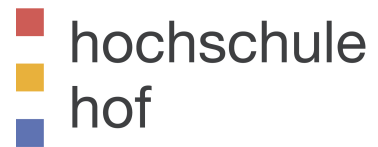


Steuerungstechnik
Hochschule Hof
Alfons Goppel Platz 1
95028 Hof



Praktikum „Mechatronische Systeme“

Versuch SM1 „Schrittmotor“

Markus Franz

Maximilian Kreissl

Version 1.0

Inhaltsverzeichnis

1	Sicherheitshinweise	3
2	Einleitung	4
3	Hard- und Software des Praktikums	6
4	Versuchsdurchführung	13
4.1	Manuelles Ansteuern des Motors	13
4.1.1	Nachbildung des Vollschrittbetriebs	13
4.1.2	Nachbildung des Halbschrittbetriebs	16
4.1.3	Potentiometer und Schrittzahl	19
4.1.3.1	Lokalisierung des “toten Bereichs“	20
4.1.3.2	Zusammenhang von “Raster“ und Vollschritt	21
4.1.3.3	Schrittzahlberechnung	22
4.1.3.4	Schrittwinkel und Winkel des “toten Bereichs“	23
4.1.4	Haltemoment in Abhängigkeit der Spannung	24
4.1.5	Haltemoment in Abhängigkeit der Auslenkung	27
4.2	Softwareunterstütztes Ansteuern des Motors	30
4.2.1	Einführung in die Schrittmotorsoftware	30
4.2.2	Belastung des Drehmoments	33
4.2.3	Drehmomentvergleich zwischen Voll- und Microschrittbetrieb	36
4.2.4	Ermittlung der Eigenfrequenz	38

1 Sicherheitshinweise

Im Interesse Ihrer persönlichen Sicherheit und zur Vermeidung von Beschädigungen bzw. Zerstörungen von Geräten beachten Sie bitte folgende Hinweise:

- Lesen Sie die gesamte Anleitung aufmerksam durch bevor Sie mit den praktischen Arbeiten beginnen!
- Legen Sie am Potentiometer maximal 5V und am Motor direkt maximal 15V an!
- Beachten Sie, dass die Lüfter stets in Betrieb sein müssen, während Sie die Platine bestromen!
- Fassen Sie nicht in die laufenden Lüfter!
- Stecken Sie die Stecker fest in die Buchsen, um Wackelkontakte zu vermeiden!
- Lassen Sie die Verkabelung vor dem Einschalten von einem Betreuer überprüfen!
- Fassen Sie nicht unter die Plexiglasabdeckung des Versuchsaufbaus! Dort befinden sich spannungsführende Teile. Es besteht Stromschlaggefahr.

2 Einleitung

Schrittmotoren sind eine Sonderbauform von Synchronmotoren, bei denen der Rotor als Permanentmagnet ausgeführt ist, während der Stator aus einem Spulenpaket besteht. Im Unterschied zum Synchronmotor verfügt der Schrittmotor über eine große Zahl von Polpaaren. Man unterscheidet grundsätzlich zwei verschiedene Schrittmotormodelle:

Unipolare Schrittmotoren

Sie besitzen zwei Spulen mit je einer Mittelanzapfung. Die Ansteuerung unipolarer Schrittmotoren ist einfacher, da sie mit einer fest angelegten Spannung auskommen. Je nachdem ob die Mittelanzapfung beider Spulen zusammengeführt ist besitzen sie fünf oder sechs Anschlüsse. Der Vorteil von sechs Anschlüssen ist, dass diese Motoren auch bipolar angesteuert werden können. Da nur maximal 50% der Wicklungsstränge gleichzeitig von Strom durchflossen werden, kann der unipolare Schrittmotor jedoch nur für kleinere Leistungen angewendet werden. Mit der Entwicklung preiswerter, integrierter Schaltungen verliert die unipolare Ansteuerung immer mehr an Bedeutung.

Bipolare Schrittmotoren

Sie besitzen zwei oder vier Spulen, bei denen die Spannung ständig umgepolt werden muss. Die Variante mit vier Spulen besitzt auch die doppelte Anzahl an Anschlüssen (acht). Bei ihr werden immer zwei Spulen parallel geschaltet, um das Drehmoment zu erhöhen. Allerdings verdoppelt sich dadurch auch der zu liefernde Strom. Desweiteren bieten sie den Vorteil auch unipolar angesteuert zu werden.

