

# Praktikum Elektrische Antriebe

## Versuchsprotokoll zu Versuch 4: Schrittmotor

Name: Johannes Kopp		Studiensemester: 6
Datum: 27.04.2016	Testat:	
Mitarbeiter: Benjamin Haid, Tobias Soldan		





## Aufgabe 1

a) In Abbildung 1.1 ist der prinzipielle idealisierte Verlauf der Ströme für den Halbschrittbetrieb eines Schrittmotors bei Rechtslauf dargestellt.

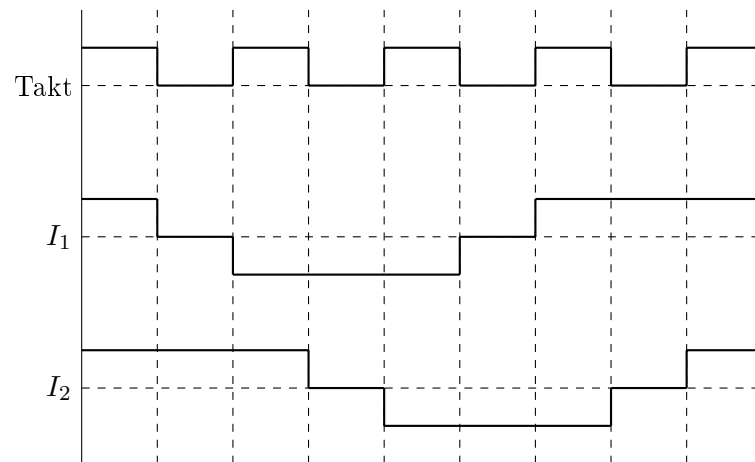


Abbildung 1.1: Stromverlauf Halbschrittbetrieb Rechtslauf

Im Vergleich mit Abbildung 7.12 im Skript Elektrische Antriebe fällt auf, dass die beiden Stromverläufe im Vergleich zu Linkslauf lediglich vertauscht wurden.

b) Der Verlauf der Ströme für den Vollschrittbetrieb wurde in Abbildung 1.2 veranschaulicht.

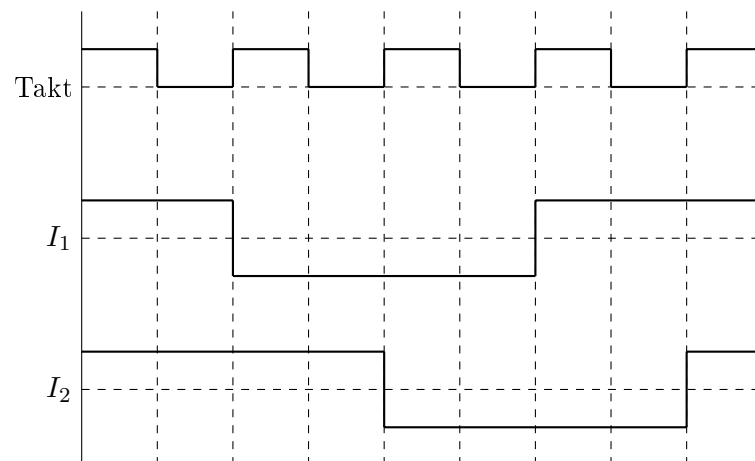


Abbildung 1.2: Stromverlauf Vollschrittbetrieb Rechtslauf

c) Wenn die Umschaltung der Ströme sowohl bei einer steigenden, als auch bei einer fallenden Flanke erfolgen darf, entspricht das einer Stauchung der in Abbildung 1.2 dargestellten Stromverläufe. Dies wurde in Abbildung 1.3 veranschaulicht.

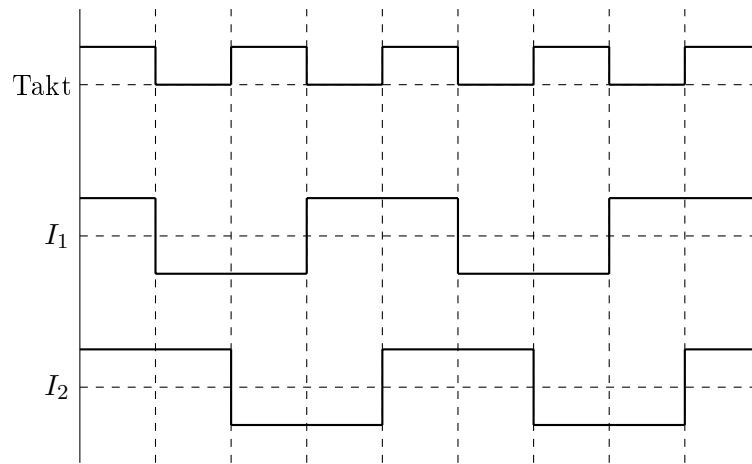


Abbildung 1.3: Stromverlauf Vollschrittbetrieb Rechtslauf, doppelte Schaltfrequenz

