

Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 1 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

Name	Matrikelnummer	Datum	Unterschrift
[REDACTED]	[REDACTED]	23.03.2021	[REDACTED]
Note:			

Aufgabe	Erreichte Punktzahl
1	
2	
3	
Summe	

**Lesen Sie zuerst diese Hinweise, bevor Sie mit der Klausur anfangen:**

- Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, schriftliche Unterlagen außer alten Klausuren.
- Bearbeitungszeit: 120 Minuten
- Beschriften Sie alle abgegebenen Blätter mit Ihrem Namen und Matrikelnummer
- Sie müssen bei jeder Aufgabe ebenfalls den mathematischen Weg Schritt für Schritt zur Lösung, d.h. Formeln, Gleichungen, usw. aufschreiben: Die numerische Lösung allein reicht hier nicht!
- Wenn es steht, dass Sie etwas herleiten müssen, dann müssen Sie die ganze Mathematik dazu schreiben und den Weg bis zur Herleitung zeigen!
- Laden Sie alle eingescannte die Klausur als ein pdf-Dokument über Moodle hoch: Beschriften Sie die pdf-Datei wie folgt „AS\_NachnameVorame“ (wenn Sie z.B. Angela Merkel heißen, so müssen Sie die Datei „AS\_MerkelAngela“ benennen).

**Erklärung**

„Ich versichere, dass ich diese Klausur selbstständig gelöst habe und keine andere Person mir dabei geholfen hat.“

[REDACTED]

