



**Fakultät Fahrzeugtechnik**

# **Elektronische Fahrzeugsysteme**

Laborbericht zum Versuch Nr. 3



Datum: 25. April 2018

Betreuer: Dipl.-Ing. Rolf Quednau,  
Wolfgang Gier



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Aufgabe 1. Ermitteln der Werte beim gepulsten Einschalten des Einspritzventils</b>	<b>3</b>
<b>Aufgabe 2. Bestimmung des Widerstandes <math>R_{Cu}</math> und der Induktivität <math>L</math></b>	<b>4</b>
<b>Aufgabe 3. Darstellung der Öffnungszeit des Magnetventils in Abhängigkeit von der Betriebsspannung</b>	<b>5</b>
<b>Anhang</b>	<b>7</b>



## Aufgabe 1. Ermitteln der Werte beim gepulsten Einschalten des Einspritzventils

Zu Beginn des Versuches wird die Steuerspannung  $U_s$  am Funktionsgenerator eingestellt. Die erzeugte Kurvenform ist ein Rechtecksignal, die Frequenz beträgt 25 Hz und die Amplituden haben den Wert  $\hat{U}_{s+} = 12$  Volt und  $\hat{U}_{s-} = 0$  Volt. Die Steuerspannung wird bei diesem Versuch konstant gehalten. Das Netzteil wird mit einer Betriebsspannung von  $U_B = 14$  Volt eingestellt und in 1,0 Volt schritten zuerst bis auf 5 Volt, danach in 0,5 Volt schritten bis auf 2,5 Volt eingestellt. Mit einem Digitalen Speicheroszilloskop wird der Spannungsverlauf an dem Shuntwiderstand gemessen. An diesem Verlauf kann der Zeitpunkt  $t_{\text{öffnen}}$  bis zum vollständigen Öffnen des Ventils und die Spannung  $U_{\text{öffnen}}$  zum Öffnungszeitpunkt abgelesen werden. Der Öffnungszeitpunkt am Verlauf ist an dem kurzzeitigen Spannungseinbruch zu erkennen. Zur Berechnung des Maximalstromes  $I_{\infty}$  wird folgende Formel verwendet.

$$I_{\infty} = \frac{U_{Sh}}{R_{Sh}}$$

Die gemessenen und berechneten Werte werden in die Tabelle 1 eingetragen.

Lfd. Nr.	$U_B$ in V	$U_{Sh}$ in mV	$I_{\infty}$ in mA	$i_{\text{öffnen}}$ in mA	$t_{\text{öffnen}}$ in ms
1	14	640	640	250	1
2	13	600	600	240	1,16
3	12	544	544	232	1,24
4	11	512	512	224	1,34
5	10	472	472	208	1,46
6	9	464	464	208	1,62
7	8	408	408	2	1,84
8	7	368	368	192	2,1
9	6	320	320	184	2,6
10	5	280	280	168	3,28
11	4,5	248	248	160	3,8
12	4	224	224	152	4,9
13	3,5	192	192	144	6,1
14	3	172	172	-	-
15	2,5	148	148	-	-

Tab. 1 Messwerte



Die Parametern  $U_B$ ,  $I_\infty$ ,  $i_{\text{öffnen}}$  und  $t_{\text{öffnen}}$  sind voneinander Abhängig. Im folgen wird kurz der qualitative Zusammenhang zwischen ihnen erläutert.

Bei sinkender Betriebsspannung sinkt auch der Spulenstrom. Zu sehen ist dies anhand folgender Formel:

$$I_\infty = \frac{U_B}{R_{Sh} + R_{Cu}}$$

Bei sinkendem Spulenstrom sinkt auch der Strom  $i_{\text{öffnen}}$ , der beim Einschalten einer Spule, bzw. beim Öffnen des Ventils, zustande kommt. Denn es gilt:

$$i_{\text{öffnen}} = I_\infty \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Wenn der Spulenstrom sinkt, verlängert sich die Öffnungszeit  $t_{\text{öffnen}}$ . Dieses Verhalten kommt dadurch zustand, da die magnetische Kraft  $F_{MAG}$ , welche die Ventilmadel anhebt, vom Spulenstrom abhängig ist. Die Öffnungszeit ist demnach auch von  $F_{MAG}$  abhängig.

$$F_{MAG}(I) = K_{MAG} \cdot I(t)^2$$

$$t_{\text{öffnen}} = -\tau \cdot \ln \left(1 - \sqrt{\frac{F_0}{F_{MAG}}}\right)$$

Der Mittelwert des notwendigen Stromes  $\overline{I_{\text{öffnen}}}$  ist die Summe der Ströme  $I_\infty$  bei einer Betriebsspannung von  $U_B = 8$  bis  $14V$ , dividiert durch die Anzahl der verwendeten Werte.

