

1. Einführung

In diesem Versuch soll ein Reglerentwurf für einen Kaskadenregelkreis bestehend aus der Lageregelung einer Winkelscheibe im äußeren Regelkreis und der Drehzahlregelung des Motors im inneren Regelkreis durchgeführt werden. Zuvor soll die jeweilige Regelstrecke identifiziert werden. Dazu wird die Übertragungsfunktion der Motordrehzahl anhand der Sprungantwort des offenen Regelkreises ermittelt und die der Winkellage aus den gegebenen physikalischen Größen.

Zur Lageregelung von Arbeitsmaschinen und Industrierobotern werden überwiegend Kaskadenstrukturen verwendet. Hier sind entsprechend *Abb. 1* mehrere Regelkreise so miteinander verbunden, dass die Stellgröße des äußeren, überlagerten Regelkreises die Führungsgröße für den inneren, unterlagerten Regelkreis bildet. Vorteile der Kaskadenstruktur sind:

- Störungen können in den inneren Regelkreisen ausgeglet werden, bevor sie sich in den äußeren Regelkreisen auswirken können.
- Der Maximalwert der Regelgrößen der inneren Kreise kann zum Schutz der Antriebssysteme begrenzt werden.
- Die Reglersynthese ist einfach durchzuführen und erfolgt beginnend mit dem inneren Regelkreis.

Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit von Kaskadenregelungen ist, dass der innere Regelkreis schneller agiert als der äußere Regelkreis.⁽¹⁾

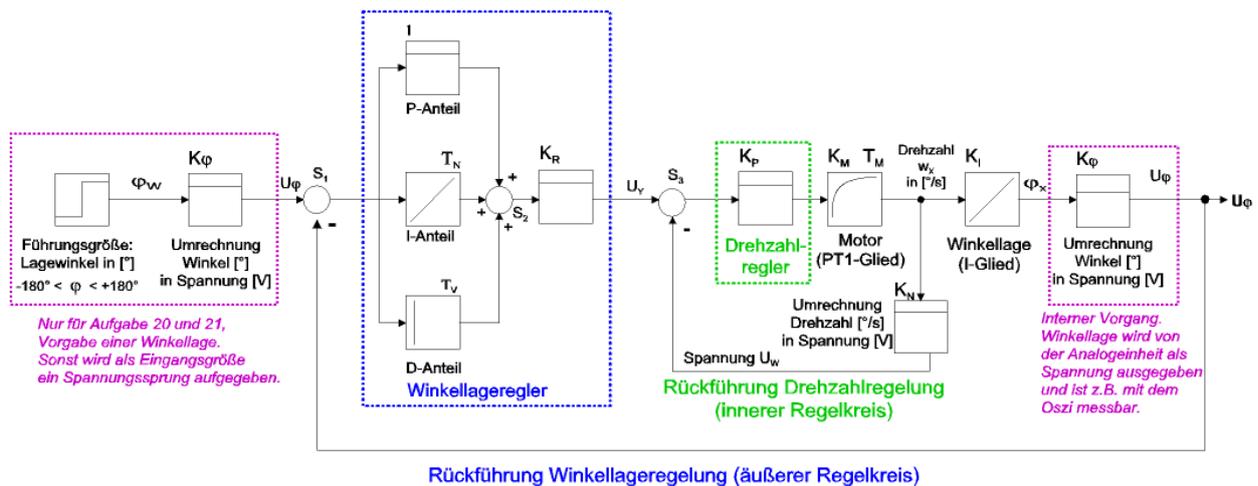


Abb. 1: Signalfussplan des Kaskadenregelkreises mit Drehzahlregelung (innerer RK) und Winkellageregelung (äußerer RK)

Zur Identifikation der Regelstrecke und dem darauffolgenden Reglerentwurf eines Regelkreises mit Kaskadenstruktur ist zu beachten, dass zuerst der innere Regelkreis separat betrachtet werden muss, d.h. der äußere Regelkreis nicht zugeschaltet sein darf. Bevor der Reglerentwurf am äußeren Regelkreis durchgeführt werden kann, muss der Reglerentwurf für den inneren Regelkreis abgeschlossen sein. Für die gesamte Regelstrecke, d.h. den äußeren Regelkreis, wird der geschlossene innere Regelkreis mit Regler betrachtet.

⁽¹⁾ Aus: „Taschenbuch der Regelungstechnik“ (Lutz / Wendt), Verlag Harri Deutsch, 1998

2. Versuchsanordnung

2.1. Versuchsbeschreibung

Die Versuchsanordnung besteht im vorliegenden Versuch aus einer mechanischen Einheit und einer Analogeneinheit, die über ein Datenkabel miteinander verbunden sind. Eine separate Reglereinheit kann je nach Bedarf an die Analogeneinheit angeschlossen werden.

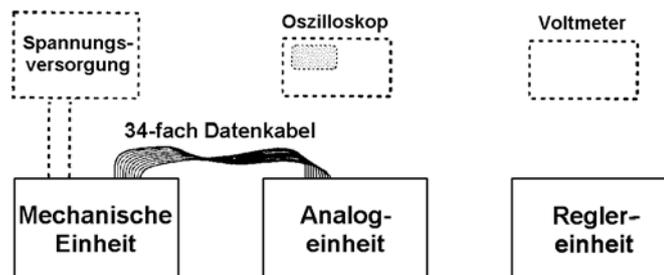


Abb. 2: Schematischer Versuchsaufbau

2.1.1. Mechanische Einheit

Die mechanische Einheit enthält einen Leistungsverstärker um den Motor mit einer analogen oder einer zugeschalteten Eingangsgröße antreiben zu können. Auf der Motorwelle (links in *Abb. 3*) sitzen außerdem eine magnetische Bremscheibe, sowie ein analoger Geschwindigkeitsumwandler (Tachogenerator). Eine zweiphasige Pulsreihe für die digitale Geschwindigkeits- und Richtungsbestimmung kann zusätzlich aus den Markern auf der Bremscheibe ausgelesen werden.