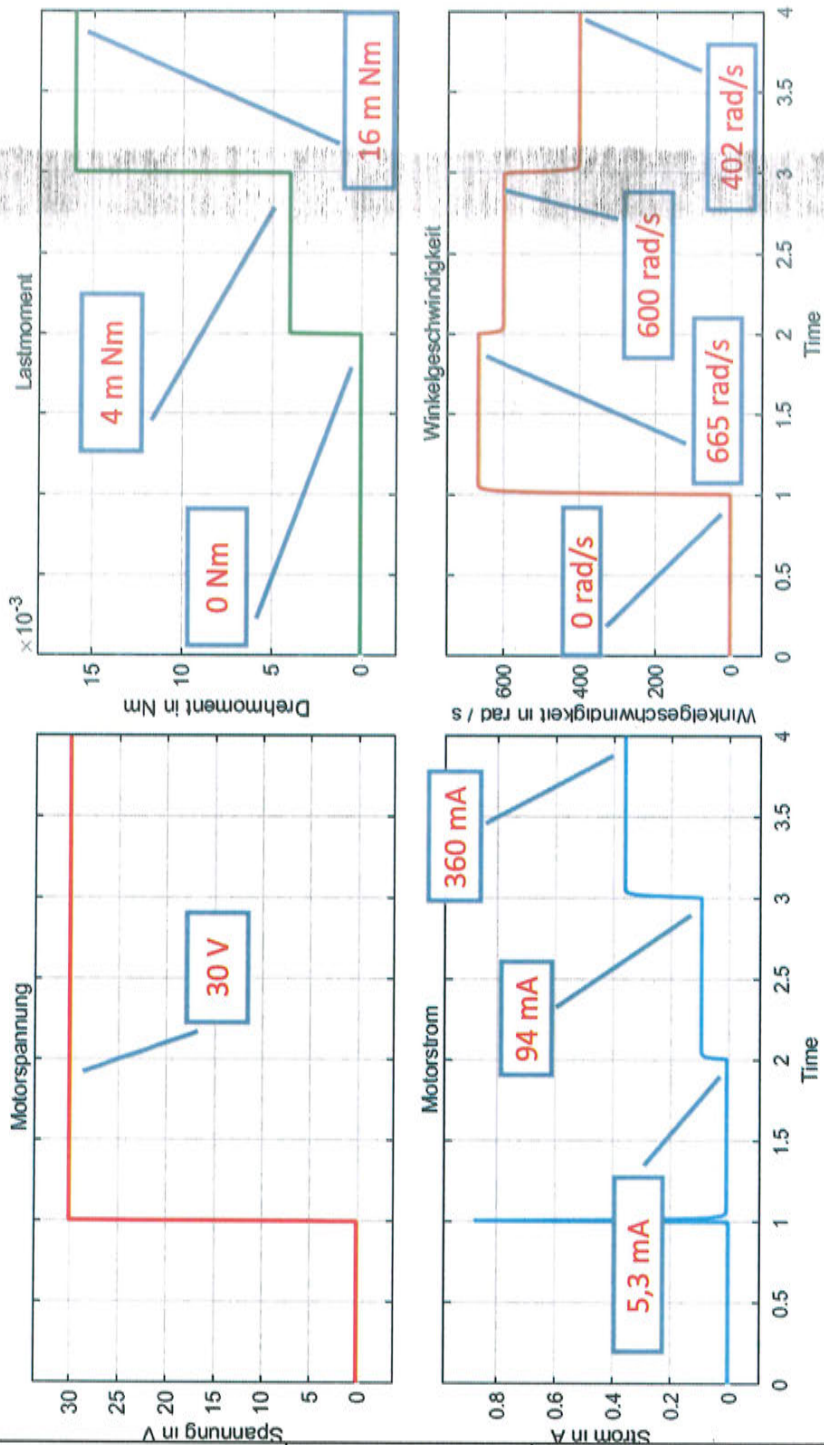
Ort, Datum und Unterschrift



### 1. Aufgabe „Motorkurven“

Der Motor wurde unter verschiedenen Bedingungen vermessen. Daraus sollen die Motorparameter berechnet werden.

#### Messreihe 1





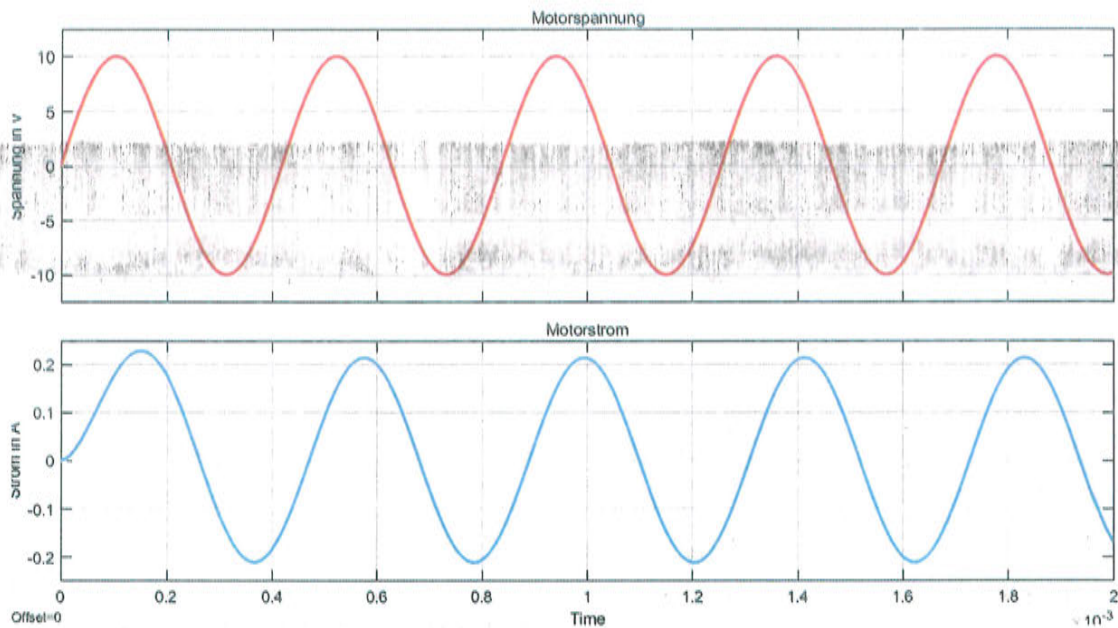
Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 3 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