d) Die Drehzahlen in den Aufgabenteilen a) und b) sind identisch. In Aufgabenteil c) dreht der Schrittmotor doppelt so schnell wie zuvor.

## Aufgabe 2

a) Gegeben ist Strangwiderstand  $R_S = 2.32\Omega$  und eine Stranginduktivität  $L_S = 11.4\text{mH}$ . Mit der Formel aus dem Skript

$$U_S = R_S * I_S + L_S * \frac{dI_S(t)}{dt} + U_{iS} \quad (2.1)$$

und  $U_{iS} = 0$  bekommt man als Lösung der Differentialgleichung

$$I_S = \frac{U_S}{R_S} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (2.2)$$

mit  $\tau = \frac{L_S}{R_S} = 4.91\text{ms}$  und eingesetzten Werten ergibt sich folgender Stromverlauf (siehe Abb. 2.1).

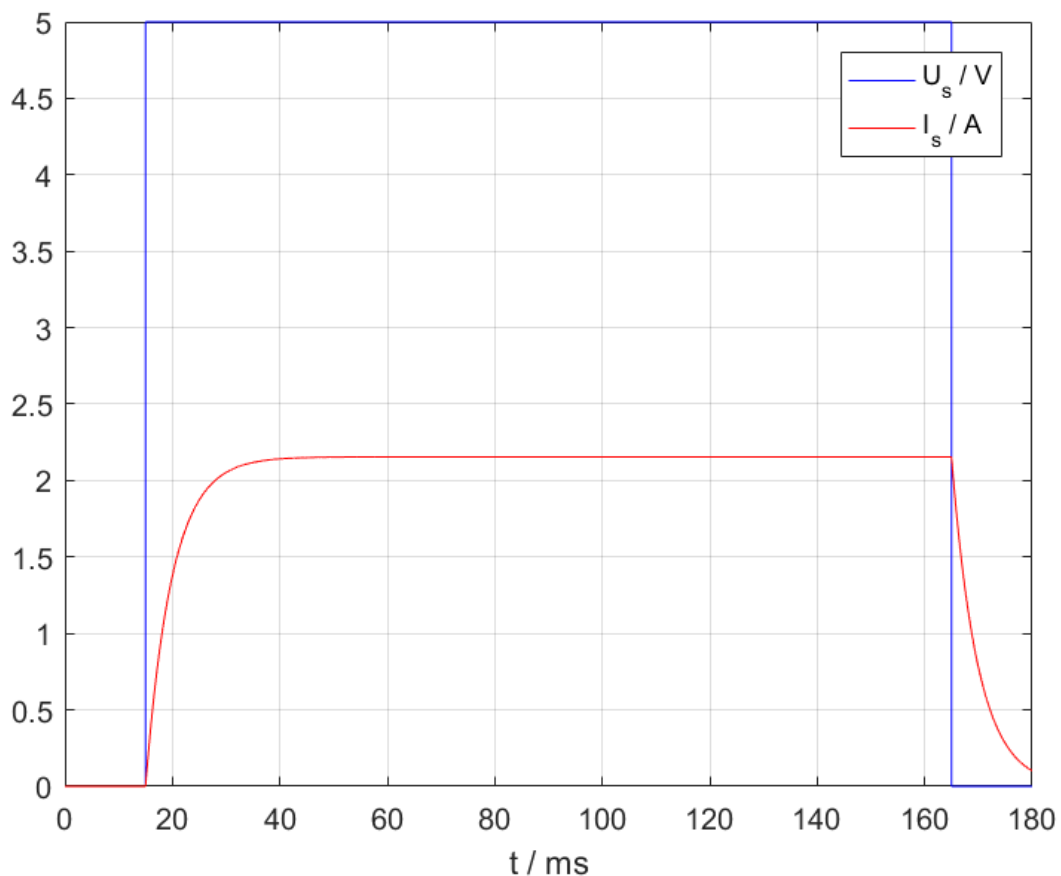
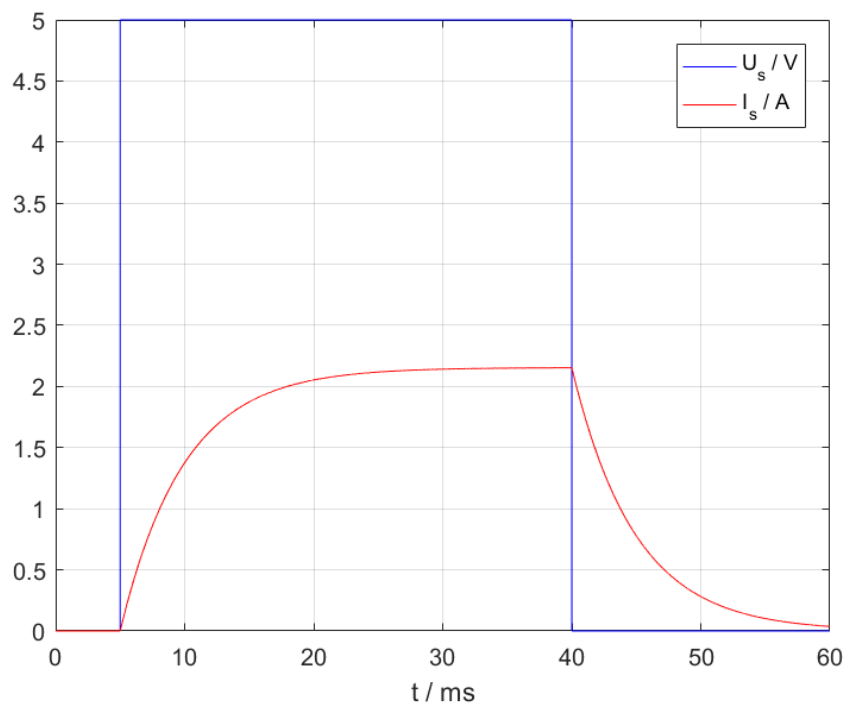
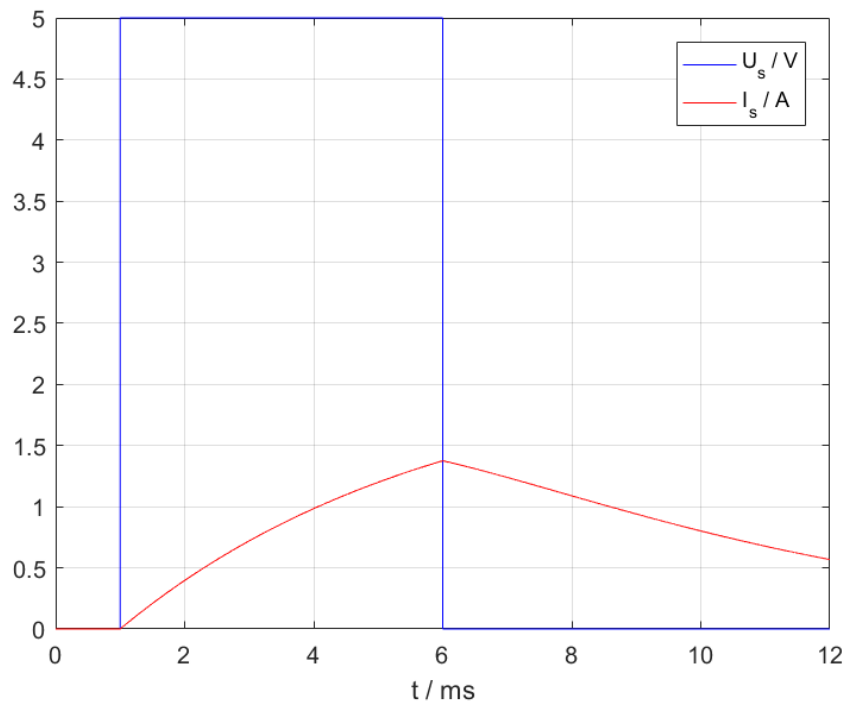


Abbildung 2.1: Stromverlauf der  $I_1$

b) Bei Stromverlauf  $k = 1$  und  $k = 2$  (siehe Abb. 2.1 und Abb. 2.2) erreicht der Motor das gleiche Drehmoment, da die Spulen eingeschungen sind. Bei  $k = 3$  wird der eingeschungene Zustand nie erreicht (siehe Abb. 2.3) somit auch der maximale Strom und das maximale Drehmoment nicht.