Der Motor treibt die Ausgangsachse mit der Winkelscheibe (rechts in *Abb. 3*) mit einer 32:1-Reduktion über Riemen an. Die Winkelscheibe ist ausgestattet mit analogen (Potentiometer) und digitalen (64-facher Graucode) Winkelumsetzern.

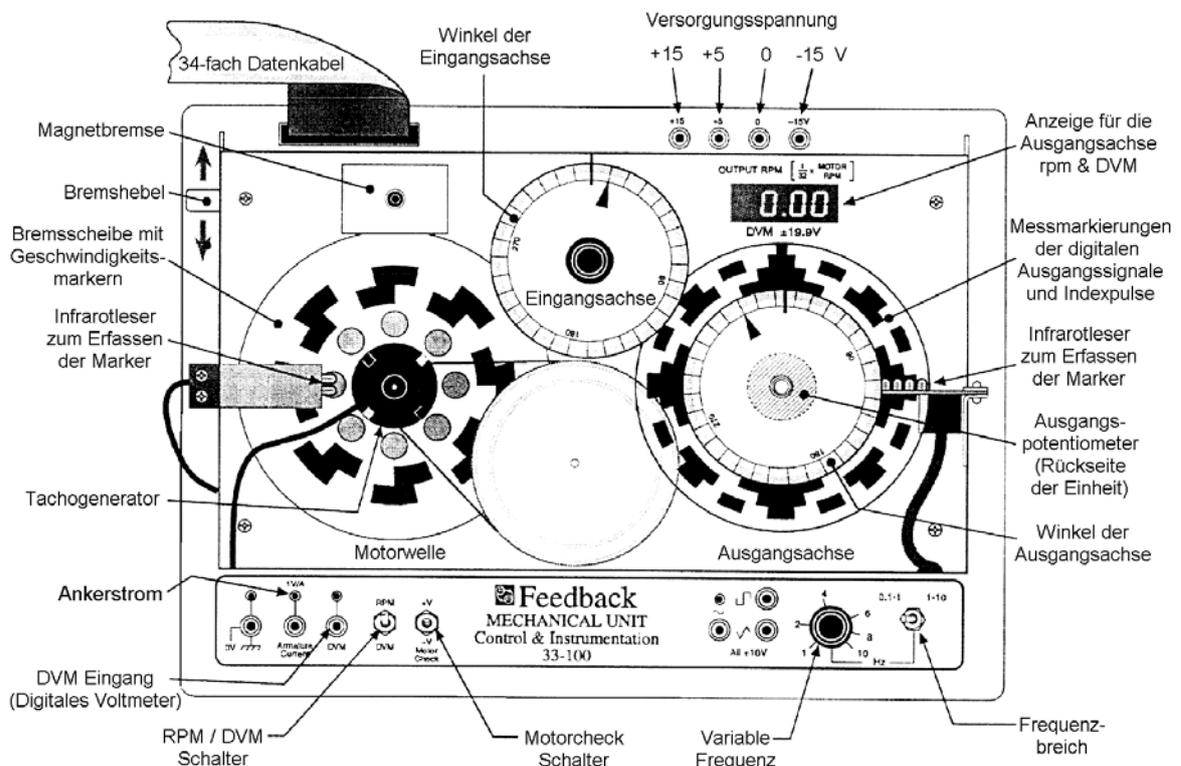


Abb. 3: Mechanische Einheit

Die mechanische Einheit enthält zusätzlich noch einen einfachen Signalgenerator um niederfrequente Testsignale, Sinus-, Rechtecks- und Dreieckswellen zur Verfügung stellen zu können.

2.1.2. Analogeinheit

Die Analogeinheit ist mit der mechanischen Einheit über ein 34-faches Datenkabel verbunden, das die Spannungsversorgung und alle Signale, die für die Arbeit mit der Analogeinheit benötigt werden überträgt. Die ursprüngliche Versuchsanordnung der Fa. Feedback wurde für diesen Versuch modifiziert und den Anforderungen angepasst (siehe Abb. 4).

Insgesamt besteht die Analogeinheit aus drei Teilen:

- **Führungssignale:**
Als Führungssignal kann eine Winkellage vorgegeben werden über die Eingangsachse (siehe Abb. 3, Mitte), oder aber ein Sprungsignal im Bereich von 0 ... 10V über einen Schalter aufgegeben werden. Im vorliegenden Versuch wird vorwiegend mit einem Sprung von 3V gearbeitet.
- **Regelstrecke:**
Über den Eingang des Verstärkers wird entweder der Führungssprung direkt Aufgeschaltet oder die Rückkopplung des Regelkreises zum Motor der mechanischen Einheit hergestellt. Die Buchse am Verstärker entspricht damit dem Eingang des Motor-Blocks (PT1) aus Abb. 1.
- **Regelgrößen:**
Als Regelgrößen werden die Drehzahl über einen Tacho (Aufgaben zu 4.1) und/oder die Winkellage über den Riemenantrieb mit der Übersetzung 1:32 (Aufgaben zu 4.2 und 4.3) von der mechanischen Einheit übernommen. Dabei ist auf das Vorzeichen der Regelgröße zu achten. Für die jeweils negative Rückführung im geschlossenen Regelkreis ist der Ausgang nach der Negierung zu wählen.