1.1 Berechnen Sie die folgenden Motorparameter aus der Messreihe 1:

Motorwiderstand $R$	$U(t) = R \cdot i(t)$ $R = \frac{U(t)}{i(t)}$ $= \frac{30V}{0,82A} = \underline{\underline{36,6 \Omega}}$
Drehmomentkonstante $K_m$	$M_L = i(t) \cdot K_m$ $K_m = \frac{M_L}{i(t)}$ $= \frac{0,008 Nm}{0,054 A} = \underline{\underline{0,148 \frac{Nm}{A}}}$ $\frac{0,016 Nm}{0,360 A} = \underline{\underline{0,04 \frac{Nm}{A}}}$
Konstante der induzierten Spannung $K_e$	$U(t) = i(t) \cdot R + K_e \cdot \omega \quad t=4$ $\hookrightarrow K_e = \frac{i(t) \cdot R + U(t)}{\omega}$ $= \frac{0,360 A \cdot 36,6 \Omega + 30V}{402 \text{ rad/s}}$ $= \underline{\underline{0,104 V \cdot s}}$
Reibungskonstante $C_r$	$C_r = \frac{T_{\text{Reib}}}{\omega} \quad t = 1,5$ $= \frac{0,04 \cdot 0,005 A}{665 \text{ rad/s}}$ $= \underline{\underline{3,187 \cdot 10^{-7} \text{ Nm s}}}$



Messreihe 2: Die Motorwelle wurde festgehalten und eine sinusförmige Spannung wurde an den Motor angelegt. Der Motorstrom wurde gemessen.



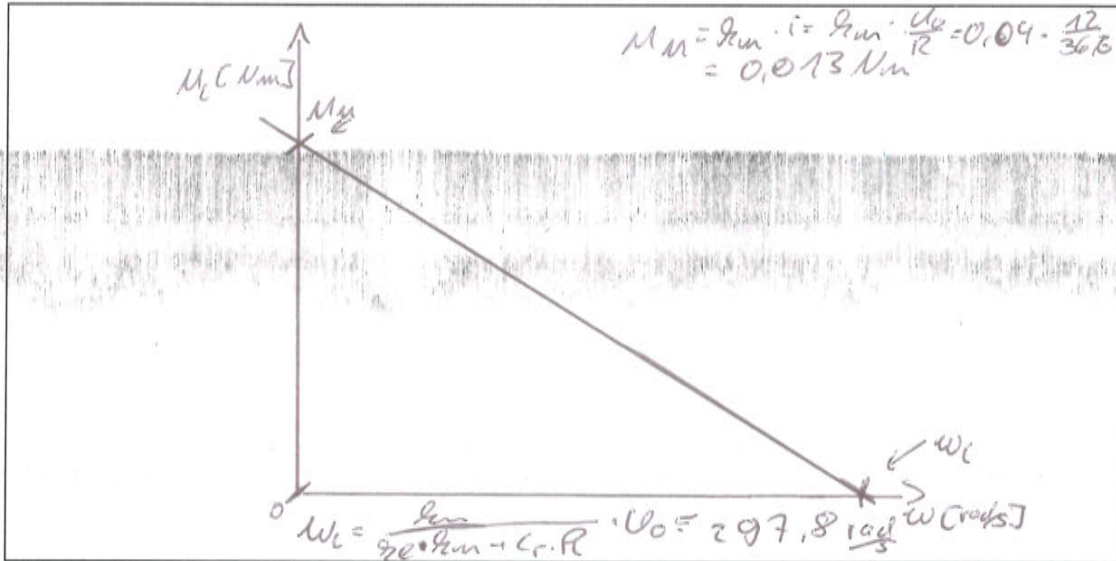
### 1.2 Berechnen Sie die Motorinduktivität

<p>Motorinduktivität <math>L</math></p>	$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di}{dt} + \mathcal{R}_e \cdot \omega(t)$ $L di = (-u(t) + R \cdot i(t) + \mathcal{R}_e \omega(t)) dt$ $L =$
---	--



Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 5 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

1.3 Zeichnen Sie die Motorkennlinie bei  $U = 12\text{ V}$ , d.h. abgegebenes Drehmoment (in  $N\cdot m$ ) über die Winkelgeschwindigkeit (in  $\text{rad/s}$ ). Dabei geben Sie die Grenzwerte, d.h. max Drehmoment und max Winkelgeschwindigkeit an!