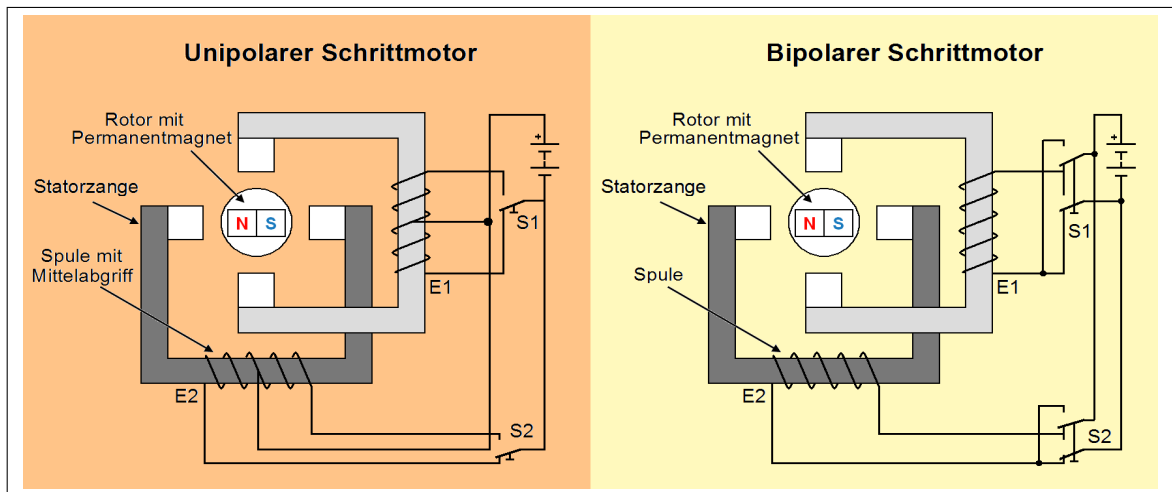


Abbildung 2.1: Beschaltung von uni- und bipolaren Motoren

Bei dem **AEG S026 48**, der hier im Praktikum verwendet wird, handelt es sich um einen bipolaren Schrittmotor mit vier Anschlüssen (= zwei Spulen).



Abbildung 2.2: Der AEG S026 48 Schrittmotor

Jeder Schritt eines Schrittmotors entspricht einem exakten, vorgegebenen Winkel. Eine entsprechende Elektronik kann alle Schritte des Links- und Rechtslaufs mitzählen und kennt daher stets die exakte Position der Achse. Aufwändige Implementierungen von Sensortechnik zur Positionsrückmeldung (z.B. Encoder) sind daher nicht nötig.

Schrittmotoren sind somit als kostengünstige Gesamtlösungen für einfache Positionierungsaufgaben, wie etwa in Werkzeugmaschinen bestens geeignet.

3 Hard- und Software des Praktikums

Ziel dieses Praktikums ist es, die Kernfunktionalität eines Schrittmotors experimentell darzustellen. Hierzu wurde folgender Versuchsaufbau verwendet:

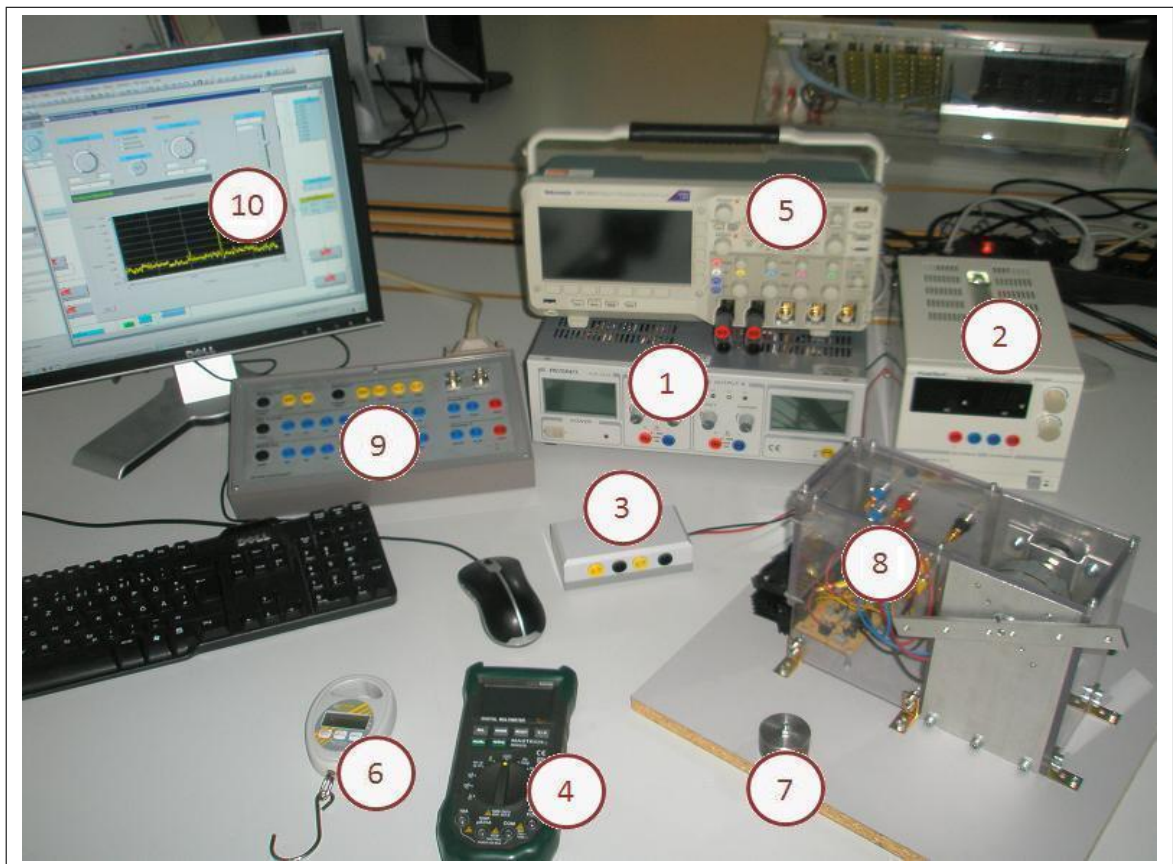


Abbildung 3.1: Überblick der benötigten Gerätschaften

- | | |
|---------------------|---|
| 1. Netzteil: | Für dieses Praktikum werden insgesamt drei Spannungsquellen benötigt um Spannungen zwischen 2,5V und 20V zu erzeugen. |
| 2. Netzteil: | Siehe oben. |

- 3. Schalterbox:** Eine Box mit zwei Schaltern um zwischen positiven und negativen Spannungen.