Abbildung 2.2: Stromverlauf der  $I_2$ Abbildung 2.3: Stromverlauf der  $I_3$

### Aufgabe 3

a) Es wird ein Schrittmotor mit den Parametern

$$M_H = 1.17 \text{ Nm}, Z_P = 50, m = 2 \quad (3.1)$$

betrachtet. Auf den Schrittmotor wirkt ein Lastmoment von  $M_L = 0.585 \text{ Nm}$ . Gesucht wird der mechanische Winkel  $\gamma_{mL}$ , um den der Schrittmotor aus der Ruhelage im unbelasteten Zustand ausgelenkt wird.

Mit der Formel aus dem Skript

$$M_L = M_{Mi} = M_H \sin(\gamma_S - \gamma_L) \text{ und } \gamma = Z_P \cdot \gamma_m \quad (3.2)$$

ergibt sich für  $\gamma_L$

$$\gamma_L = \gamma - \arcsin\left(\frac{M_L}{M_H}\right) \quad (3.3)$$

daraus folgt

$$\gamma_{mL} = \frac{1}{Z_P}(\gamma_S - \arcsin(\frac{M_L}{M_H})) \text{ mit } \gamma_S = 0. \quad (3.4)$$

Eingesetzt ergibt sich

$$\gamma_{mL} = \frac{1}{50}(-\arcsin(\frac{0.585 \text{ Nm}}{1.17 \text{ Nm}})) = -0,6^\circ \quad (3.5)$$

b) Aus Abbildung 7.4 des Elektrische Antriebe Skriptes ist ersichtlich, dass der Drehmomentverlauf eines Schrittmotors in Abhängigkeit von der Rotorlage die Periodenlänge  $\gamma = 360^\circ$  besitzt. Dabei handelt es sich um den elektrischen Winkel  $\gamma$ . Im in der Aufgabenstellung gegebenen Diagramm ist jedoch der mechanische Winkel  $\gamma_m$  eingetragen, für den gilt

$$\gamma_m = \frac{\gamma}{Z_P} \quad (3.6)$$

Somit ergibt sich eine Periodenlänge von  $\gamma_m = \frac{360^\circ}{50} = 7,2^\circ$  und damit auch die Abszissenbeschriftung des Diagramms.

Der Auslenkungswinkel  $\gamma_{mL}$  kann ermittelt werden, indem man von der Ruhelage  $\gamma_m = 0^\circ$  aus solange nach links wandert, bis gilt

$$\frac{M_{Mi}}{M_H} = \frac{M_L}{M_H} = 0,5 \quad (3.7)$$

und an dieser Stelle den Winkel abliest. Das sich ergebende Diagramm ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

