



Ostfalia Fakultät Fahrzeugtechnik

Laborbericht

Regelungstechnik

SS 2022
Labor 3:

Prüfer:
Jan-Hendrik Aschen, M. Eng

Bearbeitet von:



1 Inhaltsverzeichnis

1	INHALTSVERZEICHNIS	- 2 -
2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	- 3 -
3	TABELLENVERZEICHNIS	- 4 -
4	ERMITTLUNG DES GÜLTIGKEITSBEREICHES DES LINEAREN MODELLS	- 5 -
5	ÜBERTRAGUNGSFUNKTION DES GLEICHSTROMMOTORS	- 6 -
6	BESTIMMUNG DER MODELLPARAMETER ($a, k/b$)	- 6 -
7	ENTWURF EINES PI-REGLERS	- 7 -
7.1	POL/NULLSTELLENKÜRZUNG	- 7 -
7.2	NEUER DOMINANTER POL	- 7 -
7.3	BERECHNUNG VON KP_{neu}	- 7 -
7.4	BERECHNUNG VON KI_{neu}	- 8 -
7.5	BERECHNUNG DER REGLER PARAMETER	- 8 -
7.6	MESSKURVE FÜR DREHZAHL SOLLWERT 2500 RPM	- 9 -
7.7	MESSKURVE MIT SPRUNGFÖRMIGER EINGANGSSTÖRUNG	- 10 -

2 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: MOTORKENNLINIE	- 5 -
ABBILDUNG 2: SPRUNGANTWORT BEI 1,8V	- 6 -
ABBILDUNG 3: SPRUNGANTWORT MIT PI-REGLER	- 9 -
ABBILDUNG 4: SPRUNGANTWORT MIT EINGANGSSTÖRUNG	- 10 -

3 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: GÜLTIGKEITSBEREICH DES LINEAREN MODELLS.....- 5 -

Bearbeitung der Laboraufgaben - Labor 3

4 Ermittlung des Gültigkeitsbereiches des linearen Modells

Im ersten Schritt des Labors haben wir den Gültigkeitsbereich des linearen Modells bestimmt. Dafür haben wir die Drehzahl bei verschiedenen Spannungsniveaus untersucht und in einer Tabelle festgehalten (siehe Tab. 01).

Tabelle 1: Gültigkeitsbereich des linearen Modells

Messnr.	U [V]	V [V]	y(0) [rpm]	Messdauer [sek]	y(10) [rpm]
1	0	0	0	10	0
2	1,4	0	0	10	900
3	1,5	0	0	10	1310
4	1,8	0	0	10	2700
5	2,1	0	0	10	4100
6	2,4	0	0	10	4100
7	2,7	0	0	10	4100
8	3,0	0	0	10	4100

Aus den zuvor gewonnen Messwerten wird eine Motorkennlinie erstellt (siehe Abb. 01).

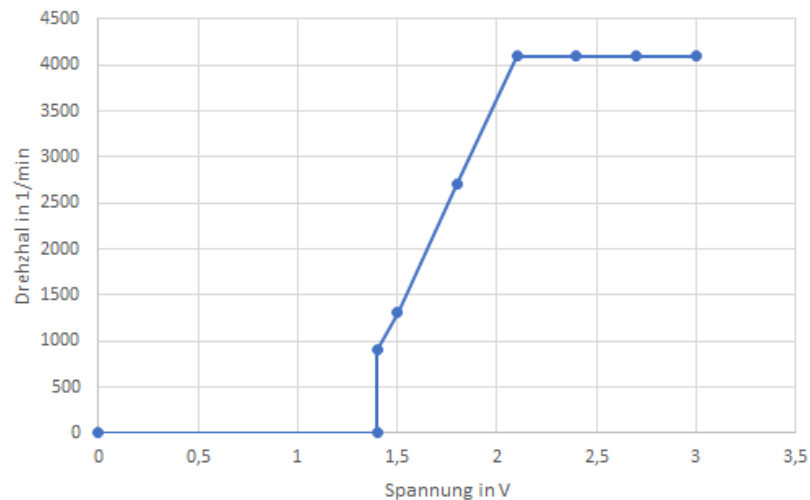


Abbildung 1: Motorkennlinie

Aus Abbildung 01 kann man nun das Fenster ablesen, in dem die Regelstrecke als linear angenommen werden kann:

$$\Delta U = U_{lin,max} - U_{lin,min}$$

$$\Delta U = 2,1V - 1,4V = 0,7V$$

5 Übertragungsfunktion des Gleichstrommotors

Nun wird die Übertragungsfunktion des Gleichstrommotors von u nach y (Ankerspannung nach Drehzahl) ermittelt:

$$G_{uy}(s) = \frac{k}{(s + a) \cdot (s + b)}$$

Mit $|a| \ll b$, a ist der dominante Pol.