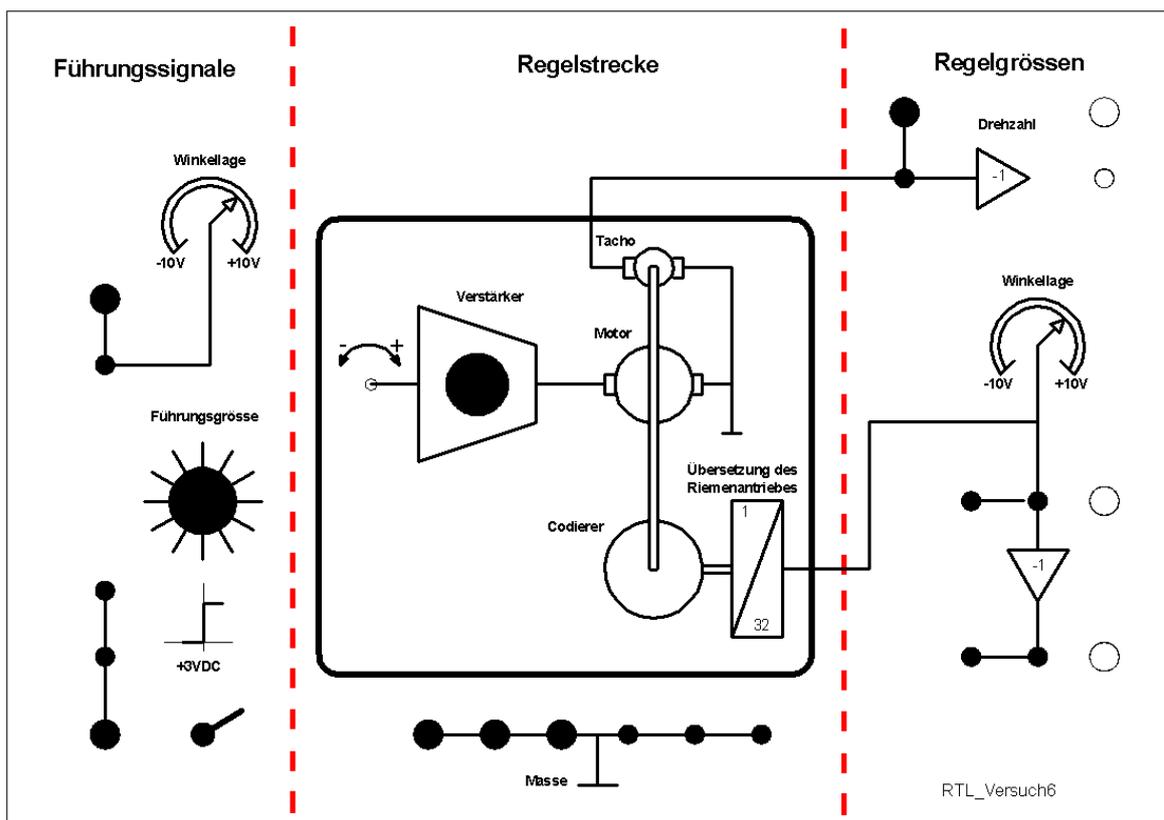


Abb. 4: Versuchsanordnung der Analogeinheit

Zusammen mit einer separaten Reglereinheit (siehe Abb. 5 und Abb. 6) bietet die modifizierte Analogeinheit verschiedenen Schaltungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Reglerkombinationen, wie sie in Abb. 1 dargestellt werden.

Als einfacher Regelkreis steht die Drehzahlregelung mit einem P-Regler zur Verfügung. Der Kaskadenregelkreis besteht aus der Drehzahlregelung als innerem Regelkreis und der Lageregelung mit allen möglichen Kombinationen aus P-, I-, und D-Reglern als äußerem Regelkreis.

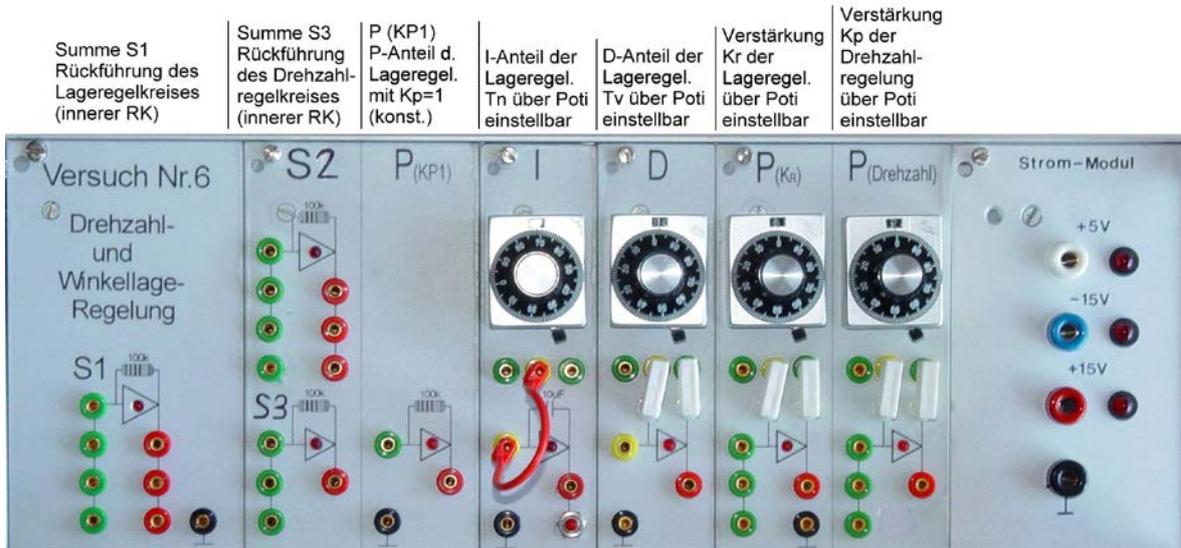


Abb. 5: Aufbau der Reglereinheit (ACHTUNG: Erdungskabel zur Analogeinheit unbedingt nötig!)

P-Regler: grüne Buchsen sind Eingänge, die addierend verbunden sind, rote Buchsen sind Ausgänge.
Die Summen S1 - S3 sind ebenfalls P-Regler, aber mit der Verstärkung $K_P = 1$

D-Regler: gelbe Buchse ist der Eingang (direkt auf Kondensator, vgl. Abb. 6), rote Buchse der Ausgang.

