Name: Punkte: Note:

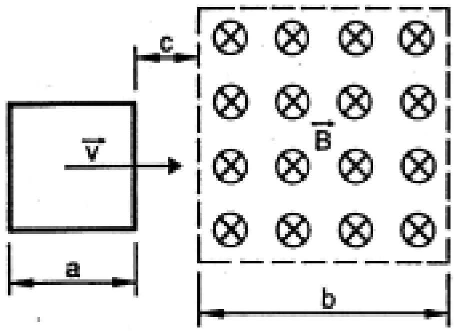
KS 12/2 1. Klausur

---

1. In einem Versuch wird ein quadratischer Drahtrahmen mit konstanter Geschwindigkeit v durch ein homogenes Magnetfeld bewegt (siehe Skizze). Die rechte Kante des Drahtrahmens beginnt zum Zeitpunkt t = 0 s in 1 cm Entfernung vom Magnetfeld.

   Daten:

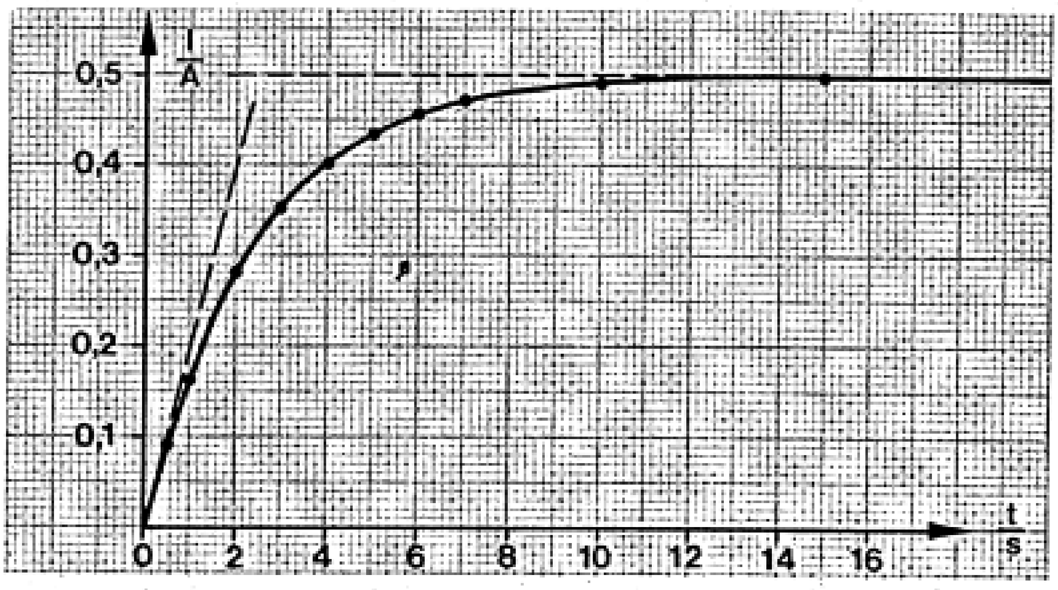
Seitenlänge des Drahtrahens:	a	=	2 cm
Geschwindigkeit des Rahmens:	v	=	1 cm/s
Elektr. Widerstand des Rahmens:	R	=	10^{-3} Ω
Kantenlänge des Magnetfeldes:	b	=	4 cm
Mag. Flussdichte:	B	=	0,2 T

   Der Drahtrahmen ist zuerst an einer Stelle unterbrochen und mit einem hochohmigen Voltmeter verbunden. Fertigen Sie ein Schaubild für $U_{ind\,(t)}$ für 0s ≤ t ≤ 8s. Wählen Sie hierzu einen geeigneten Maßstab.

   Bei einem zweiten Durchlauf wird das Voltmeter entfernt und der Rahmen geschlossen. Welche Stromstärke erreicht der Induktionsstrom? Welche Kraft $F_{(t)}$ wirkt auf den Rahmen? Fertige ein Schaubild für 0s ≤ t ≤ 8s.