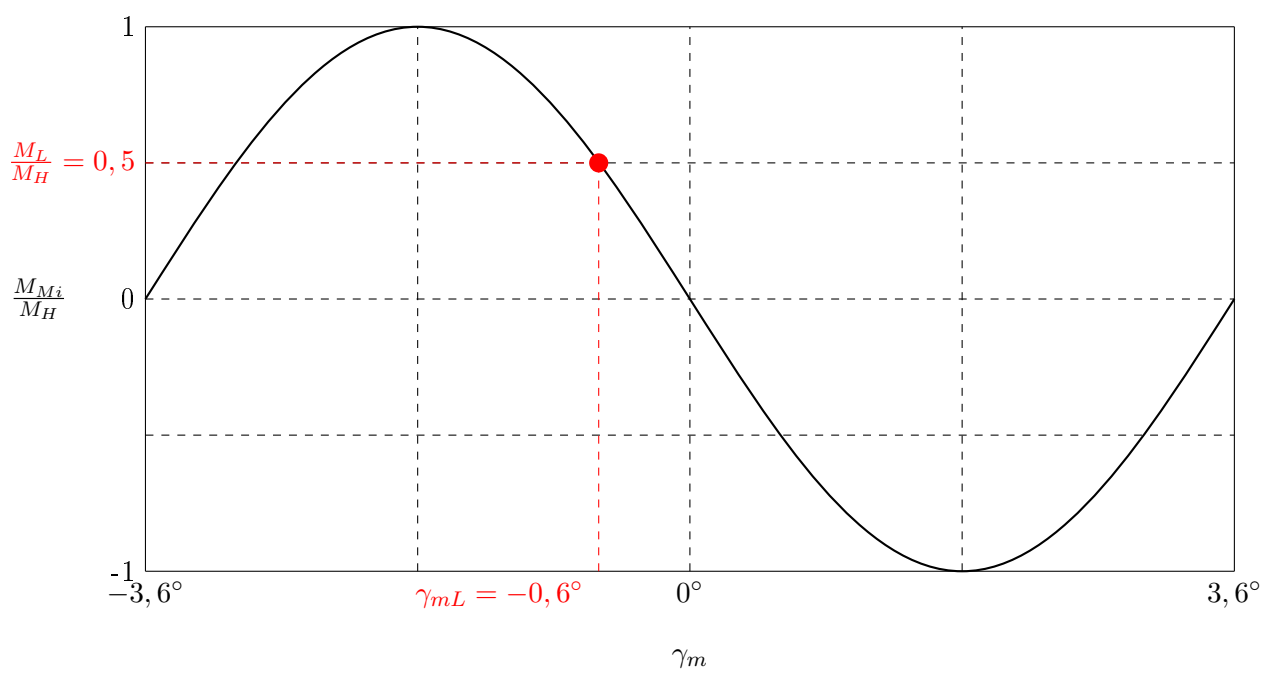


Abbildung 3.1: Drehmomentverlauf



## Aufgabe 4

- a) Der Stromverlauf in einer Wicklung wird in Abb. 4.1 beim Vollschrift dargestellt.
- b) Die erkennbare Delle im Stromverlauf in Abb. 4.1 und 4.2 rührt daher, dass durch die Bewegung des Rotors eine Spannung induziert wird, die der Strangspannung entgegenwirkt. Den PT1-Förmigen Verlauf von Abb. 4.3 kann erreicht werden, indem die Stellung angefahren wird, an der sich der Rotor nicht bewegt wenn die Spannung eingeschaltet wird.