I-Regler: grüne Buchse links unterhalb des Potis ist der Eingang (vgl. Abb. 6), rote Buchse der Ausgang.

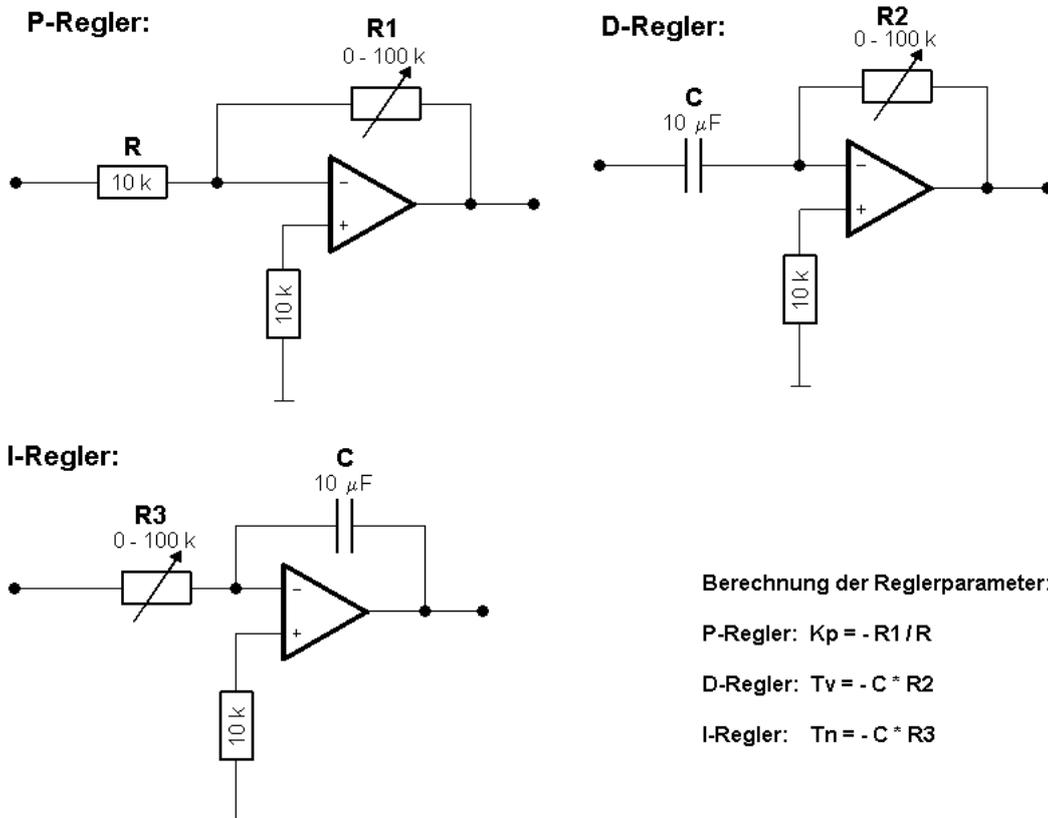


Abb. 6: Schaltbilder der einzelnen Reglerkomponenten, P-, D-, und I-Anteil

Achtung: Die verwendeten Operationsverstärker invertieren die Vorzeichen der Eingangssignale. Deshalb ist darauf zu achten, dass die Regler, sowie die Regelkreise entsprechend der Schaltung in Abb. 1 in Reihe geschaltet werden und die Summen S₁, S₂ und S₃ wie vorgegeben verwendet werden.

	Versuch Nr. 2	30.09.2019	 HOCHSCHULE RAVENSBURG-WEINGARTEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Labor Regelungstechnik	Drehzahl- und Winkellage-Regelung		

3. Theoretische Voruntersuchungen

Folgende Übertragungsfunktionen sind gegeben:

Motorübertragungsfunktion (PT1-Glied): $G_M(s) = \frac{K_M}{1 + sT_M}$ mit $T_M = 0.6 \text{ s}$ und

bei einer Eingangsspannung von 3 V: $K'_M = 1080 \frac{\text{rpm}}{3 \text{ V}} = 6480 \frac{\text{°/s}}{3 \text{ V}}$ (2)

Normierung auf eine Eingangsspannung von 1 V durch Division mit 3 V bei vereinfachender Annahme eines linearen und verlustfreien Verlaufs der Ausgangsgröße Drehzahl zur angelegten Spannung

Normiertes K_M : $K_M = 2160 \frac{\text{°/s}}{\text{V}}$

Umrechnung der Drehzahl [°/s] in Spannung [V]: $G_N(s) = K_N$
mit $K_N = \frac{1}{K_M} = 0.000463 \frac{\text{V}}{\text{°/s}}$ (3)

Umrechnung des Winkels [°] in Spannung [V]: $G_{Phi}(s) = K_{Phi}$ mit $K_{Phi} = \frac{10 \text{ V}}{180 \text{°}} = 0.0556 \frac{\text{V}}{\text{°}}$

Winkellage a. d. Übersetzung des Motors von 1:32: $G_{WL}(s) = \frac{K_{WL}}{s}$ mit $K_{WL} = \frac{1}{32} = 0.03125$

Aufgabe 1: Zunächst soll die Drehzahlregelung (innerer Regelkreis) optimiert werden. Dimensionieren Sie K_P des P-Reglers so, dass die Einschwingzeit des geschlossenen Kreises nur noch ein Drittel der Einschwingzeit der Regelstrecke beträgt.