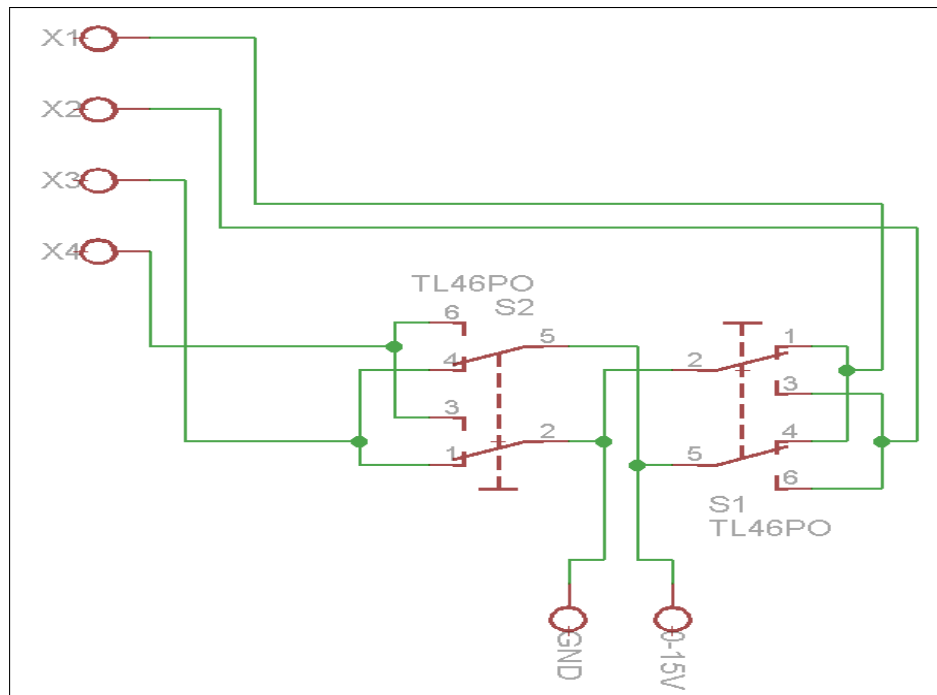


Abbildung 3.2: Der Versuchsaufbau im Fokus

- 4. Messgerät:** In mehreren Teilaufgaben dieses Praktikums sind Spannungsmessungen erforderlich. Verwenden Sie möglichst den Messbereich mit drei Nachkommastellen.
- 5. Oszilloskop:** Zur Darstellung des vom PC erzeugten Spannungsverlaufs.
- 6. Handwaage:** Sie wird für die Ermittlung von Haltemomenten benötigt.
- 7. Gewicht:** Bei Drehmomentversuchen wird das Gewicht am Zeiger verschraubt um den Motor stärker zu belasten.

- 8. Versuchsaufbau:** Detaillierte Auflistung der Komponenten des Aufbaus in Abb.3.3.

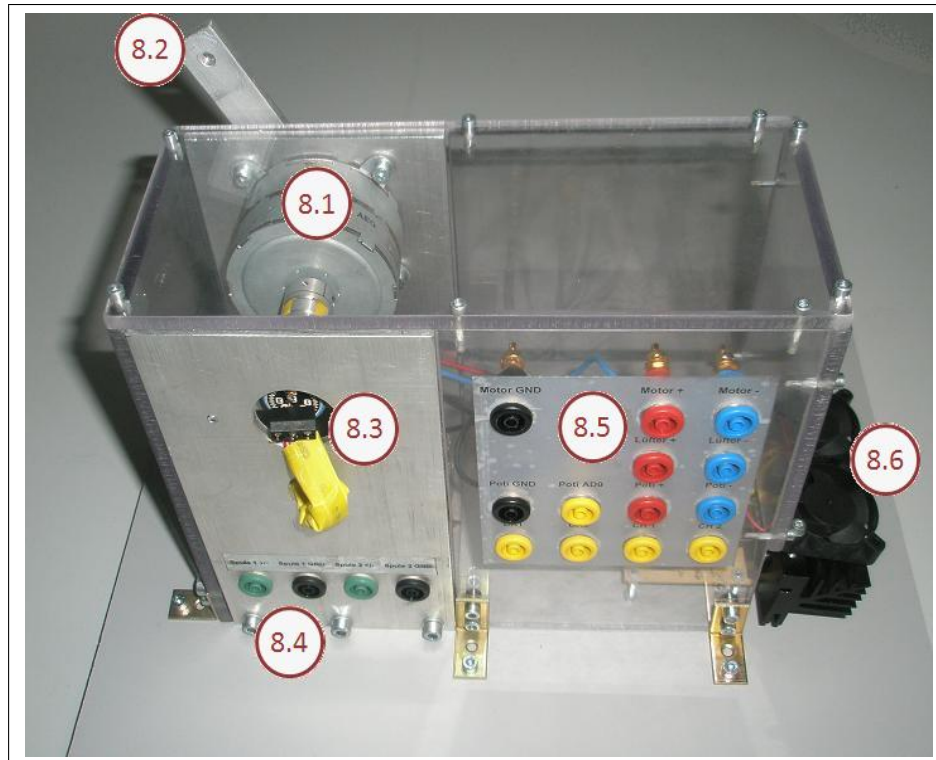


Abbildung 3.3: Der Versuchsaufbau im Fokus

- | | |
|---------------------------|--|
| 8.1 Schrittmotor: | Bipolarer Schrittmotor mit zwei Spulen |
| 8.2 Zeiger: | An der Motorwelle befestigtes Metallblatt zur Verdeutlichung der Rotation und zum Befestigen von Waage und Gewichten. |
| 8.3 Potentiometer: | Mechanisch veränderbarer Widerstand der über eine Elastomerkupplung mit der Motorwelle verbunden ist. Gibt die Bewegung der Welle als Spannung wieder. |
| 8.4 Motor-Buchsen: | Je ein Spannungs- und Masseanschluss pro Spule um den Motor direkt anzusteuern. |