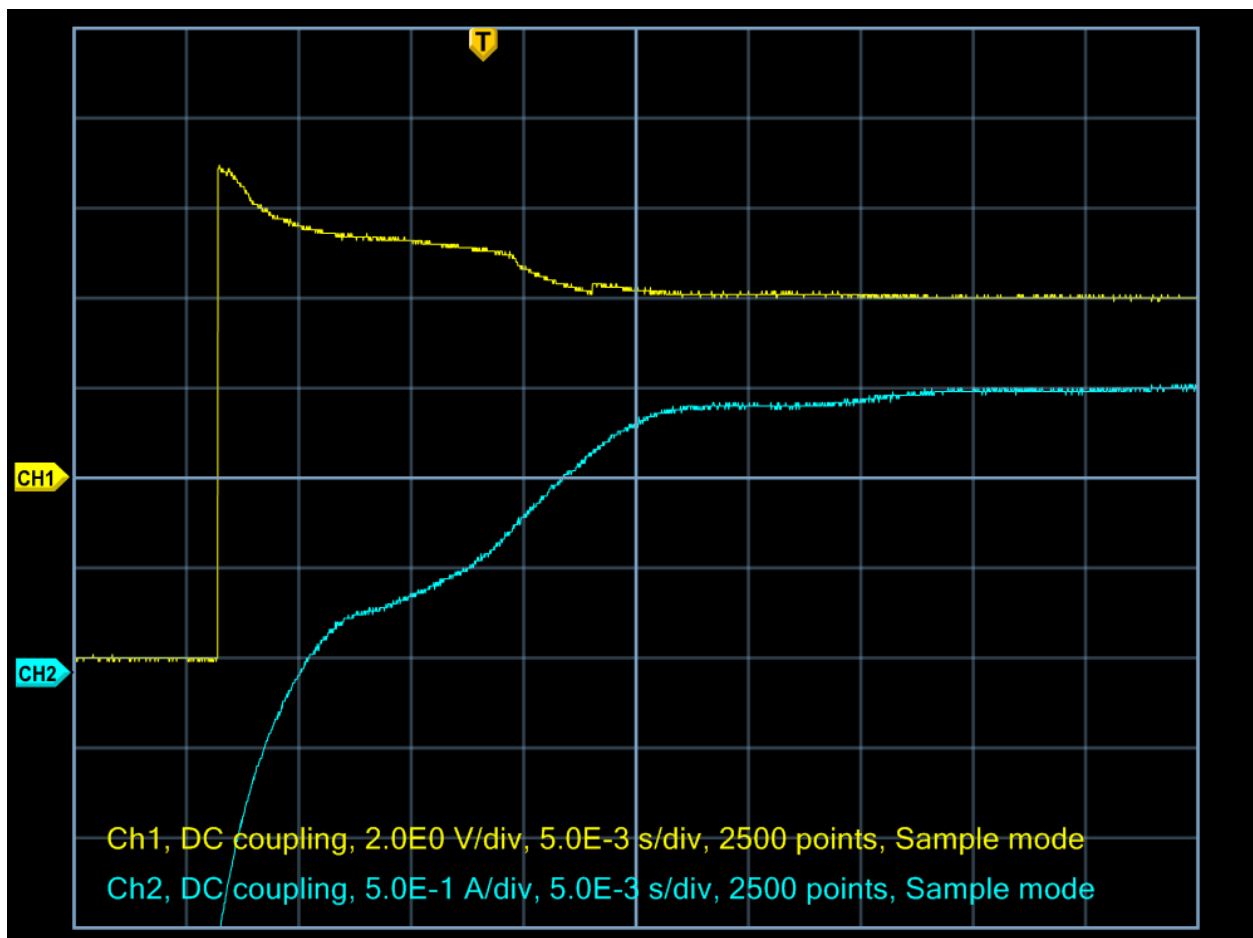


Abbildung 4.1: Stromdelle beim Vollschrift

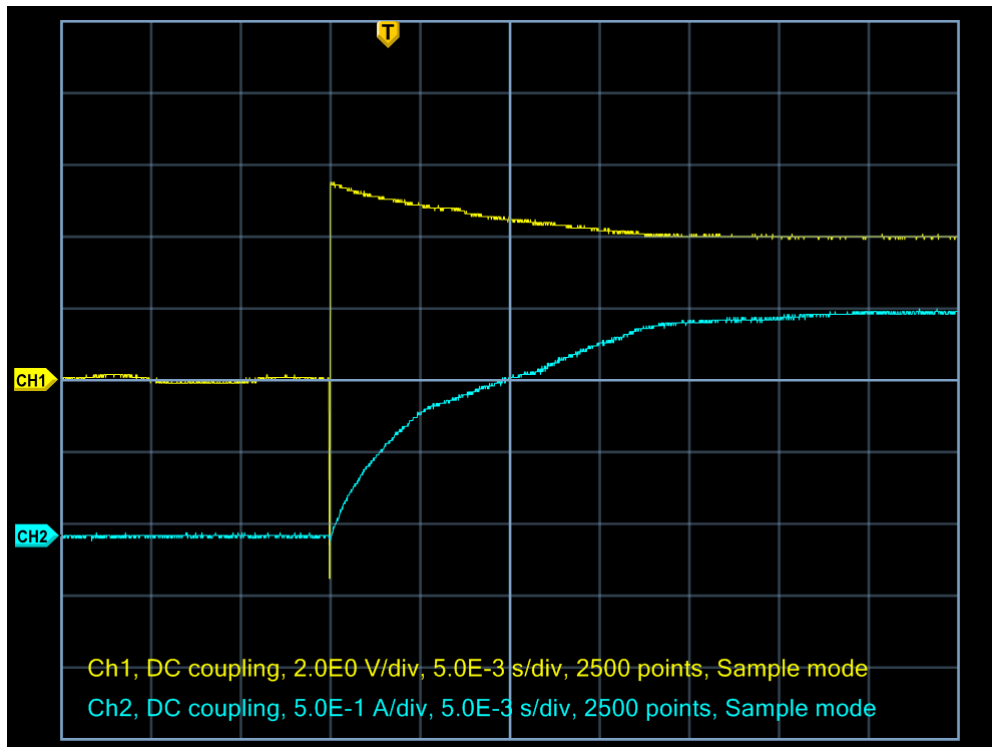


Abbildung 4.2: Stromdelle beim Vollschrift

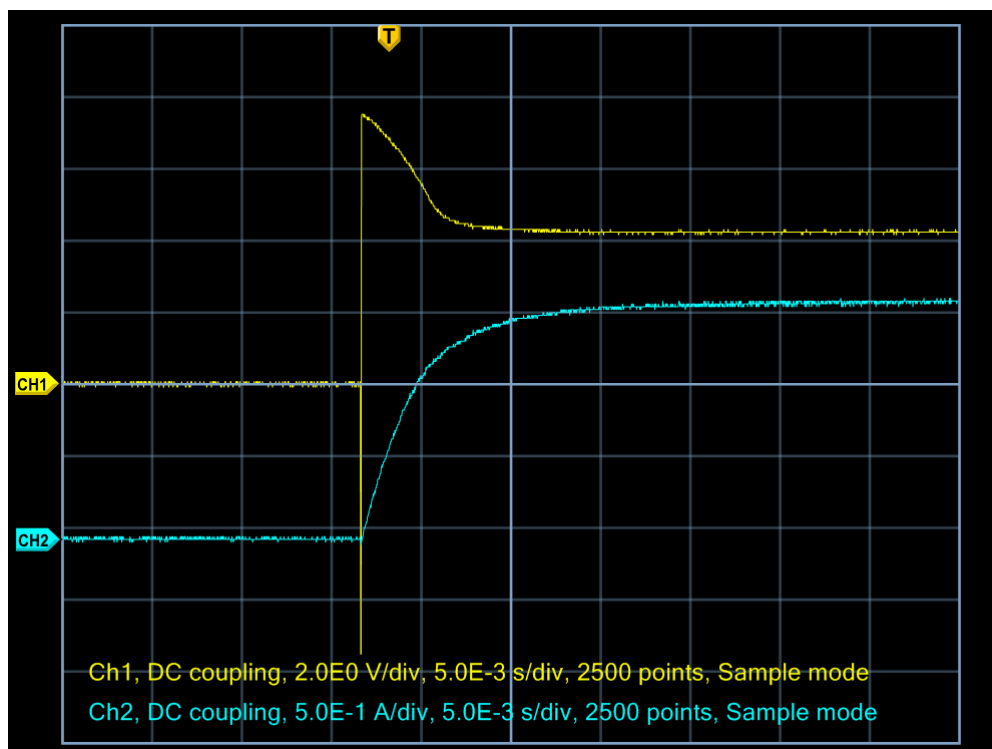


Abbildung 4.3: Stromdelle ausgeglichen durch manuelle Bestromung

## Aufgabe 5

a) Die Formel für den Winkel eines Vollschriffs bzw. eine Halbschriffs sind

$$\alpha_{VS} = \frac{360^\circ}{2Z_P m} \quad (5.1)$$

$$\alpha_{HS} = \frac{360^\circ}{4Z_P m} \quad (5.2)$$

Somit ergibt sich für  $\alpha_{VS} = 90^\circ$  und für  $\alpha_{HS} = 45^\circ$  als Schrittwinkel für die im Skript in Abb. 7.1 dargestellten Schrittmotor.

b) Mit den selben Formeln (5.1) und (5.2) können für den Schrittmotor mit Poolparzahl  $Z_P = 50$  und der Strangzahl  $m = 2$  ebenfalls die Schrittwinkel berechnet werden. Die sind  $\alpha_{VS} = 1.8^\circ$  und für  $\alpha_{HS} = 0.9^\circ$ . Für die Schrittzahl  $S$  pro Umdrehung  $z$  wird folgende Formel verwendet.

$$1 \frac{S}{z} = \frac{360^\circ}{\alpha} \quad (5.3)$$

Für den Vollschrift wird die Formel (5.1) in (5.3) eingesetzt

$$1 \frac{S}{z} = 2 \cdot Z_P m = 200 \frac{S}{z} \quad (5.4)$$

und für den Halbschrift wird die Formel (5.2) in (5.3) eingesetzt

$$1 \frac{S}{z} = 4 \cdot Z_P m = 400 \frac{S}{z} \quad (5.5)$$

c) Im Vollschriftbetrieb muss der Schrittmotor 240 Schritte ausführen um den Schlitten 24mm zu verfahren. Im Halbschriftbetrieb müssen doppelt so viele Schritte ausgeführt werden.