1.4 Bei einer Anwendung muss der Motor sich bei einer maximalen Winkelgeschwindigkeit von  $100\text{ rad/s}$  drehen und dabei mit einem Lastmoment von  $15\text{ mN}\cdot\text{m}$  belastet. Ist der Motor für diese Anwendung geeignet? Begründen Sie Ihre Antwort!



Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 6 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

1.5 Aus der Messreihe 1 und unter Berücksichtigung der bekannten Parameter tragen Sie die folgenden Werte ein:

1.7.1 Wirkungsgrad bei $t = 2,5 \text{ s}$	$\eta = \frac{u(t) \cdot w(t)}{U_0 \cdot i(t)}$ $= \frac{0,004 \cdot 600}{30 \cdot 0,094} = 0,551$ <p style="text-align: right;"><u>55,1%</u></p>
1.7.2 Wirkungsgrad bei $t = 3,5 \text{ s}$	$\eta = \frac{u(t) \cdot w(t)}{U_0(t) \cdot i(t)}$ $= \frac{0,016 \cdot 402}{30 \cdot 0,36} = 0,595$ <p style="text-align: right;"><u>59,5%</u></p>

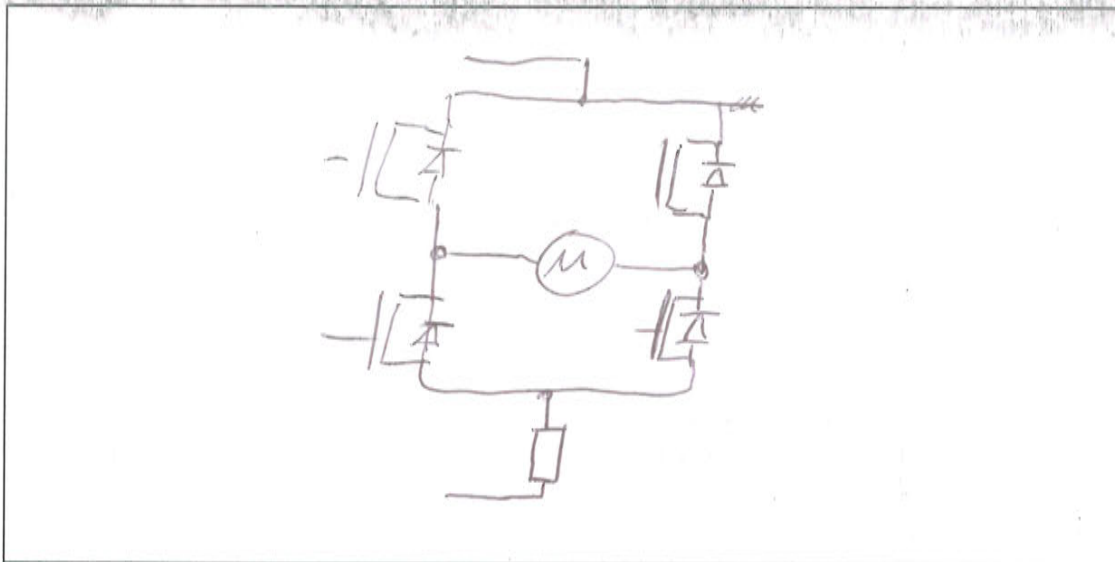


Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 7 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

## 2. Aufgabe „H-Brücke“

Der Motor soll stromgesteuert betrieben werden. Dafür wird der Motor zwischen einer H-Brücke verschaltet. Der Motorstrom soll zwischen  $-0,4\text{ A}$  und  $+0,4\text{ A}$  eingestellt werden und dafür wird ein DA-Wandler vor der H-Brücke vorgeschaltet, der die SOLL-Werte des Stromes als Spannungen ausgeben wird, wogegen der IST-Wert des Stromes verglichen wird, d.h. ein Wert von z.B.  $+0,1\text{ V}$  soll bedeuten, dass der Strom auf  $+0,1\text{ A}$  eingestellt werden muss. Die Motordrehzahl soll entsprechend von  $-9.000$  bis  $+9.000$  Umdrehungen / Minute geregelt werden.