Die Einschwingzeit des geschlossenen Kreises lässt sich aus der Führungsübertragungsfunktion $G_{Drehzahl}$ herauslesen, wenn diese auf die Form eines PT1-Glieds gebracht wird:

$$G_{Drehzahl} = \frac{K_{Drehzahl}}{1 + s \cdot T_{Drehzahl}} \quad \text{mit:} \quad T_{Drehzahl} = \frac{1}{3} \cdot T_M$$

Aufgabe 2: Ist der Drehzahlregelkreis stationär genau? Bitte Antwort begründen durch Berechnung der Regelabweichung anhand des Endwertsatzes:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \{s \cdot H(s)\} = \lim_{s \rightarrow 0} \{G_{Drehzahl}(s)\}$$

Aufgabe 3: Nun setzen Sie auch für die Winkellageregelung (äußerer Regelkreis) einen P-Regler ein und dimensionieren Sie diesen mit Hilfe des Frequenzlinienverfahrens (BODE-Diagramm mit MATLAB) rechnerisch für eine Phasenreserve von 60°. Stellen Sie das Ergebnis bitte auch grafisch dar.

Aufgabe 4: Ist der Winkellage-Regelkreis mit P-Regler stationär genau? Bitte Antwort wieder unter Verwendung des Endwertsatzes aus Aufgabe 2 rechnerisch begründen.

Aufgabe 5: Im äußeren Regelkreis soll nun ein PD-Regler mit $G_R = K_R \cdot (1 + s \cdot T_V)$ eingesetzt werden. Kompensieren Sie die Streckenzeitkonstante und berechnen Sie mit MATLAB die Wurzelortskurve (WOK). Was können Sie anhand der WOK bezüglich Schwingneigung und Stabilität des Regelkreises mit PD-Regler feststellen?
ACHTUNG: Skalieren Sie die imaginäre Achse der WOK auf einen Bereich von -1 bis +1, um Fehler in der Darstellung aufgrund von Rechenungenauigkeiten zu vermeiden.

(2) ACHTUNG: Die Motordrehzahl muss von [rpm], also Umdrehungen/min. umgerechnet werden in [°/s], also Winkelgrad pro Sek.!

(3) Die vom Tacho ausgegebene Spannung der Ausgangsdrehzahl entspricht in etwa dem Wert der Eingangsspannung. Deshalb wird durch den Betrag der Drehzahl (K_M) geteilt, um auf eine der Ausgangsdrehzahl proportionale Spannung zu kommen.

	Versuch Nr. 2	30.09.2019	 HOCHSCHULE RAVENSBURG-WEINGARTEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Labor Regelungstechnik	Drehzahl- und Winkellage-Regelung		

Aufgabe 6: Ist der Winkellage-Regelkreis mit PD-Regler stationär genau? Bitte Antwort begründen.

Aufgabe 7: Ist der Einsatz eines PID-Reglers sinnvoll? Bitte mit Begründung.

Aufgabe 8: Berechnen Sie nun für den äußeren Regelkreis einen PID-Regler mit:

$$G_R = K_R \cdot \left(1 + s \cdot T_V + \frac{1}{s \cdot T_N} \right) = \frac{K_R}{s \cdot T_N} \cdot (1 + s \cdot T_{R1}) \cdot (1 + s \cdot T_{R2}).$$

Kompensieren Sie die Streckenzeitkonstante des Lageregelkreises mit T_{R1} und wählen Sie $T_{R1} = T_{R2}$. Berechnen Sie mit Hilfe des `rltool`⁽⁴⁾ unter MATLAB eine Verstärkung K_R für eine Dämpfung von $D = \cos \alpha = 0.707$, d.h. die Pole sollen auf der Winkelhalbierenden des II. Quadranten liegen.

Aufgabe 9: Stellen Sie die WOK des Winkellageregelkreis mit PID-Regler bitte auch grafisch dar. Was können Sie bezüglich Schwingneigung und Stabilität des Regelkreises feststellen? Wie wird sich der Regelkreis bei kleinen, wie bei größeren Werten von K_R verhalten? Verifizieren Sie Ihre Aussage anhand der Sprungantworten (`step`) des geschlossenen Winkellagekreises mit PID-Regler (`feedback`) für $K_R = 0.01, 1, 10, 20, 40$ und 60 .

Aufgabe 10: Vergleichen Sie zum Abschluss alle drei Reglertypen. Welcher Regler erscheint Ihnen am besten geeignet für eine schnelle und stabile Regelung? Bitte mit Begründung.

4. Experimentelle Untersuchungen

Die Eingangsspannung soll während der Versuche zu den Aufgabe 11 bis Aufgabe 19 konstant auf 3 V eingestellt werden. Bitte kontrollieren Sie vor jedem Versuch die Eingangsspannung. Beschreiben Sie jeweils kurz die Ergebnisse und begründen Sie Ihre Aussagen.

4.1. Inbetriebnahme der Drehzahlregelung

Aufgabe 11: **Oszilloskop: x-Achse: 250 ms/Div., y-Achse (CH1/CH2): 500 mV/Div. (Setup 1).** Nehmen Sie den Drehzahlverlauf des Motors als Antwort auf einen sprungförmigen Verlauf der Eingangsspannung auf (offener Regelkreis). Ablesen des Drehzahlendwerts bitte nicht vergessen.

Aufgabe 12: Ermitteln Sie aus der Sprungantwort auf grafischem Weg die Parameter der Übertragungsfunktion unter der Voraussetzung, dass es sich um ein PT1-Verhalten handelt. Der Verstärkungsfaktor des Motors soll dabei wie bei den Vorbereitungsaufgaben auf 1 V normiert werden.

Aufgabe 13: Nehmen Sie den inneren Regelkreis, also die Drehzahlregelung, gem. Abb. 1 in Betrieb. Setzen Sie dazu einen P-Regler ein. Stellen Sie zunächst den in Aufgabe 1 ermittelten Verstärkungsfaktor K_P ein und nehmen Sie die Führungssprungantwort des geschlossenen Drehzahl-Regelkreises auf. Das Ablesen des Drehzahlendwerts bitte nicht vergessen.

Aufgabe 14: Nehmen Sie die Führungssprungantworten des geschlossenen Drehzahl-Regelkreises mit P-Regler für die folgenden Werte $K_P = 1, 4, 6, 8, 10$ auf und vergleichen Sie die Ergebnisse, inklusive der Drehzahlendwerte, untereinander. Welcher K_P -Wert ist am optimalsten?