$$\overline{I_{\text{öffnen}}} = \frac{i_{\text{öffnen},1} + \dots + i_{\text{öffnen},7}}{n}$$

$$\overline{I_{\text{öffnen}}} = \frac{(250 + 240 + 232 + 224 + 208 + 208 + 200)mA}{7}$$

$$\overline{I_{\text{öffnen}}} = 223 \text{ mA}$$

## Aufgabe 2. Bestimmung des Widerstandes $R_{Cu}$ und der Induktivität $L$

Um den Widerstand  $R_{Cu}$  rechnerisch zu ermitteln, muss folgende Formel verwendet werden:

$$R_{Cu} = \frac{U_b}{I_\infty} - R_{Sh}$$



$$R_{Cu} = \frac{14V}{0,64 A} - 1 \frac{V}{A} = 20,8 \Omega$$

Die Induktivität L berechnet sich wie folgt:

$$I_{\text{öffnen}} = I_{\infty} \cdot (1 - e^{-\frac{t_{\text{öffnen}}}{\tau}})$$

mit

$$\tau = \frac{L}{R_{Cu}}$$

umgestellt nach L

$$\Rightarrow L = - \frac{t_{\text{öffnen}} \cdot R_{Cu}}{\ln(1 - \frac{I_{\text{öffnen}}}{I_{\infty}})}$$

mit den Werten aus der ersten Messung, ergibt sich folgender Wert:

$$L = - \frac{0,001 s \cdot 20,8 \frac{V}{A}}{\ln(1 - \frac{250 mA}{640 mA})}$$

$$\underline{\underline{L = 42 mH}}$$

### Aufgabe 3. Darstellung der Öffnungszeit des Magnetventils in Abhängigkeit von der Betriebsspannung

Zur Bestimmung der Öffnungszeiten muss die folgende Ausgangsformel verwendet und nach  $t_{\text{öffnen}}$  umgestellt werden.

$$I_{\text{öffnen}} = I_{\infty} \cdot (1 - e^{-\frac{t_{\text{öffnen}}}{\tau}})$$

$$\Rightarrow t_{\text{öffnen}} = -\ln(1 - \frac{I_{\text{öffnen}}}{I_{\infty}}) \cdot \tau$$

Mit der Annahme das

$$I_{\infty} = \frac{U_B}{R_{Cu} + R_{Sh}} \text{ und } \tau = \frac{L}{R_{Cu}} \text{ ist,}$$

ergibt sich folgende Gleichung

$$t_{\text{öffnen}}(U_B) = -\ln(1 - \frac{I_{\text{öffnen}} \cdot (R_{Cu} + R_{Sh})}{U_B}) \cdot \frac{L}{R_{Cu}}$$



Mit den Werten aus der ersten Messung ergibt sich für  $t_{\text{öffnen},14V}$  folgende Öffnungszeit.

$$t_{\text{öffnen},14V} = -\ln\left(1 - \frac{0,25A \cdot (20,8+1)\Omega}{14V}\right) \cdot \frac{42 \text{ mH}}{20,8 \Omega}$$

$$t_{\text{öffnen},14V} = 0,996 \text{ ms}$$

Die Rechnung wird mit allen 14 Werten Messwerten durchgeführt und in das Spannungs-Zeit-Diagramm eingefügt. Zum Vergleich wird ein Graph mit den gemessen (blau) und eine mit den berechneten (rot) Werten erstellt.