6 Bestimmung der Modellparameter ($a, k/b$)

Mit der $t_{5\%}$ -Formel kann der dominante Pol a bestimmt werden:

$$|s_D| = a \approx \frac{3}{t_{5\%}} = 1,36s$$

Mit dem Endwertsatz kann der Faktor k/b bestimmt werden:

$$\lim_{s \rightarrow 0} G_{uy}(s) = \frac{y_{\infty} [rpm]}{\Delta u [Volt]} = \frac{2150}{0,7V} = 3071,43 = \frac{k}{b}$$

Nun kann die Sprungantwort bei $u = 1,8V$ des offenen Regelkreises erzeugt werden:

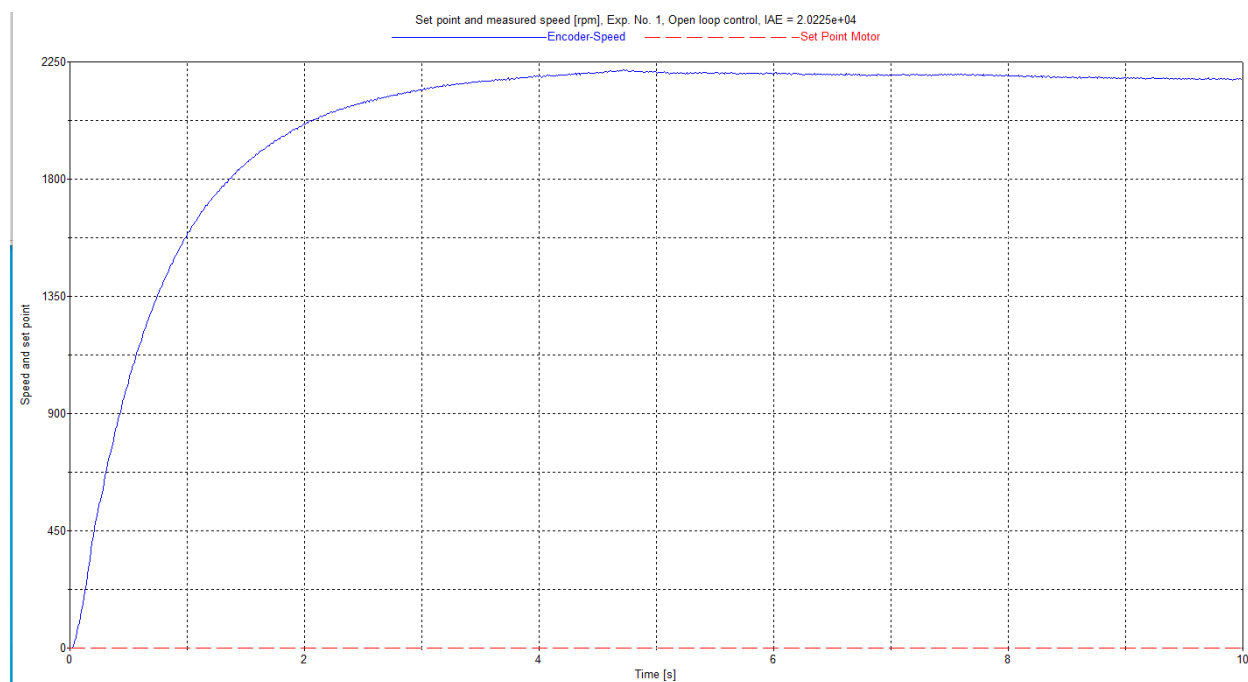


Abbildung 2: Sprungantwort bei 1,8V

Aus der Sprungantwort wird $t_{5\%}$ abgelesen:

$$95\% \text{ von } 2150rpm = 2042,5$$

$$t_{5\%} = 2,2sek$$

7 Entwurf eines PI-Reglers

7.1 Pol/Nullstellenkürzung

Zuallererst wird eine Pol-/Nullstellenkürzung von a mithilfe von K_I und K_P durchgeführt. Im Anschluss wird die neue Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises $G_o(s)$ bestimmt:

$$G_o(s) = \frac{K_p * (s + \frac{K_I}{K_p})}{s} * \frac{K}{(s + a)(s + b)}$$

Mit $a = \frac{K_I}{K_p}$

$$G_o(s) = \frac{K_p * \cancel{(s + a)}}{s} * \frac{K}{\cancel{(s + a)}(s + b)}$$