⁽⁴⁾ Siehe Skript „Einführung in das Programm MATLAB / SIMULINK“, Kap. 8.3, „SISO Design Tool“ zur Reglerbestimmung mittels Wurzelortskurve - `rltool`“

	Versuch Nr. 2	30.09.2019	 HOCHSCHULE RAVENSBURG-WEINGARTEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Labor Regelungstechnik	Drehzahl- und Winkellage-Regelung		

4.2. Inbetriebnahme der Lageregelung

Aufgabe 15: Oszilloskop: x-Achse: 250 ms/Div., y-Achse (CH1/CH2): 1.00 V/Div. (Setup 2).

Nehmen Sie nun zusätzlich den äußeren Regelkreis, also die Winkellage-Regelung, gem. Abb. 1, in Betrieb. Im geschlossenen Drehzahlregelkreis wird dazu der P-Regler mit $K_p=2$ verwendet. Setzen Sie im Winkellage-Regelkreis zunächst den P-Regler aus Aufgabe 3 ein und nehmen Sie die Führungssprungantwort des geschlossenen kaskadierten Lage-Regelkreises auf. Messen Sie zuerst die Drehzahl, dann die Winkellage. Vergleichen Sie das Ergebnis mit den theoretischen Voruntersuchungen aus Aufgabe 3.

Aufgabe 16: Nehmen Sie die Führungssprungantworten (nur Winkellage) des geschlossenen Winkellage-Regelkreises mit P-Regler für die folgenden Werte $K_R = 2, 4, 6, 8, 10$ auf und vergleichen Sie die Ergebnisse.

Aufgabe 17: Es soll nun ein PD-Regler mit $G_R = K_R \cdot (1 + s \cdot T_V)$ eingesetzt werden. Kompensieren Sie die Streckenzeitkonstante und messen Sie die Führungssprungantworten für die folgenden Werte $K_R = 2, 4, 6, 8, 10$. Was können Sie anhand der Ergebnisse feststellen? Stimmen die Messungen mit den theoretischen Überlegungen aus Aufgabe 5 überein?

Aufgabe 18: Geben Sie nun ein $K_R = 6$ vor und verändern Sie T_V ($T_V = 0.05$ und $T_V = 0.40$). Nehmen Sie jeweils die Führungssprungantwort auf und erklären Sie das Resultat.

Aufgabe 19: Oszilloskop: x-Achse: 1 s/Div., y-Achse (CH1/CH2): 1.00 V/Div. (Setup 3).

Setzen Sie jetzt einen PID-Regler ein mit:

$$G_R = K_R \cdot \left(1 + s \cdot T_V + \frac{1}{s \cdot T_N} \right) = \frac{K_R}{s \cdot T_N} \cdot (1 + s \cdot T_{R1}) \cdot (1 + s \cdot T_{R2}).$$

Kompensieren Sie die Streckenzeitkonstante mit T_{R1} und wählen Sie $T_{R1} = T_{R2}$. Welche Werte sind für T_V und T_N einzustellen (Koeffizientenvergleich)? Nehmen Sie die Führungssprungantwort auf. Setzen Sie folgende Verstärkungswerte $K_R = 0.8, 1, 2, 4, 6, 8, 10$ ein. Bitte erklären Sie das Ergebnis. Stimmen die Messungen mit Ihren Erwartungen aus den theoretischen Voruntersuchungen überein?

4.3. Vorgabe einer Winkellage

Aufgabe 20: Oszilloskop: x-Achse: 500 ms/Div., y-Achse (CH1/CH2): 5.00 V/Div. (Setup 4).

Stellen Sie den aus Ihrer Sicht besten PD-Regler ein und wechseln Sie nun das Führungssignal auf Eingabe einer Winkellage (oben links in Abb. 4). Testen Sie das Verhalten des optimierten Reglers wenn Sie an der Eingangsachse (Mitte oben in Abb. 3) drehen. Folgt die Ausgangsachse schnell genug? Drücken Sie am Oszi auf die „Run/Stop“-Taste, um das Bild aufzunehmen. Reagiert der Regelkreis schnell genug? Schwingt das System?

Aufgabe 21: Setzen Sie nun den am besten geeigneten PID-Regler ein, übernehmen Sie die Werte für T_V und T_N aus Aufgabe 19.

- Drehen Sie nun langsam an der Eingangsachse in beide Richtungen und stoppen Sie die Anzeige des Oszilloskops wieder im geeigneten Moment mit der „Run/Stop“-Taste. Nehmen Sie die Messwerte wieder auf. Wie beurteilen Sie das Verhalten des Regelkreises im Vergleich zu den Ergebnissen mit PD-Regler aus Aufgabe 20?
- Drehen Sie nun sehr schnell an der Eingangsachse in beide Richtungen. Versuchen Sie durch ruckartige Drehbewegungen das System ins Schwingen zu bekommen, d.h. die Ausgangsachse folgt nicht mehr der Eingangsachse, sondern dreht gleichmäßig. Wie können Sie sich dieses Verhalten erklären? Bitte begründen Sie Ihre Aussage auch mit Bezug auf die theoretischen Vorbereitungsaufgaben.

5. Messwernerfassung und Auswertung der Ergebnisse

Die Eingangs- und Ausgangsgrößen können über ein digitales Oszilloskop, ein Tektronix TDS 1012, visualisiert werden. Bei Aufschaltung einer Sprungfunktion auf das System kann mit Hilfe der Triggerfunktion „Flanke: positiv“, „Modus: Normal“, getriggert auf Kanal 1 (CH1), der Sprung und die Sprungantwort bzw. die Führungsübertragungsfunktion aufgenommen werden.

