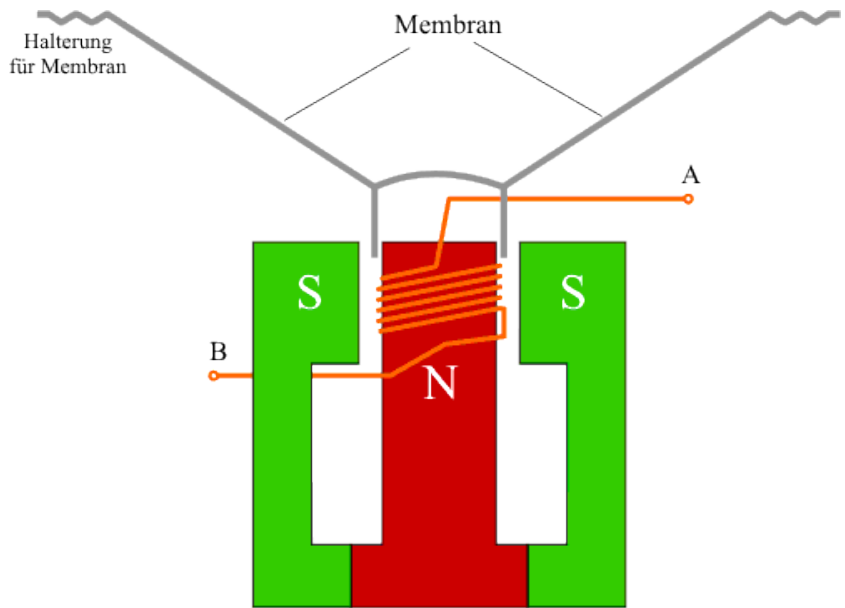


# Aufgaben zur Selbstinduktion

AufgabenZurInduktion\_07\_02\_2011\_Teil2.doc

**1. Aufgabe:** Die Spule eines Lautsprechers aus dünnem Draht befindet sich in einem Magnetfeld zwischen einem zylinderförmigen inneren Polschuh (Nordpol) und einem äußeren Polschuh in der Form eines Hohlzylinders (Südpol). Die Flussdichte im Spalt zwischen den Polschuhen ist als konstant anzusehen. Die Spule ist fest mit der Lautsprechermembran verbunden und berührt die Polschuhe nicht. Wird die Spule von einem Strom durchflossen, so erfährt sie eine Kraft in Richtung der Spulenachse und bewegt die Membran. Die Verformung der Membran geschieht so, dass die Verschiebung der Spule und die wirkende Kraft zueinander proportional sind.



1. a) Auf die Membran wird ein Körper der Masse 100g gelegt. Membran und Spule bewegen sich hierdurch um 2,5 mm nach unten. Berechnen Sie die Richtgröße  $D$  der Membran.
  - b) Der Körper wird wieder entfernt. Schickt man jetzt einen Gleichstrom von 250 mA durch die Spule (106 Windungen, Durchmesser 24 mm), so verschieben sich Spule und Membran um 1,0 mm. Welche Kraft erfährt die stromdurchflossene Spule?
  - c) Berechnen Sie die gesamte Länge des Spulendrahtes und damit die magnetische Flussdichte  $B$  am Ort der Spule.
  - d) In welche Richtung verschiebt sich die Membran, wenn der Pluspol einer Batterie mit dem Anschluss A und der Minuspol mit dem Anschluss B des Lautsprechers verbunden werden. Begründen Sie Ihre Antwort.
2. Die Lautsprecherspule wird nun arretiert. Zum Zeitpunkt  $t = 0\text{s}$  wird die Lautsprecherspule mit einer Gleichspannungsquelle ( $U_0 = 2,0\text{ V}$ ) verbunden und die Stromstärke in der Spule in Abhängigkeit von der Zeit gemessen:

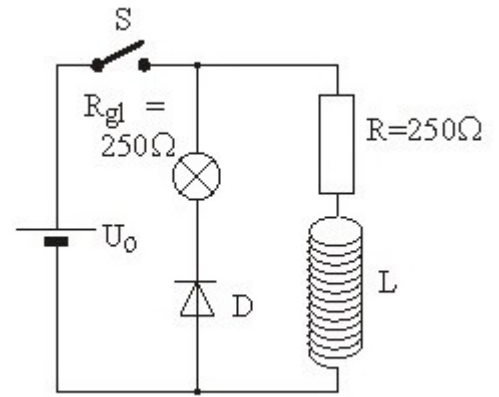
$t$ in $\mu\text{s}$	0	1,0	10	50	100	150	200
$I$ in mA	0	4	36	126	173	190	196

- a) Zeichnen Sie das  $t$ - $I$ -Diagramm ( $t$ -Achse: 1cm  $\rightarrow$  20 $\mu\text{s}$ ;  $I$ -Achse: 1cm  $\rightarrow$  20mA. Erklären Sie das Schaubild qualitativ.
  - b) Bestimmen Sie den ohmschen Widerstand  $R$  der Spule.
  - c) Berechnen Sie näherungsweise die Induktivität  $L$  der Spule, indem Sie die Tangente an die Kurve im Ursprung durch die Sehne im Bereich  $0\text{s} \leq t \leq 1\mu\text{s}$  ersetzen.
  - d) Wie ändert sich das Schaubild, wenn die Membran nicht arretiert ist?
3. Die Arretierung der Membran wird aufgehoben. Die magnetische Flussdichte  $B$  beträgt 0,20T. Die Anschlüsse des Lautsprechers werden mit einem hochohmigen Spannungsmesser verbunden. Wird die Membran jetzt durch Schallwellen in sinusförmige Schwingungen versetzt, so kann an den Anschlüssen der Lautsprecherspule eine sinusförmige Wechselspannung gemessen werden. Der Lautsprecher wirkt dann als Mikrofon. Hält man eine Stimmgabel ( $f = 250\text{Hz}$ ) vor die Membran, so zeigt der Spannungsmesser den Wert  $U_{\text{eff}} = 1,77\text{ mV}$  an.
- a) Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit  $v_m$  und die Amplitude  $s_m$  der schwingenden Spule. Zum Zeitpunkt  $t = 0\text{s}$  bewegt sich die Spule aufwärts durch die Gleichgewichtslage.
  - b) Zeichnen Sie das Zeit-Auslenkungs-Diagramm dieser Schwingung im Bereich  $0\text{ms} \leq t \leq 6\text{ms}$  ( $t$ -Achse: 1cm  $\rightarrow$  0,5ms;  $s$ -Achse: 1cm  $\rightarrow$  0,2  $\mu\text{s}$ ).
  - c) Tragen Sie in dieses Diagramm das zugehörige Zeit-Spannungs-Diagramm ein ( $U$ -Achse: 1cm  $\rightarrow$  0,5mV).

**2. Aufgabe:** In der nebenstehenden Schaltung wird eine Gleichspannungsquelle mit  $U_0 = 100\text{V}$  verwendet. Folgende Idealisierungen sollen gelten:

Der Widerstand  $R_{gl}$  der Glühlampe sein konstant. Die Spule besitze keinen ohmschen Widerstand. Der Sperrwiderstand der Diode sei unendlich groß, ihr Durchlasswiderstand vernachlässigbar klein.

- Zunächst wird der Schalter S geschlossen. Wie groß ist die maximale Stromstärke in der Spule?
- Wie groß ist die in der Spule induzierte Spannung unmittelbar nach dem Schließen des Schalters?
- Skizzieren Sie für den Einschaltvorgang den zeitlichen Verlauf des Spulenstroms  $I_L(t)$  sowie der in der Spule induzierten Spannung  $U_{ind}(t)$ . Begründen Sie den jeweiligen Kurvenverlauf.