8.5 Platine-Buchsen: Detaillierte Auflistung der Anschlüsse in Abb. 3.4

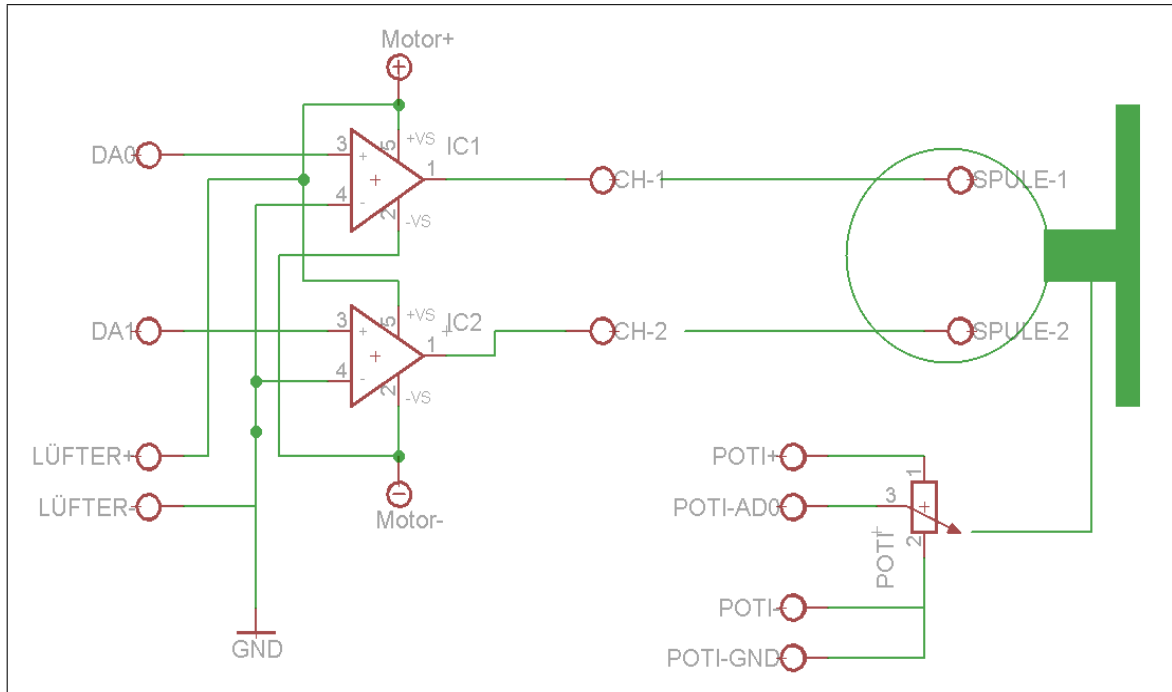


Abbildung 3.4: Schaltplan Platine-Buchsen

Motor -	Negative Spannungsversorgung für Platine
Motor +	Positive Spannungsversorgung für Platine
Motor GND	Masseanschluss
Lüfter +/-	Spannungsversorgung für Lüfter
Poti AD0	Ausgangssignal des Potentiometers
Poti GND	Masseanschluss des Potentiometersignals
Poti +/-	Spannungsversorgung für Potentiometer (5V)
DA0	Eingang Verstärker 1
DA1	Eingang Verstärker 2
CH 1	Ausgang Verstärker 1
CH 2	Ausgang Verstärker 2

8.6 Lüfter: Zum Schutz vor Überhitzung der Platine, besonders der Transistoren auf der Unterseite.

9. **Meilhaus-Karte:** Dient als Schnittstelle mit dem PC. Benötigt werden lediglich die in Abb. 3.5 eingerahmten Buchsen.

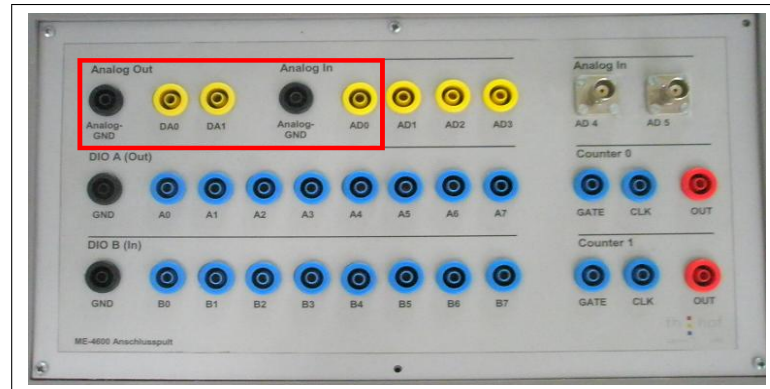


Abbildung 3.5: Buchsen der Anschlussbox zur Meilhaus-Karte

Analog Out:	GND	Masseanschluss für Analogsignale
	DA0	Analoges Ausgangssignal 1 der Meilhaus-Karte
	DA1	Analoges Ausgangssignal 2 der Meilhaus-Karte
Analog In:	GND	Masseanschluss für Analogsignale
	AD0	Analoger Eingang der Meilhaus-Karte

10. Agilent Vee:

Auflistung der Komponenten des Panels in Abb. 3.6.