2.1 Zeichnen Sie die Schaltung einer H-Brücke, um den angegebenen Motor betreiben zu können. Dabei markieren Sie mit einem Pfeil die positive Richtung des Stromes.



2.2 Schreiben Sie die zwei Maschengleichung, wenn der SOLL-Strom positiv eingestellt werden soll.



Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 8 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

2.3 Es wurde eine Familie von DA-Wandlern gefunden, deren Ausgangsspannung von  $-0,5\text{ V}$  bis  $+0,5\text{ V}$  betragen kann. Wie viele Bits soll der DA-Wandler mindestens haben, wenn die Drehzahl in Schritten von  $10\text{ Umdrehung / Minute}$  angesteuert werden soll?

Der Anzusteuerende Bereich ist  $-9000\text{ U/min}$  bis  $+9000\text{ U/min}$   
Das sind  $18.000$  Schritte. Da die Schrittweite nicht  $1\text{ U/min}$   
sondern  $10\text{ U/min}$  betragen soll, sind es lediglich  
  
 $1.800$  Schritte.  
Für ein Ausgangssignal mit dieser  $1.800$  Abstufung  
benötigt man mindestens eine  $11$ -Bit DA-Wandler

2.4 Wie groß muss die Brückenspannung sein, damit der Motor bei einer Drehzahl von  $7.200\text{ Umdrehungen / Minute}$  ein Lastmoment von  $8\text{ m N}\cdot\text{m}$  bewegen kann?



Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 9 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

### 3. Aufgabe „Der Regler“

3.1 Schreiben Sie die Gleichungen im Zeitbereich des spannungsgesteuerten Motormodells ohne Induktivität und leiten Sie daraus die Übertragungsfunktion vom Eingangsstrom  $U(s)$  auf die Winkelgeschwindigkeit  $\Omega(s)$  her, d.h.  $\Omega(s) / U(s)$

3.2 Gegeben die Vorgaben, um die Motordrehzahl in Schritten von einer Umdrehung / Minute von -9.000 bis +9.000 regeln zu können, muss ein Inkrementalgeber ausgesucht werden, der dazu passt. Inkrementalgeber werden mit Strichzahlen pro Umdrehung in Schritten von 500 Strichen angeboten. Welcher Inkrementalgeber ist der Geeignetest für diese Anwendung?



Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 10 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

3.3 Der Motor soll mit einem PI-Regler angesteuert werden. Zeichnen Sie das Blockschaltbild der kompletten Regelschleife, d.h. alle Komponenten, die dazu gehören. Dabei hat die geschlossene Regelschleife den SOLL-Wert,  $N_{SOLL}(s)$ , für die Drehzahl (in Umdrehungen pro Minute) als Eingang und die Tatsächliche Drehzahl,  $N_{IST}(s)$ , (ebenfalls in Umdrehungen pro Minute) als Ausgang.

3.4 Leiten Sie aus dem Blockschaltbild vom Punkt 3.3 die Übertragungsfunktion der geschlossenen Strecke, d.h.  $N_{IST}(s) / N_{SOLL}(s)$ .



Aktorik & Sensorik	Wintersemester 2020	Seite 11 / 11
Schriftliche Klausur	2. Prüfungszeitraum	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

3.5 Gegeben sind die Dämpfung  $D$  und die natürliche Frequenz  $\omega_0$  der Dämpfungsgleichung als Vorgaben. Setzen Sie den Nenner der hergeleiteten Übertragungsfunktion gleich dem Nenner der Dämpfungsgleichung und leiten Sie die Formeln für die zwei Konstanten des PI-Reglers her.

Hinweis: die Übertragungsfunktion der Dämpfungsgleichung lautet:  $\frac{\omega_0^2}{s^2 + s \cdot 2 \cdot \omega_0 \cdot d + \omega_0^2}$