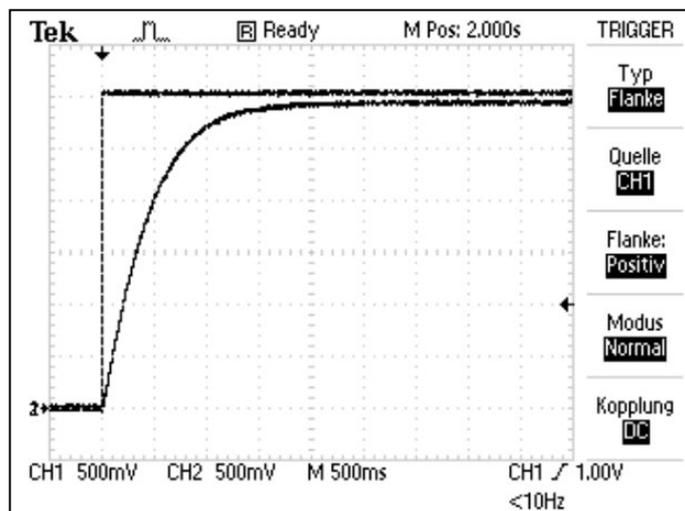


Abb. 7: Einstellungen des Oszilloskops zur Aufnahme der Sprungantwort aus Aufgabe 8

Da das Oszi über die serielle Schnittstelle mit dem PC verbunden ist, können die Daten mit Hilfe der Tektronix Toolbox in Excel eingelesen und ausgewertet werden. Leider läuft die Tektronix Software nicht sehr zuverlässig. Das zum Oszi gehörige Programm *OpenChoice Desktop* wird deshalb nicht mehr verwendet, da es regelmäßig und unvermittelt abstürzt. Die Excel Toolbox funktioniert ansonsten recht gut, **regelmäßiges Abspeichern der Daten** ist aber in jedem Fall empfohlen.

Für die Auswertung der Messdaten wurden für diesen Versuch spezielle Excel-Dateien vorbereitet, „*Versuch6-1_Ergebnisse_Vorlage.XLS*“ bzw. „*Versuch6-2_Ergebnisse_Vorlage.XLS*“. Die jeweilige Vorlage ist von jeder Gruppe unter geändertem Dateinamen abzuspeichern. In dieser Vorlage sind bereits für alle Aufgaben Tabellen und Diagramme vorbereitet, die die Auswertung der Messdaten erleichtern sollen. Zu Beginn muss jedoch das Oszi erst initialisiert werden (vgl. Abb. 8).

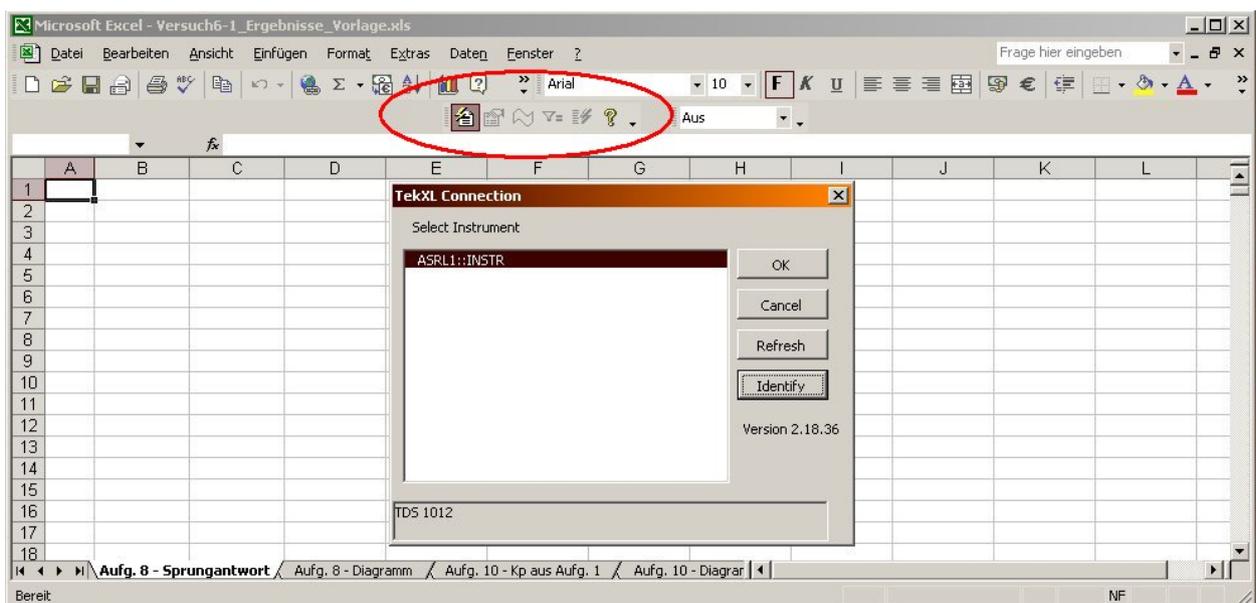


Abb. 8: Initialisierung des Tektronix Oszilloskops. Mit dem ersten Icon der Tektronix Toolbox (siehe Markierung) wird das Initialisierungsfenster geöffnet. Mit „Identify“ wird das Oszi erkannt, mit „OK“ wird die Initialisierung bestätigt.

Das Oszi darf nach dem Booten des PCs nur einmal initialisiert werden, bei jedem weiteren Versuch stürzt das Programm komplett ab (*Excel* oder *Tektronix OpenChoice*) und der PC muss neu gebootet werden.

Wichtig ist, dass immer die leere Tabelle der entsprechenden Aufgabe zu sehen ist, bevor die Daten eingelesen werden können (vgl. *Abb. 9*).