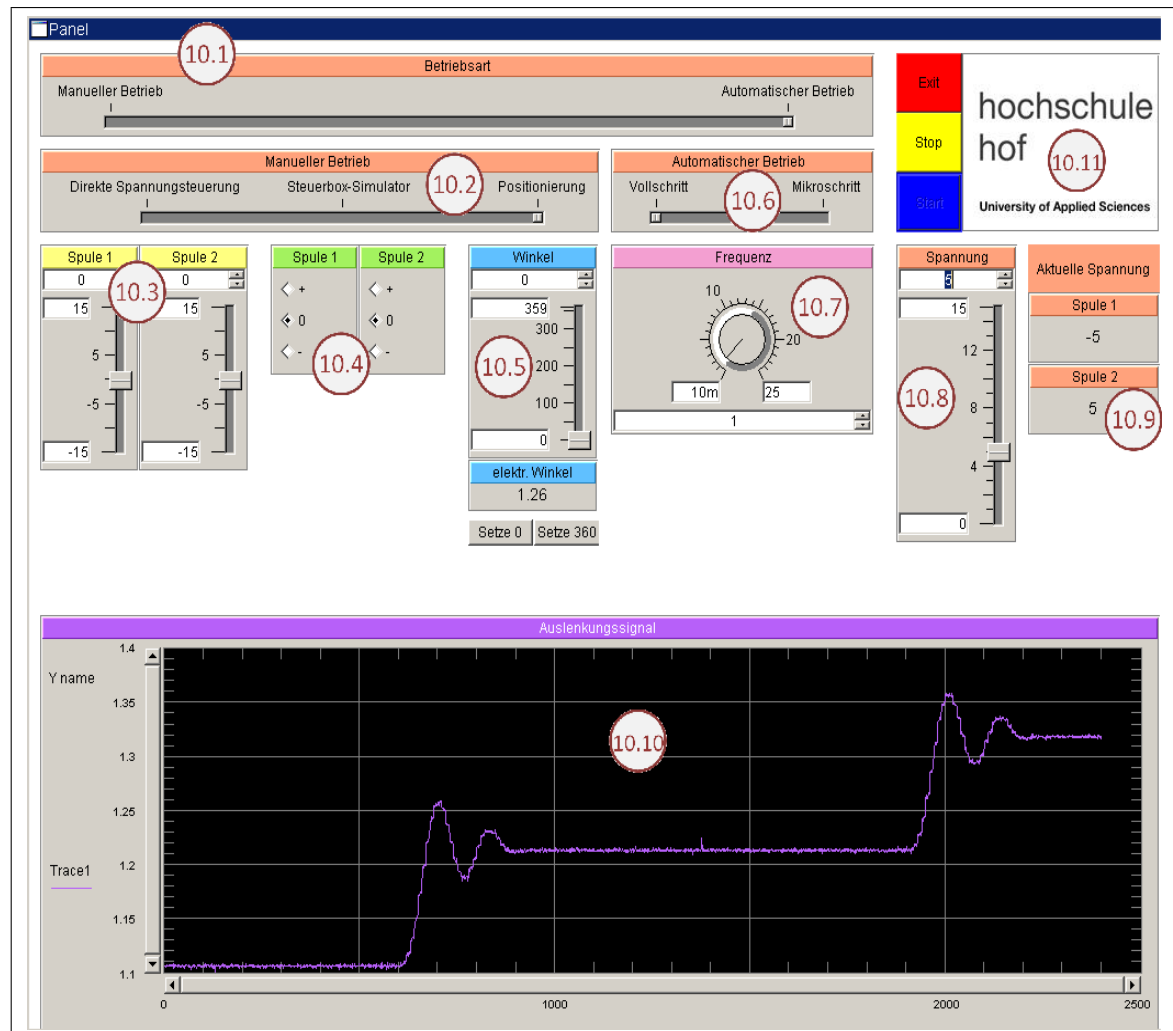


Abbildung 3.6: Agilent Vee Bedienoberfläche

10.1 Betriebsart:

Schieberegler zur Auswahl zwischen manuellen und automatischen Betriebsarten.

10.2 Manueller Betrieb:

Schieberegler zur Auswahl zwischen den verschiedenen manuellen Ansteuerungsarten: Direkte Spannungssteuerung (10.3), Schalterbox Simulator (10.4), Positionierung (10.5)

10.3 Direkte Spannungssteuerung:

Hier kann die exakte Spannung im Bereich von -15V bis +15V an den zwei Spulen unabhängig(!) von einander eingestellt werden. Diese Betriebsart eignet sich für experimentelle Zwecke.

- 10.4 Schalterbox Simulator:** Hier kann an den beiden Spulen eine positive, negative oder gar keine Spannung angelegt werden. Diese Betriebsart simuliert die bereits erwähnte Steuerrbox (4.).
- 10.5 Positionierung:** Hier wird eine elektrische Umdrehung in Winkel unterteilt um das Anfahren exakter Positionen zu erlauben. Vor der Inbetriebnahme müssen 0° und 360° definiert werden. Der aktuell angefahrte Winkel wird ausgegeben.
- 10.6 Automatischer Betrieb:** Schieberegler zur Auswahl zwischen den automatischen Betriebsarten: Voll- und Microschrittbetrieb
- 10.7 Frequenz:** Mit dem Drehknopf wird die Frequenz einer elektrischen Umdrehung bei automatischen Betriebsarten eingestellt.
- 10.8 Spannung:** Der Schieberegler begrenzt die maximale Spannung an beiden(!) Spulen auf eingestellten Wert. Wirkt auf alle Betriebsarten außer auf die direkte Spannungssteuerung (10.3).
- 10.9 Aktuelle Spannung:** Zwei Ausgabedispays zeigen die aktuell anliegenden Spannungswerte der beiden Spulen. Diese Information steht in jeder Betriebsart zur Verfügung.
- 10.10 Auslenkungssignal:** Darstellung des aus der Auslenkung heraus entstandenen Spannungssignals des Potentiometers.
- 10.11 Control Buttons:**
- | | |
|--------|---|
| Start: | Aktiviert das Programm. |
| Stopp: | Unterbricht das Programm
(Werte werden beibehalten). |
| Exit: | Unterbricht das Programm
(Spannung wird auf 0V gesetzt). |

4 Versuchsdurchführung

4.1 Manuelles Ansteuern des Motors

4.1.1 Nachbildung des Vollschrittbetriebs

Ohne Steuerelektronik ist ein Schrittmotor normal nicht zu betreiben. Mit fest angelegter Spannung baut sich ein permanentes Magnetfeld auf, das den Rotor fest in einer Position hält. Verschiedene Spulenpaare müssen nacheinander erregt werden, damit ein rotierendes Magnetfeld entsteht, das den Rotor in Bewegung versetzt.

