, dass der Dynamo nicht gleichmäßig gerollt wurde, sondern am Anfang und Ende langsamer war, denn die Abstände der Maxima bzw. Minima sind in der Mitte deutlich kleiner. Außerdem ist auch die Induktionsspannung größer, wie man es bei höheren Geschwindigkeiten ja auch erwarten würde.
2. Es ist $U_i \sim \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \sim \frac{1}{\Delta t} \sim v$. Für die weitere Auswertung sucht man deshalb zu verschiedenen Geschwindigkeiten benachbarte Maxima oder Minima (Bild 12.4), die annähernd die gleiche Höhe haben, und notiert ihren Wert und den Zeitraum Δt zwischen ihnen. $\Delta\Phi$ kann als konstant angenommen werden, da es sich um gleichartige Magnete mit gleicher Flussdichte handelt.

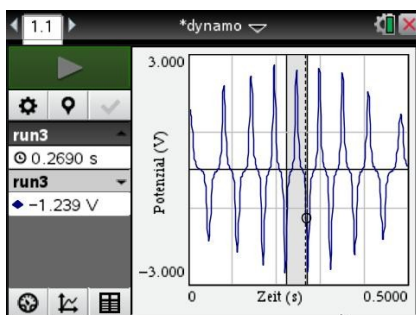


Bild 12.4

A	ui	B	dt	C	dt2	D
					= 'dt^(-1)	
1	1.66	0.089	11.236			
2	1.86	0.077	12.987			
3	2.6	0.051	19.6078			
4	3.47	0.037	27.027			
5	5.32	0.026	38.4615			

Bild 12.5

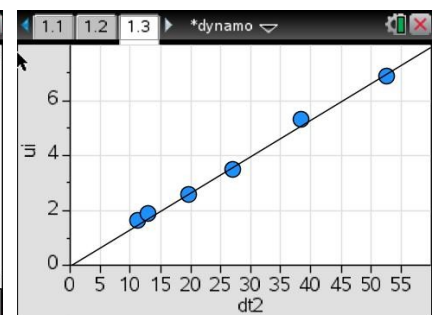


Bild 12.6

3. Die Tabelle in Bild 12.5 zeigt die ersten Werte und ihre Umrechnung in der Tabellenkalkulation. Zwischen Induktionsspannung und inversen Zeitintervallen (Spalte C) sollte ein proportionaler Zusammenhang bestehen. Schon die Darstellung allein der Messwerte in Bild 12.6 zeigt diesen linearen Zusammenhang, der durch die Regressionsgerade, die nahezu eine Ursprungsgerade ist, bestätigt wird.

4. Damit ist klar, warum bei langsamer Fahrt der Scheinwerfer nur schwach leuchtet, bei schneller Fahrt jedoch sehr hell ist, denn die für die Beleuchtung zur Verfügung stehende Spannung ist linear von der Umfangsgeschwindigkeit des Rades abhängig.
5. Bild 12.3 macht jedoch auch deutlich, warum bei modernen Lichtanlagen anfänglich ein Flackern zu sehen ist. Diese Anlagen benutzen helle LEDs, die bei langsamer Raddrehung bei jedem Spannungsmaximum aufblitzen, da zu ihrem Betrieb nur eine geringe Spannung notwendig ist. Dreht sich das Rad schneller, können die einzelnen Lichtblitze von uns nicht mehr wahrgenommen werden. Außerdem wird jetzt ein Kondensator oder Akkumulator geladen, der in den Pausen zwischen den einzelnen Spannungsmaxima die LEDs weiterhin mit Strom versorgt. Dieser Energiespeicher sorgt dann auch dafür, dass selbst bei Stillstand des Rades, z. B. an einer Ampel, die Beleuchtung noch weiter funktioniert.