## Aufgabe 6

Die Implementierung der Schrittmotorsteuerung wird mithilfe eines Simulink-Modells als Zustandsautomat realisiert (siehe Abb. 6.1).

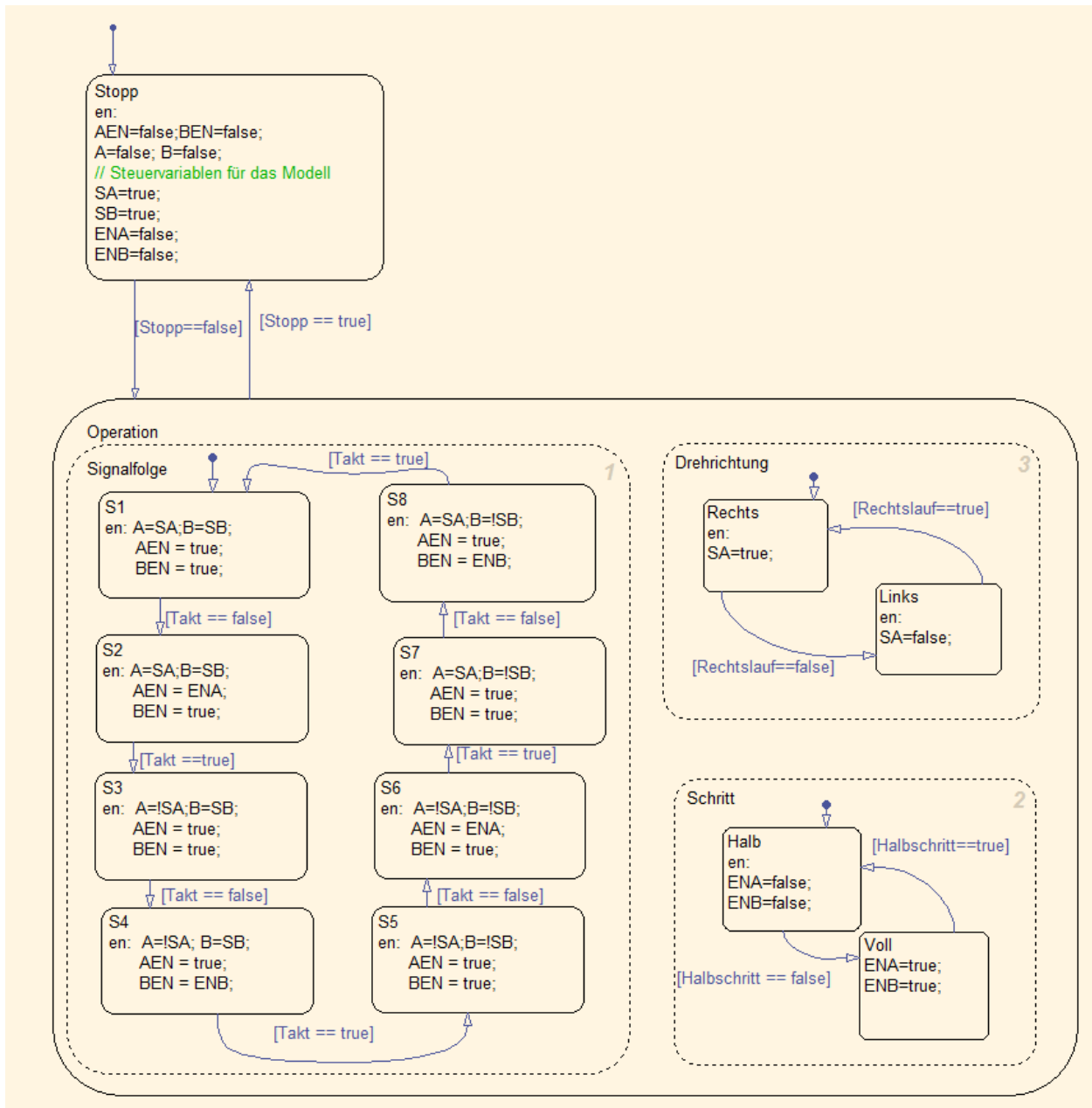


Abbildung 6.1: Zustandsautomat als Simulink-Modell