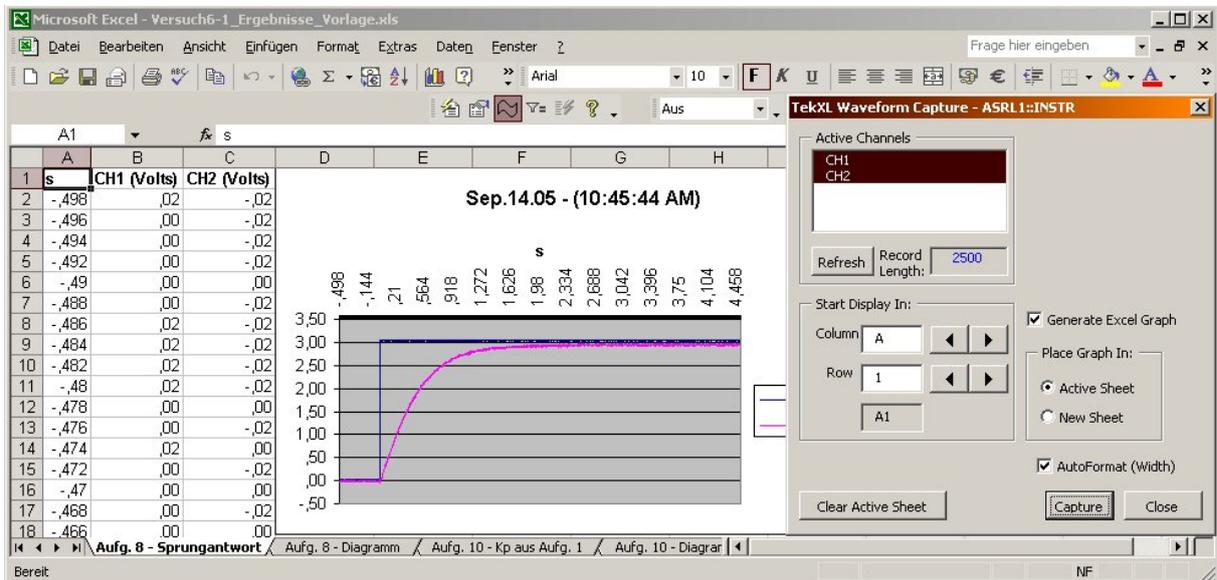


Abb. 9: Einlesen der Daten vom Oszi mit Hilfe des dritten Icons der Tektronix Toolbox, „TekXL Waveform Capture“.

Bitte markieren Sie immer „CH1“ und „CH2“, damit jeweils Eingangs- und Ausgangsgröße übertragen werden. Da die serielle Schnittstelle recht langsam ist, dauert es ein paar Sekunden, bis beide Kanäle übermittelt wurden und die Grafik angezeigt wird. Erst dann dürfen Sie das Fenster mit „Close“ schließen.

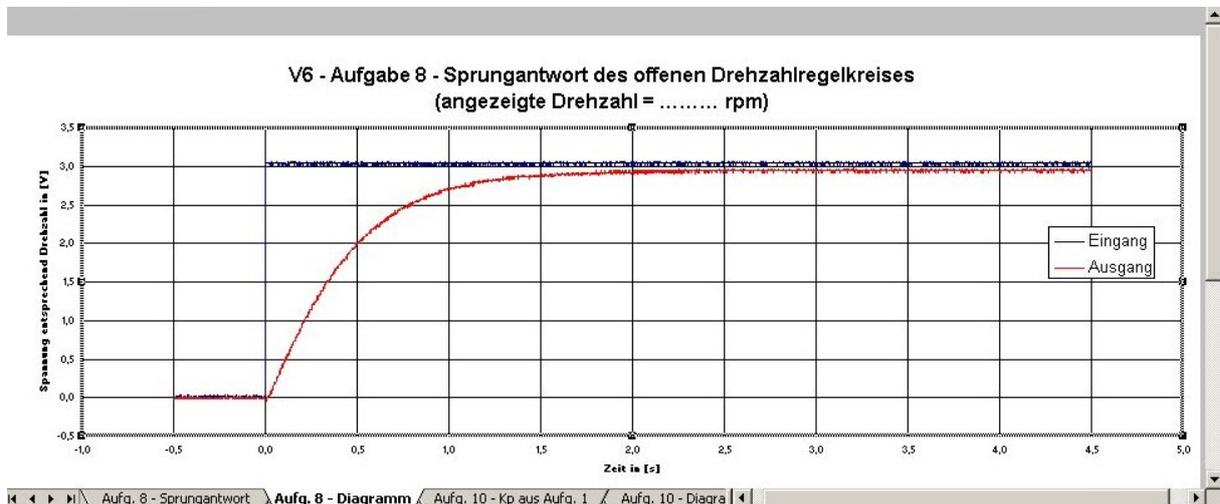


Abb. 10: Aufbereitete Messwerte der Sprungantwort des offenen Drehzahlregelkreises zu Aufgabe 8. Die angezeigte Drehzahl kann manuell eingetragen werden.

Im jeweils zu der entsprechenden Aufgabe gehörigen Diagramm (vgl. *Abb. 9*) werden die Daten bereits druckfertig aufbereitet dargestellt. Wenn Sie einen Fehler bei der Datenerfassung gemacht haben, löschen Sie den Inhalt der Tabelle - NICHT des Diagramms – und nehmen Sie die Messwerte erneut auf.

Für *Aufgabe 19* und *Aufgabe 20* aus *Abschnitt 4.3* (Vorgabe einer Winkellage) muss die Triggerfunktion deaktiviert werden, d.h. „Modus: Auto“. Außerdem sollte die Nullposition beider Kanäle in der Mitte liegen und die Y-Einteilung [Volts / Division] so verändert werden, dass die Spannung von -10 bis +10 Volt auf dem Oszi angezeigt wird, wenn nun an der Eingangsachse gedreht wird. Zum Aufnehmen der Messwerte die „Run / Stop“-Taste drücken, so dass das eingefrorene Bild an den PC übertragen werden kann.

	Versuch Nr. 2	30.09.2019	 HOCHSCHULE RAVENSBURG-WEINGARTEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Labor Regelungstechnik	Drehzahl- und Winkellage-Regelung		

6. Platz für eigene Notizen / Bemerkungen