In diesem Teil des Praktikums soll der Motor dennoch ohne automatische Steuerung betrieben werden. Dazu ist ein manuelles Beschalten der Spulen mit wechselweise positiven und negativen Spannungen nötig.

Nachstehende Tabelle enthält die erforderlichen Spannungen für eine elektrische Umdrehung im Uhrzeigersinn (= Rechtslauf) im Vollschrittbetrieb.

Schritt	Spule1	Spule2	elektr. Winkel
I	+5V	+5V	0°
II	-5V	+5V	90°
III	-5	-5V	180°
IV	+5V	-5V	270°
I	+5V	+5V	360°
...

Tabelle 4.1: Vollschritt im Uhrzeigersinn

Abbildung 4.1 zeigt schematisch die zwei sich kreuzenden Statorzangen die als Elektromagnete ausgeführt sind. Ändert man die Stromrichtung an deren Spulen so kehrt sich das Magnetfeld um. Symbolisieren Sie eine elektrische Umdrehung, indem Sie die Abbildung um die Stellung des Permanentmagneten des Rotors während der vier Vollschrte ergänzen.

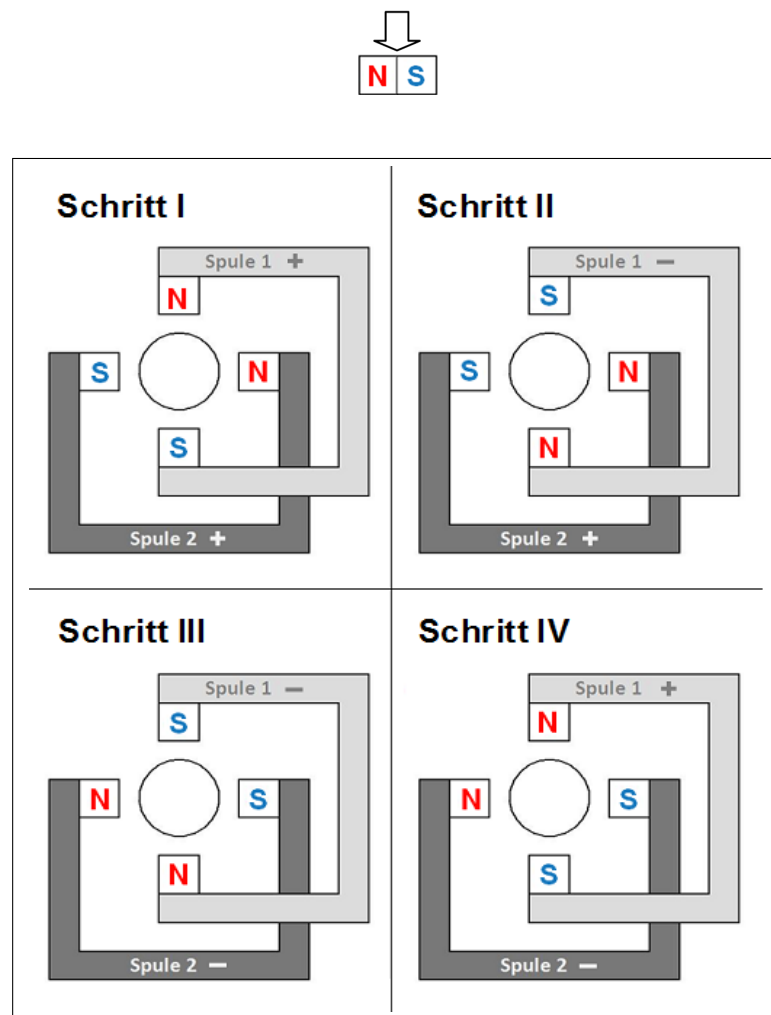


Abbildung 4.1: Spulenpaare und Permanentmagnet im Vollschrte

Für diesen Versuch werden lediglich die Motoranschlüsse benötigt. Sowohl die Verstärker- als auch die Potentiometeranschlüsse bleiben frei. Verkabeln Sie den Aufbau nun wie in Abb. 4.2 gezeigt und legen Sie 5V am Netzteil an.