$$G_o(s) = \frac{K_p * \cancel{(s + a)}}{s} * \frac{K}{\cancel{(s + a)}(s + b)}$$

$$G_o(s) = \frac{K_p * K}{s * (s + b)}$$

7.2 Neuer dominanter Pol

Nun wird der neue Dominante Pol $s_{D,neu} = a_{neu}$ berechnet:

$$t_{5\%} \approx \frac{6}{|a_{neu}|} \approx 6 \text{ sec}$$
$$|a_{neu}| = 1$$

7.3 Berechnung von $K_{P,neu}$

Mit der Gleichung der Polvorgabe wird $K_{P,neu}$ bestimmt:

$$K_{P,neu} = \frac{-1}{GO(s_{neu} = a_{neu}; K_p = 1)}$$

$$K_{P,neu} = - \frac{1}{\frac{K_p * K}{s * (s + b)}}$$

$$K_{P,neu} = - \frac{1}{\frac{1 * K}{-1 * (-1 + b)}}$$

$$K_{P,neu} = - \frac{1}{\frac{K}{-b + 1}}$$

Unter Anwendung von Hinweis 2:

$$\frac{k}{-b+1} \approx -\frac{k}{b}$$

$$-\frac{1}{\frac{k}{b}} = \frac{b}{k}$$

$$\frac{1}{3071,43} = 3,26 * 10^{-4}$$

7.4 Berechnung von $K_{I_{neu}}$

$$K_{I_{neu}} = a_{alt} * K_{p,neu}$$

$$K_{I_{neu}} = 1,36 * 3,26 * 10^{-4}$$

$$K_{I_{neu}} = 4,336 * 10^{-4}$$

7.5 Berechnung der Regler Parameter

Nun werden die Regler Parameter K_r und T_r für die Software SC30 durch den Vergleich der beiden Übertragungsfunktionen berechnet:

$$G_R(s) = \frac{K_r * T_r * \left(b + \frac{1}{T_r}\right)}{s} = \frac{K_P * \left(s + \frac{K_I}{K_P}\right)}{s}$$

$$\frac{K_I}{K_P} = \frac{1}{T_r} \rightarrow T_r = \frac{1}{a}$$

$$\frac{1}{1,36} = 0,74$$

$$K_R = \frac{K_P}{T_R}$$

$$K_R = \frac{3,26 * 10^{-4}}{0,74} = 0,0004405$$



7.6 Messkurve für Drehzahl Sollwert 2500 rpm

Um die Sprungantwort zu erzeugen, werden der Übertragungsfunktion die errechneten Werte von K_r und T_r übergeben. Damit lässt sich die Sprungantwort mit dem ermittelten PI-Regler erzeugen:

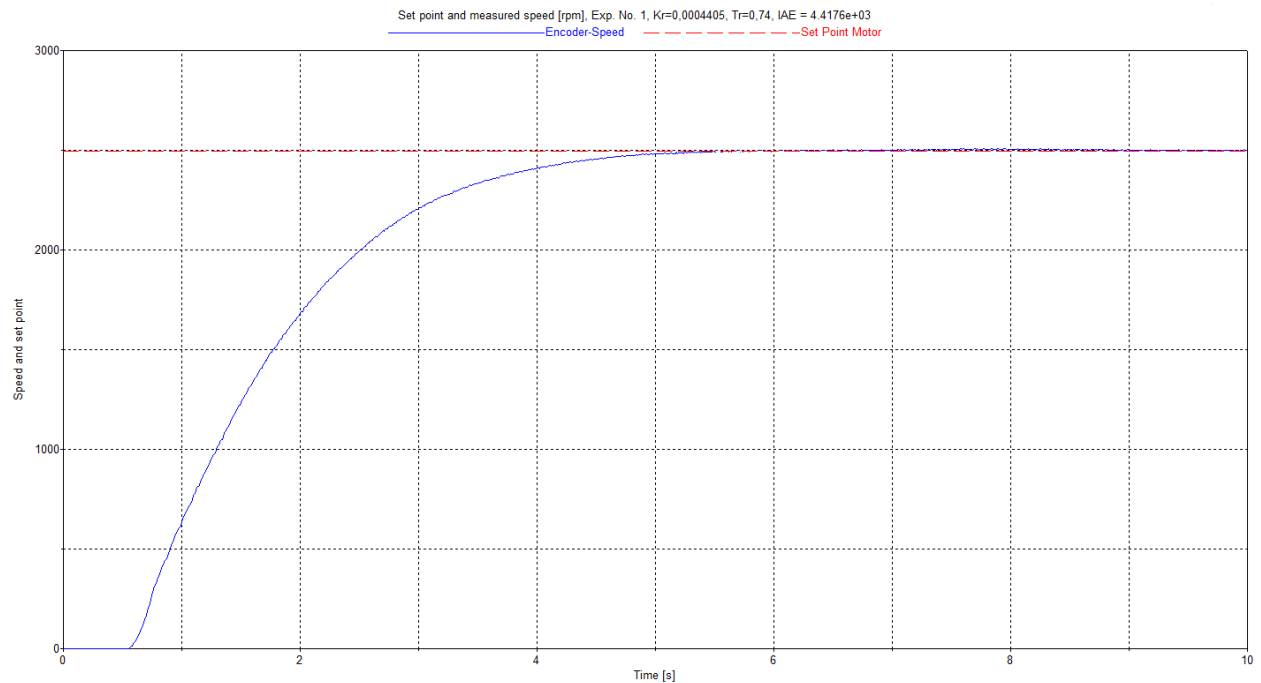


Abbildung 3: Sprungantwort mit PI-Regler

7.7 Messkurve mit Sprungförmiger Eingangsstörung

Zuletzt wird der Sprungantwort händisch eine Eingangsstörung M_L hinzugefügt:

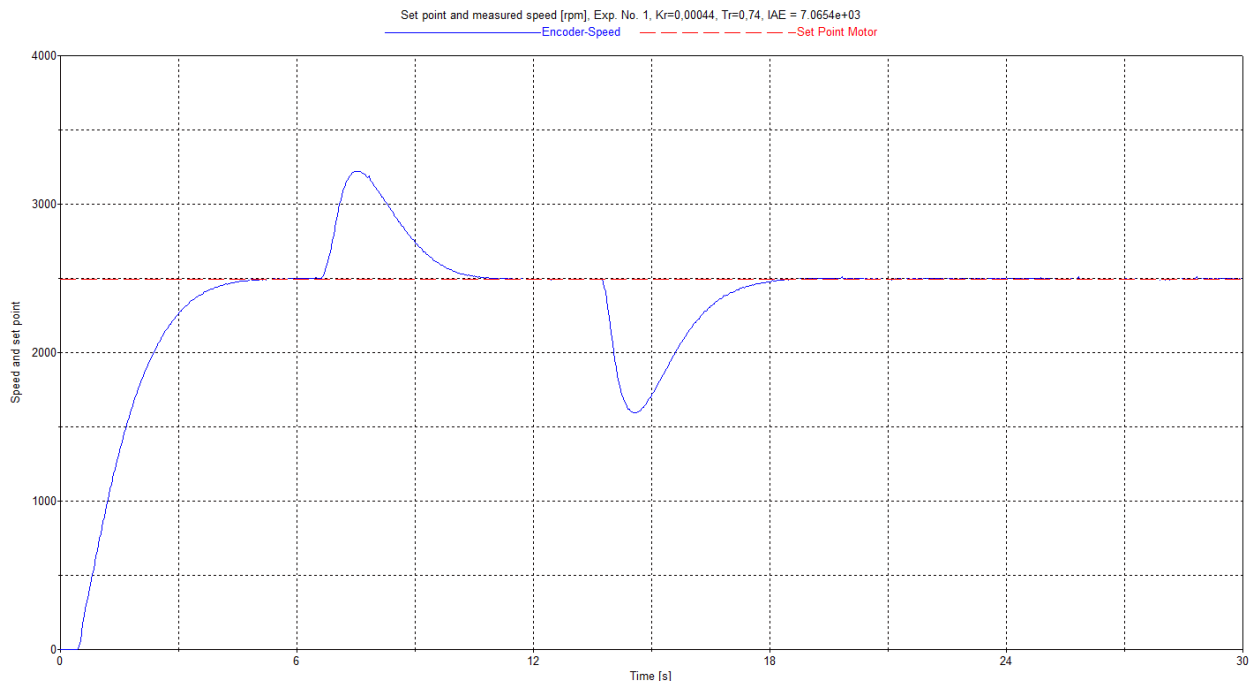


Abbildung 4: Sprungantwort mit Eingangsstörung

Der allgemeine Verlauf wird durch das Hinzuschalten der Eingangsstörung nicht beeinflusst. Diese machen sich lediglich durch die kurzen Ausschläge bemerkbar, die sofort wieder ausgeglichen werden (siehe Abb. 04). Folglich funktioniert der im Verlauf des Labors ermittelte PI-Regler einwandfrei.