2. Eine Spule wird zum Zeitpunkt t = 0 an eine Spannungsquelle mit der konstanten Spannung U_0 = 6,0 V angeschlossen. Man mißt den zeitlichen Verlauf der Stromstärke in der Spule und erhält nebenstehendes Schaubild:

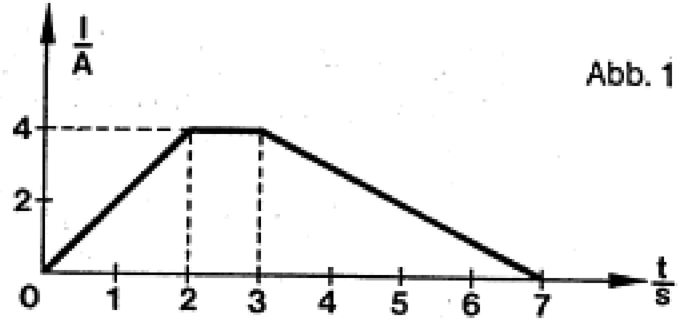
   Geben Sie eine physikalische Erklärung für den Verlauf des Graphen der Funktion $t \longrightarrow I(t)$.

   Ermitteln Sie mit Hilfe des Graphen den ohmschen Widerstand R_Ω des Kreises sowie die Eigeninduktivität L der Spule.

$\mu_0 = 1{,}26 \cdot 10^{-6}\ VsA^{-1}m^{-1}$

3. Gegeben ist eine Spule S_1 ($\mu_r = 1$) der Länge $\ell_1 = 0{,}50$ m, der Querschnittsfläche $A_1 = 25\ \text{cm}^2$ und der Windungszahl $n_1 = 10^4$.

a) Durch die Spule S_1 fließt ein Strom gemäß Abb.1. W ist die im Magnetfeld der Spule S_1 gespeicherte magnetische Energie. Zeichne das W-t-Diagramm für $0\ \text{s} \leq t \leq 7\ \text{s}$. ($1\ \text{s} \mathrel{\hat{=}} 1\ \text{cm}$; $1\ \text{J} \mathrel{\hat{=}} 1\ \text{cm}$)



b) In der Spule S_1 wird eine kleine Induktionsspule S_2 mit $n_2 = 100$ Windungen und der Fläche $A_2 = 16\ \text{cm}^2$ so aufgestellt, daß Mittelpunkte und Achsen der beiden Spulen zusammenfallen. Durch die Spule S_1 fließt der Strom gemäß Abb.1. Gib die in der Spule S_2 induzierte Spannung U_{ind} in Abhängigkeit von der Zeit t an. Zeichne das U_{ind}-t-Diagramm. ($1\ \text{s} \mathrel{\hat{=}} 1\ \text{cm}$; $2\ \text{mV} \mathrel{\hat{=}} 1\ \text{cm}$)

$\mu_0 = 1{,}26 \cdot 10^{-6}\ \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$

12/2 1. Klausur

① Geg:

$V =$ Konst.

$s_0 = 0{,}01\,m$

$a = 2\,cm = 0{,}02\,m$

$V = 0{,}01\,\frac{m}{s}$

$R = 0{,}01\,\Omega$

$b = 0{,}04\,m$

$B = 0{,}2\,T$

Diagramm:

- Berechnung des Eintritts-Zeitpunkts:

$t = \frac{s_0}{V} = 1\,s$

$U_{ind} = 0$ für $0\,s \leq t \leq 1\,s$

- Berechnen des Eintauchvorgangsende:

$t = \frac{s_0 + a}{V} = 3\,s$

$U_{ind} = -B \cdot a \cdot V_{\perp} = 0{,}2\,T \cdot 0{,}02\,m \cdot 0{,}01\,\frac{m}{s} = 4 \cdot 10^{-5}\,V$

$= 0{,}04\,mV$

$U_{ind} = -0{,}04\,mV$ für $1\,s \leq t \leq 3\,s$

- Berechnen des Zeitpunkts bei dem der Leiter aus dem Feld auszutreten beginnt:

$t = \frac{s_0 + b}{V} = 5\,s$

=> Da sich das Drahträhmchen zur in $3\,s \leq t \leq 5\,s$ vollständig im Magnetfeld befindet, wird keine Spannung induziert.
→ keine Änderung der vom Feld durchsetzten Fläche...