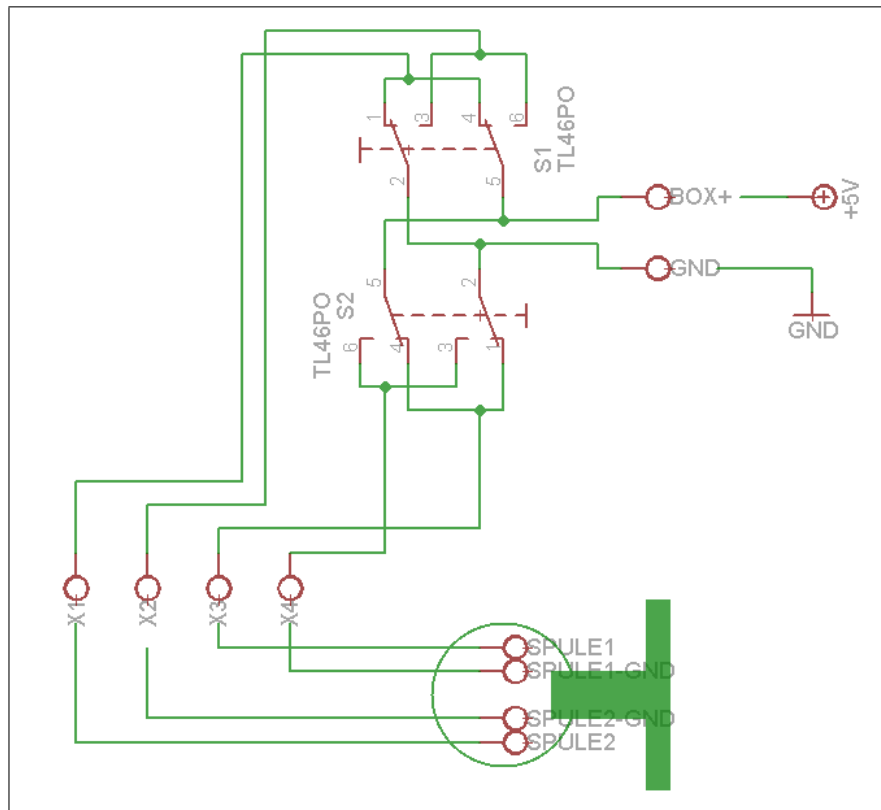


Abbildung 4.2: Verkabelung Schalterbox

Durch unterschiedliche Schalterstellungen an der Schalterbox können die Spulen sowohl mit positiver als auch mit negativer Spannung versorgt werden. Dies wird durch internes umpolen realisiert.

Richten Sie nun den Zeiger vertikal aus und beobachten Sie die Auslenkung durch das Anlegen der - in Tabelle 4.1 gezeigten - Spannungen mit Hilfe der Schalterbox.

Hinweis 1 Verrichten Sie die Schaltvorgänge möglichst schnell, da für den Vollschrittbetrieb die mittlere Schaltstellung übersprungen werden soll.

4.1.2 Nachbildung des Halbschrittbetriebs

Unterteilt man jeden Vollschrift in zwei einzelne Schritte so erhält man den Halbschrittbetrieb. Durch ihn ist eine höhere Auflösung möglich.

Ihre Aufgabe ist es die eben erzeugte Auslenkung aus der vertikalen Position im Halbschritt rückgängig zu machen (= Linkslauf).

Überlegen Sie sich hierfür zuerst die dazu nötigen Spannungen der Halbschritte und notieren Sie diese zusammen mit dem Auslenkungswinkel in folgender Tabelle.

Schritt	Spule1	Spule2	elektr. Winkel
I	+5V	-5V	360°
II			
III			
IV			
V			
VI			
VII			
VIII			
I			0°
...

Tabelle 4.2: Halbschritt gegen den Uhrzeigersinn

Vervollständigen Sie anschließend die Abb. 4.3 ebenfalls um die an den Spulen anliegenden Spannungen und zusätzlich um die erzeugten Magnetfelder und die Stellung des Permanentmagneten. Machen Sie sich die Unterschiede zum Vollschriftbetrieb klar!