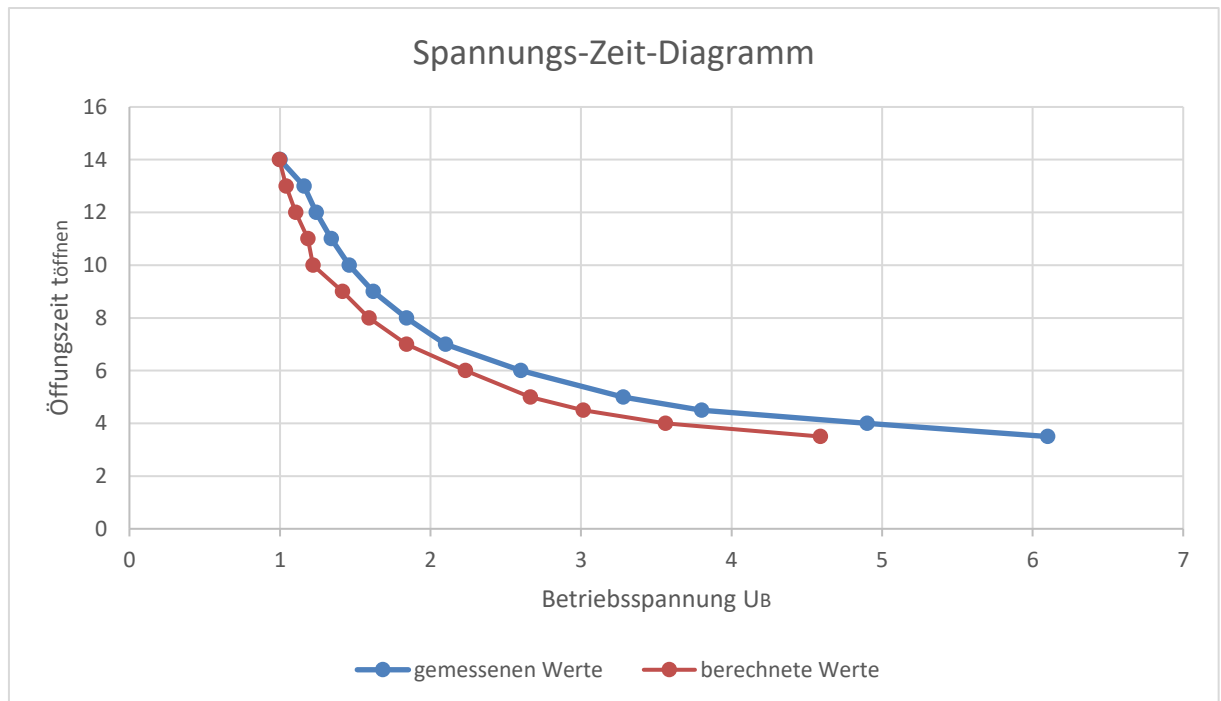
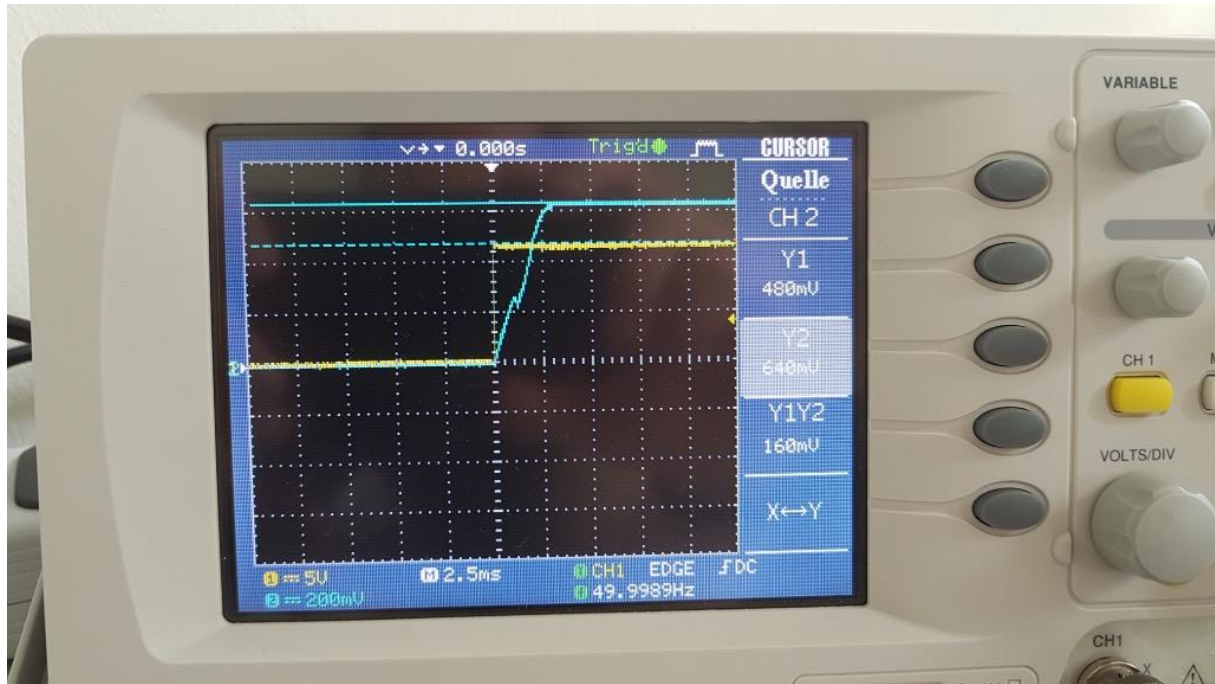


Diagramm 1. Spannungs-Zeit-Diagramm

In diesem Diagramm ist deutlich zu sehen, dass die beiden Graphen nur eine geringe Abweichung von einander haben, dieses ist auf Messungenauigkeiten und Rundungsfehler zurückzuführen.



## Anhang



Speicheroszilloskopbild

Gelbe Linie = Steuerspannung 12 Volt

Blaue Linie = Shutspannung