$U_{ind} = 0\,V$

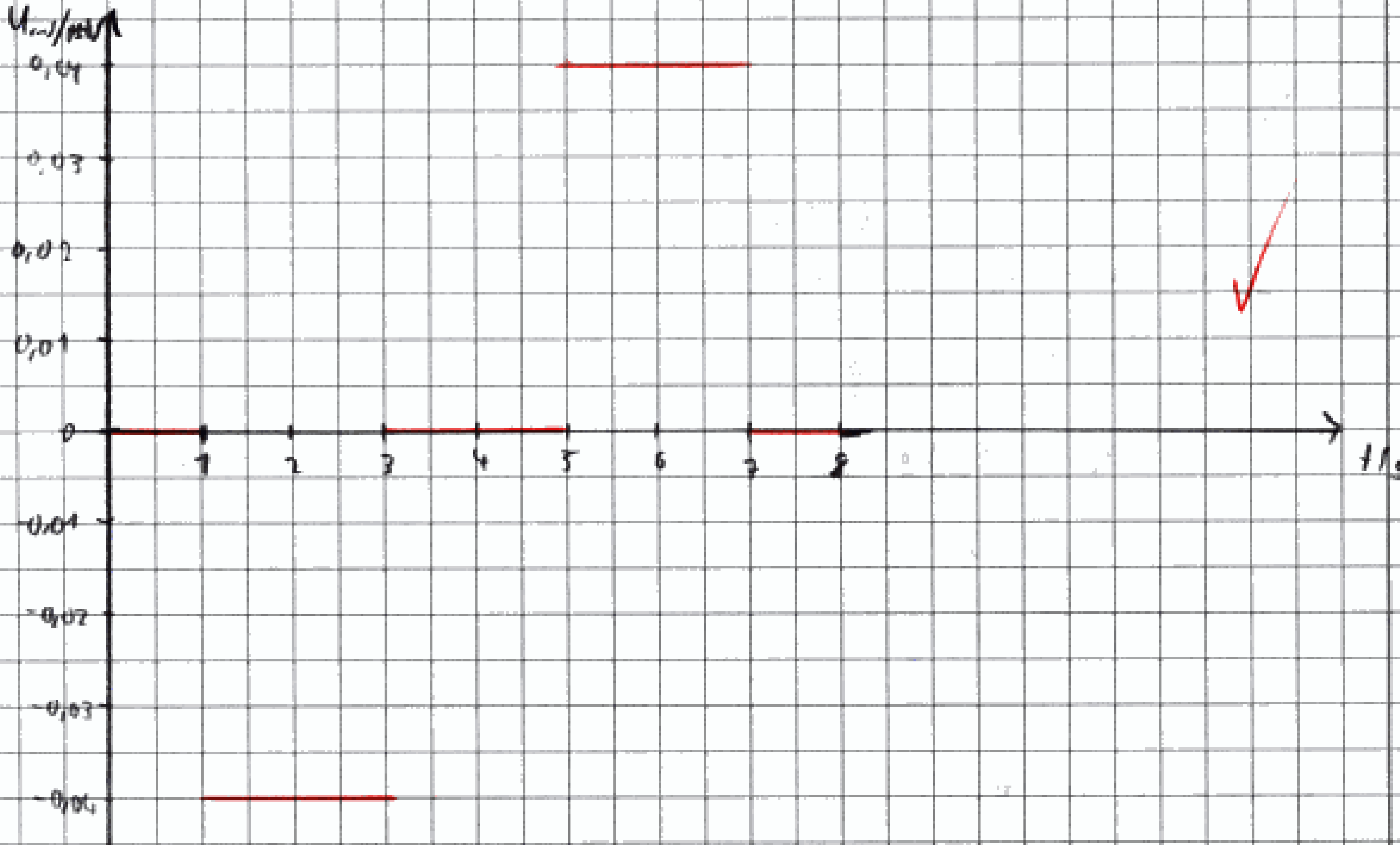
- Austrettvorgang wie bei Eintrettvorgang nur negatives Vorzeichen:

$U_{ind} = +0{,}04\,V$ für $5\,s \leq t \leq 7\,s$.

- Ist das Rähmchen vollständig ausgetreten, tritt keine Spannung auf

$U_{ind} = 0$ für $7\,s \leq t \leq 8\,s$

Schaubild:



$V_{max} = 0{,}01 \frac{m}{s}$

$U_{max} = 0{,}04 \ mV = 4 \cdot 10^{-5} \ V$

Formel:

$R = \frac{U}{I}$ $\qquad I = \frac{U}{R}$

$I_{max} = \frac{U_{max}}{R} = \frac{4 \cdot 10^{-5} \ V}{10^{-3} \ \Omega} = 4 \cdot 10^{-2} \ A = 40 \ mA$