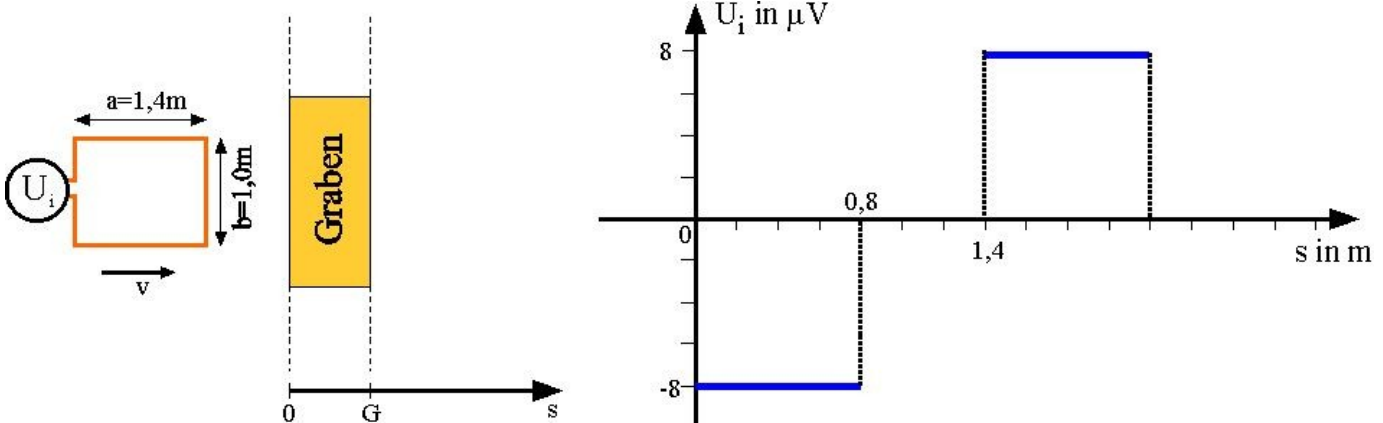
Nun wird der Schalter S geöffnet.

- Wie groß ist die in der Spule induzierte Spannung unmittelbar nach dem Öffnen des Schalters? Skizzieren Sie wiederum  $I_L(t)$  und  $U_{ind}(t)$ . Begründen Sie den Kurvenverlauf. Warum leuchtet die Lampe nur beim Öffnen des Schalters auf?

### 3. Aufgabe: Erdmagnetfeld und Archäologie

Eine Untersuchung des Erdmagnetfelds ist für verschiedene Wissenschaften aufschlussreich.

- Die Flussdichte des Erdmagnetfelds kann zum Beispiel mithilfe einer Hallsonde bestimmt werden. Erklären Sie das Zustandekommen einer Hallspannung anhand einer Skizze und zeigen Sie, dass die Hallspannung direkt proportional zur magnetischen Flussdichte  $B$  ist. In der Archäologie lassen sich durch Analyse des Erdmagnetfelds die Grundrisse ehemaliger Bebauungen ermitteln, da zum Beispiel Material, das zur Auffüllung eines Grabens verwendet wurde, eine lokale Veränderung des Magnetfelds verursachen kann. Ein mögliches Verfahren, diese Veränderung nachzuweisen, ist das folgende: Eine flache, rechteckige Spule (Maße siehe Skizze) wird als liegende Induktionsschleife mit konstanter



Geschwindigkeit  $v$  parallel zur Erdoberfläche über das Gelände bewegt. Dabei misst man die Induktionsspannung  $U_i$  und ermittelt für einen verschütteten Graben der Breite  $G = 0,80\text{m}$  einen Verlauf von  $U_i$  wie im untenstehenden Diagramm dargestellt. Die magnetische Flussdichte im Bereich des Grabens soll dabei als homogen vorausgesetzt werden.

- Erläutern Sie knapp, unter welchen Bedingungen in einer Spule eine Spannung induziert wird, und erklären Sie damit den Verlauf der Induktionsspannung in obigem Diagramm. In einem zweiten Versuch wird ein quadratischer Drahtrahmen mit Seitenlänge  $0,50\text{m}$  mit der gleichen Geschwindigkeit  $v$  über den Graben geführt.
- Zeichnen Sie das zu erwartende  $s-U_i$ -Diagramm für diesen Fall in ein geeignetes Koordinatensystem und erläutern Sie, wie die Breite des Grabens auch mit der kleineren Spule bestimmt werden kann.