=> Der Induktionsstrom erreicht die Stromstärke 0,04 A = 40 mA

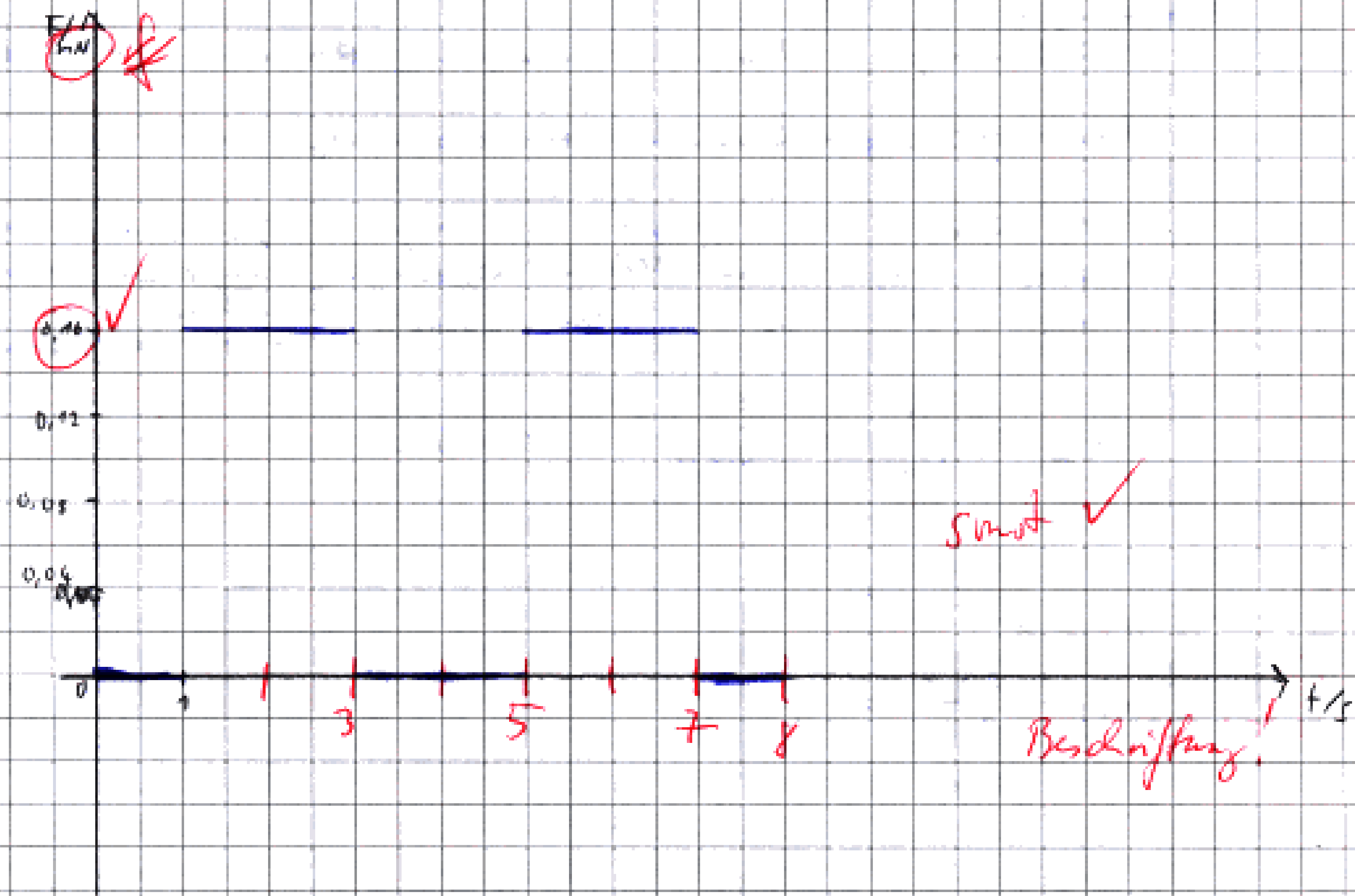
Berechnung der bremsenden Kraft (Kraft auf Leiter) F_{Leiter}

$F_{Leiter} = B \cdot I \cdot a$

$= 0{,}2\,T \cdot 0{,}04\,A \cdot 0{,}02\,m$

$= 1{,}6 \cdot 10^{-4}\,N$ ✓

Schaubild



9,5 (10)

②

Geg: $U_0 = 6\,V$

$I_{max} = 0{,}5\,A$

physikalische Erklärung:

Der Stromfluss $I(t)$ wird durch die Gesamtspannung angetrieben, welche sich aus Spannungsquelle U_0 und induzierter Spannung der Selbstinduktion zusammensetzt. ✓ Nach der Lenzschen Regel wirkt die Induktionsspannung ihrer Ursache entgegen ✓ also ist sie so gepolt, dass sie U_0 schwächt. U_{ind} (der Selbstinduktion) ist umso größer, je größer die Änderungsrate von I ist. ✓ Zu Beginn des "Anschlussvorganges" ist $\dot{I}$ ~~gabt~~ sehr groß, die Induktionsspannung kann also ihrer Ursache stark entgegen wirken. → was allerdings eine Schwächung von ✓ I verursacht, wodurch wiederum die Induktionsspannung kleiner wird

9,5 (10)

Das Schaubild beschreibt also ein begrenztes Wachstum des Stromes I, da die Induktionsspannung exponentiell abfällt und schließlich für $t \to +\infty$ gegen 0 geht. ✓ Die Induktionsspannung fällt exponentiell und nicht gleichförmig ab, der Spule nur begrenzt Energie speichern kann und es immer weniger ~~von seiner~~ Energie ~~Restenergie abgeben~~ aufnehmen kann, um so der Induktionsursache entgegenwirken zu können ✓

Berechnung von R_e:

$$R_e = \frac{U_0}{I_{max}} = \frac{6\,V}{0{,}5\,A} = 12\,\Omega$$

Auslesen von $\dot{I}(t)$:

$\dot{I}(0)$ $$\dot{I}(0{,}5) = \frac{0{,}4\,A}{2\,s} = 0{,}2\,\frac{A}{s}$$

$$I(0{,}5) = 0{,}09\,A$$

Formel:

$\cancel{U_{ind}}$ $$U_{ind(t)} = -L \cdot \dot{I}_{(t)} \qquad L = -\left(\frac{U_{ind(t)}}{\dot{I}_{(t)}}\right)$$

$\cancel{U_{ind(t)} =}$

$$R = \frac{U_0 + U_{ind(t)}}{I_{(t)}}$$

$$U_{ind(t)} = R \cdot I_{(t)} - U_0$$

einsetzen:

$$L = -\left(\frac{R \cdot I_{(t)} - U_0}{\dot{I}_{(t)}}\right) = -\left(\frac{12\,\Omega \cdot 0{,}09\,A - 6\,V}{0{,}2\,\frac{A}{s}}\right) = 24{,}6\,H$$ (Beme

ungenau s.o.

9 (10)

18,5 (20)

18,5 (20) ③

Geg: $l_1 = 0{,}5\,m$ $\mu_r = 1$

$A_1 = 0{,}0025\ m^2$

$n_1 = 10000$

a)

$W_{(t)} = \frac{1}{2}\ L\ (I_{(t)})^2$

Berechnen von L:

$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n_1^2 \cdot \frac{A_1}{l_1} = 1{,}26 \cdot 10^{-6}\ \frac{Vs}{Am} \cdot 10000^2 \cdot \frac{0{,}0025\ m^2}{0{,}5\ m}$

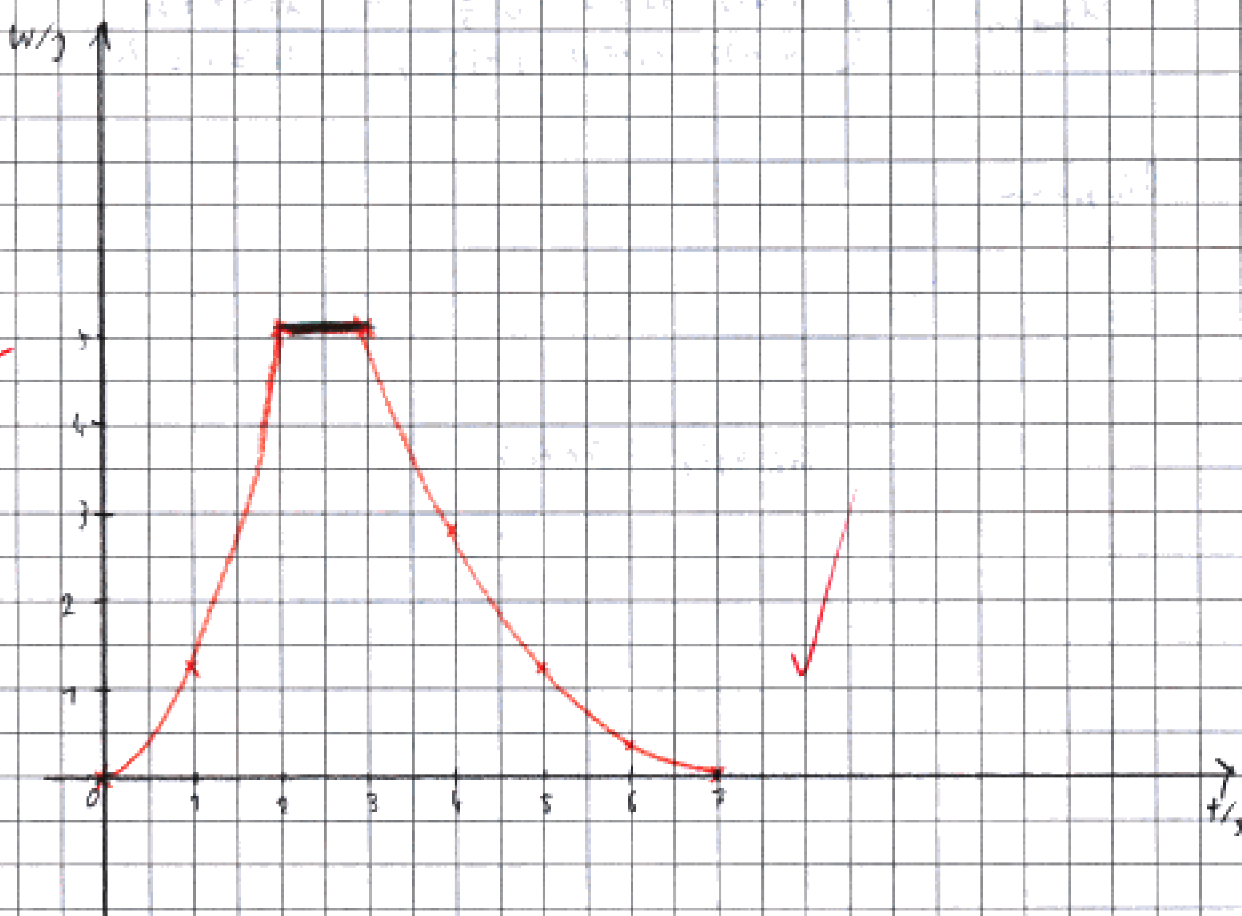
$= 0{,}63\ H$

$W_{(t)} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}63\,H \cdot I_{(t)}^2$

Wertetabelle:

$\frac{I_{(t)}}{A}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$\frac{W_{(t)}}{J}$	0	1,26	5,04	5,04	2,835	~~2,04~~ 1,26	0,315	0

Schaubild:



4 (4)

22,5 (24)

b)

$n_2 = 100$ $\mu_r = 1$

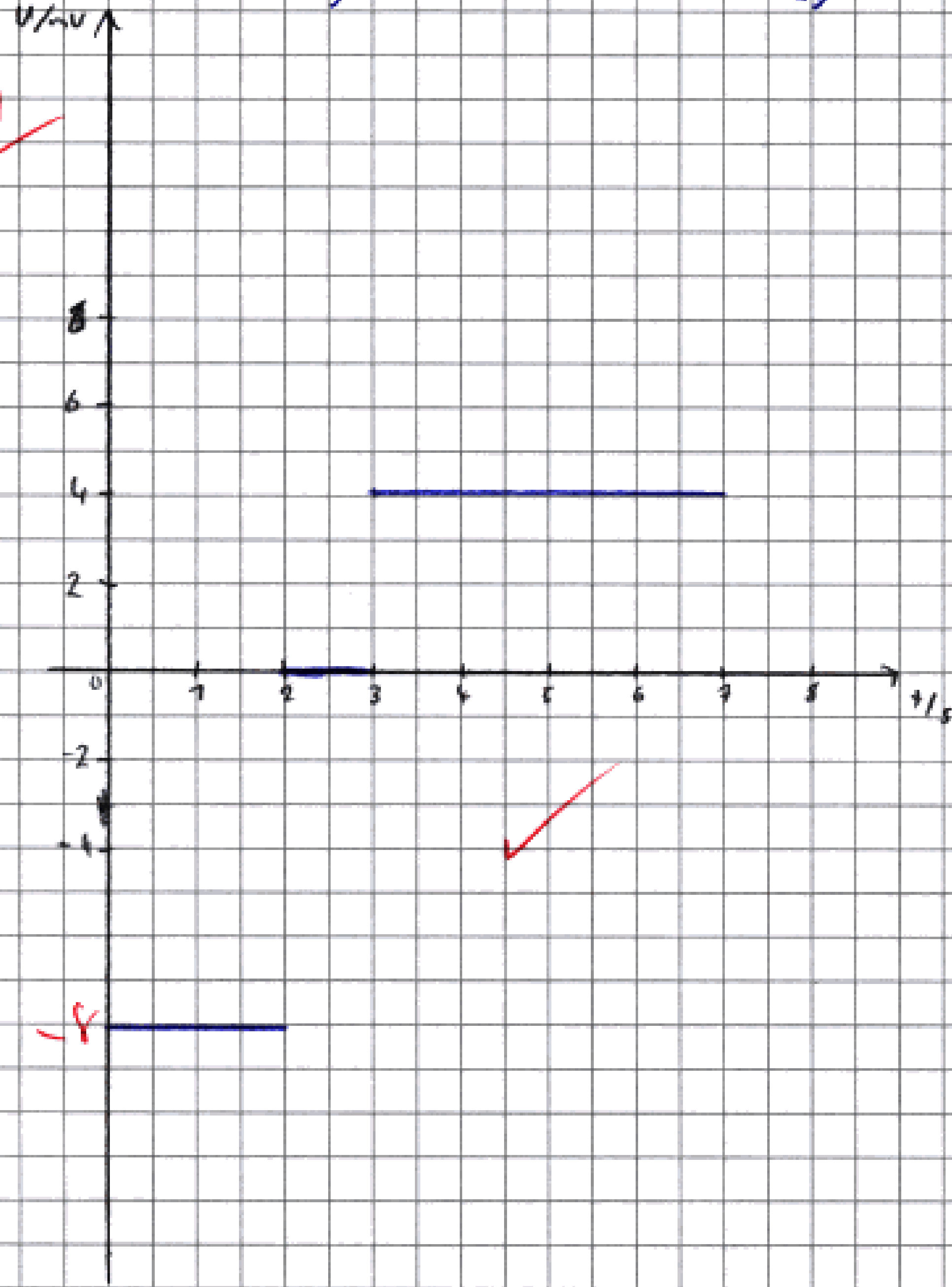
$A_2 = 0{,}0016\ m^2$ $l_2 = l_1 = 0{,}5m$

Berechnen von L_2 (unnötig)

$$L_2 = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \frac{A_2}{l_1} = 4{,}032 \cdot 10^{-5}\ H$$

Rechnung, siehe unter Diagramm

27,5(24)



b) Berechnen von ΔB für a)

$$U_{ind\,1(t)} = -L_1 \cdot \dot{I}_{(t)}$$

$$U_{ind} = -n_1 \cdot A_1 \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$U_{ind\,1(t)} = -n_1 \cdot A_1 \cdot \dot{B}_{(t)}$$

6(6)

28,5(30)

Gleichsetzen:

$$-L_1 \cdot \dot{I}_{(t)} = -n_1 \cdot A_1 \cdot \dot{B}_{(t)}$$

$$\dot{B}_{(t)} = \frac{L_1 \cdot \dot{I}_{(t)}}{n_1 \cdot A_1}$$

$$U_{ind\,2(t)} = -n_2 \cdot A_2 \cdot \frac{L_1 \cdot \dot{I}_{(t)}}{n_1 \cdot A_1} = -\frac{n_2 A_2}{n_1 A_1} \cdot L_1 \cdot \dot{I}_{(t)}$$

Für $0\,s \leq t \leq 2\,s$: $= -4{,}032 \cdot 10^{-3}\ V \cdot \dot{I}$

$U_{ind\,2} = 2 \cdot (-4{,}032 \cdot 10^{-3}\ V) = -8{,}064 \cdot 10^{-3}\ V$

$U_{ind\,2} = 0$ für $2\,s \leq t \leq 3\,s$, da $\dot{I} = 0$

$U_{ind\,2} = -1 \cdot (-4{,}032 \cdot 10^{-3})\ V = 4{,}032 \cdot 10^{-3}\ V$ für $3\,s \leq t \leq 7\,s$