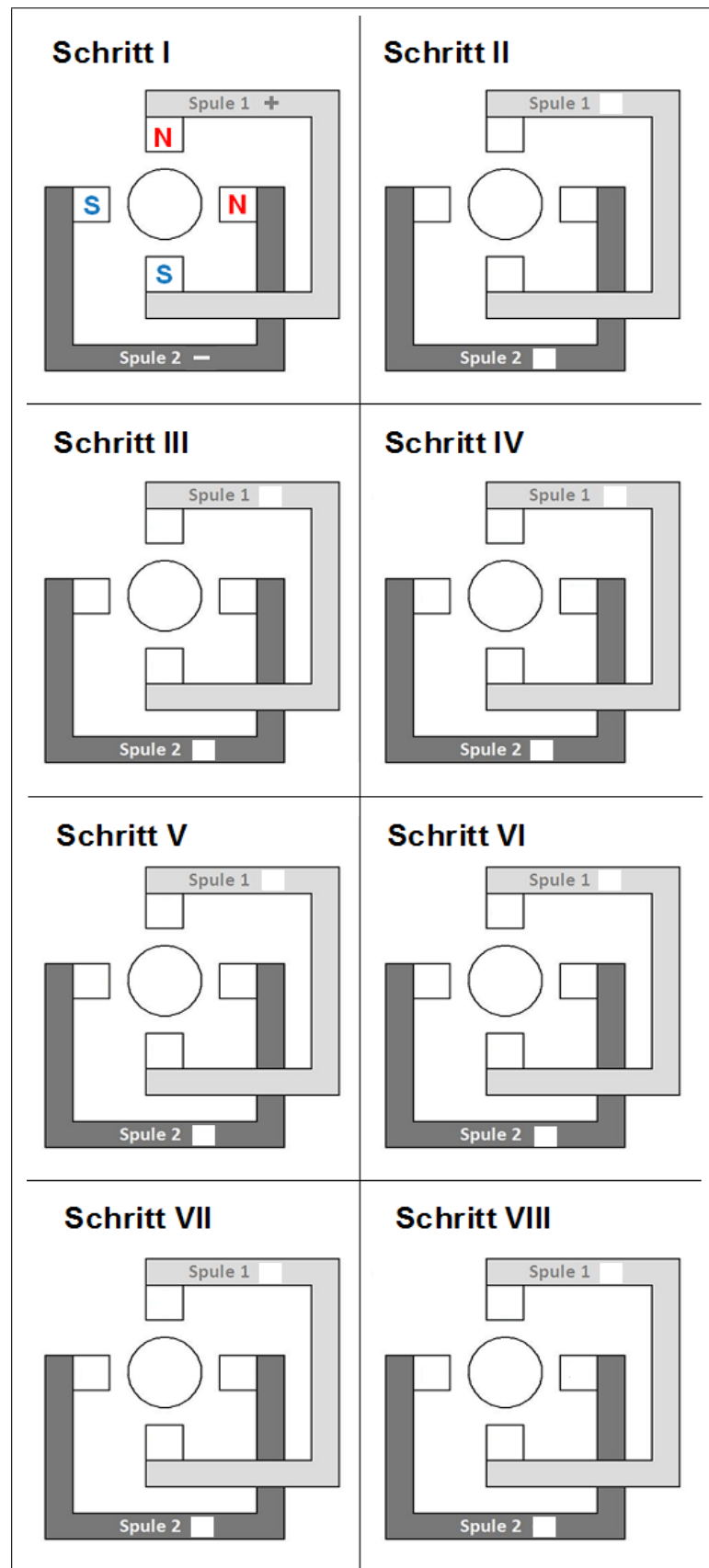


Abbildung 4.3: Spulenpaare und Permanentmagnet im Halbschritt

Prüfen Sie nun ob sich die vertikale Ausgangslage des Zeigers durch das Anlegen Ihrer oben notierten Spannungen erneut eingestellt!

Zeichnen Sie zum Abschluss dieses Versuchs (mit möglichst zwei unterschiedlichen Farben) den Spannungsverlauf der beiden Spulen vergleichsweise im Halb- und Vollschrittbetrieb in nachstehendes Diagramm ein.

Hinweis 2 Legen Sie sich hierbei auf eine gemeinsame Drehrichtung der beiden Betriebsarten fest, um einen sinnvollen Vergleich zu erhalten!

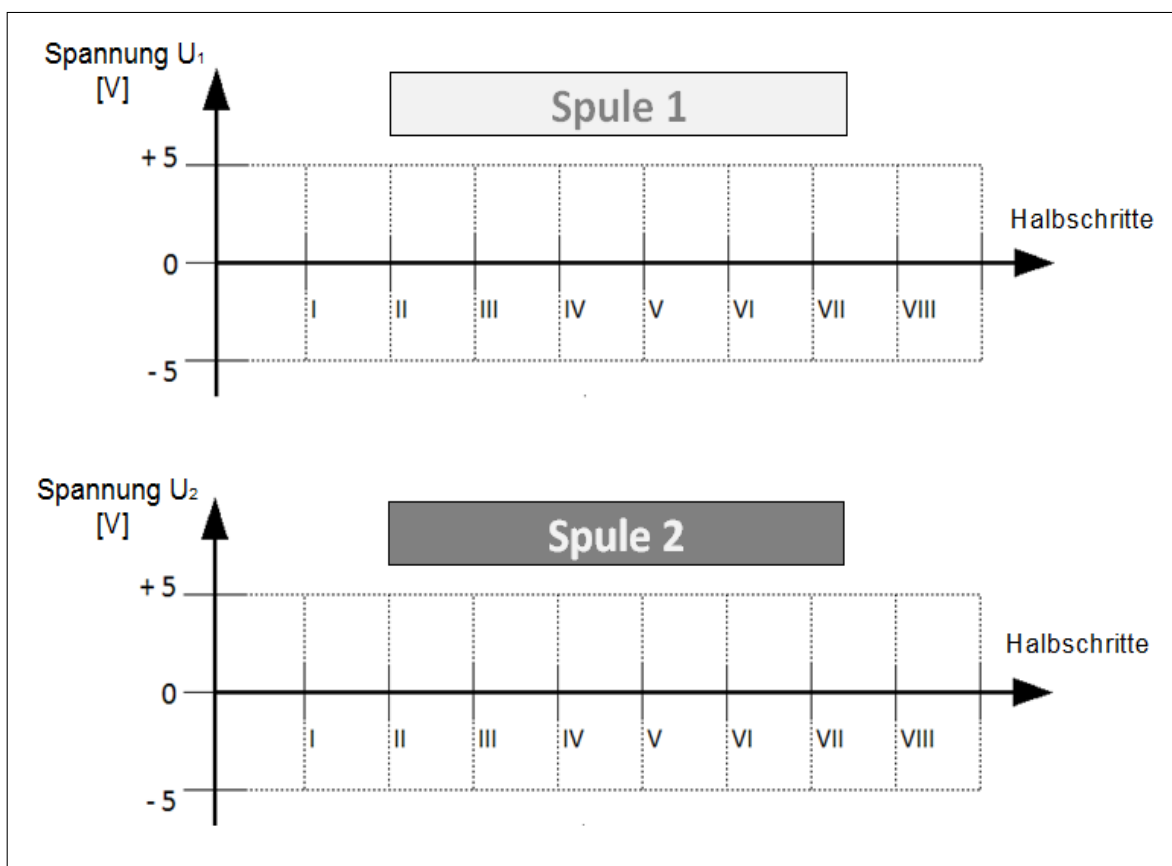


Abbildung 4.4: Spannungsverläufe im Vergleich

4.1.3 Potentiometer und Schrittzahl

Ein Potentiometer (kurz: Poti) ist ein mechanisch einstellbarer, ohmscher Widerstand. Es besitzt drei Anschlüsse (vgl. Abb. 4.5). Die beiden äußeren Anschlüsse sind an eine leitfähige Bahn mit gewissem Widerstand (meist aus Kohle) angeschlossen. Der mittlere Anschluss ist mit dem Schleifer verbunden, der sich mit der Drehachse und über die Widerstandsbahn bewegt.

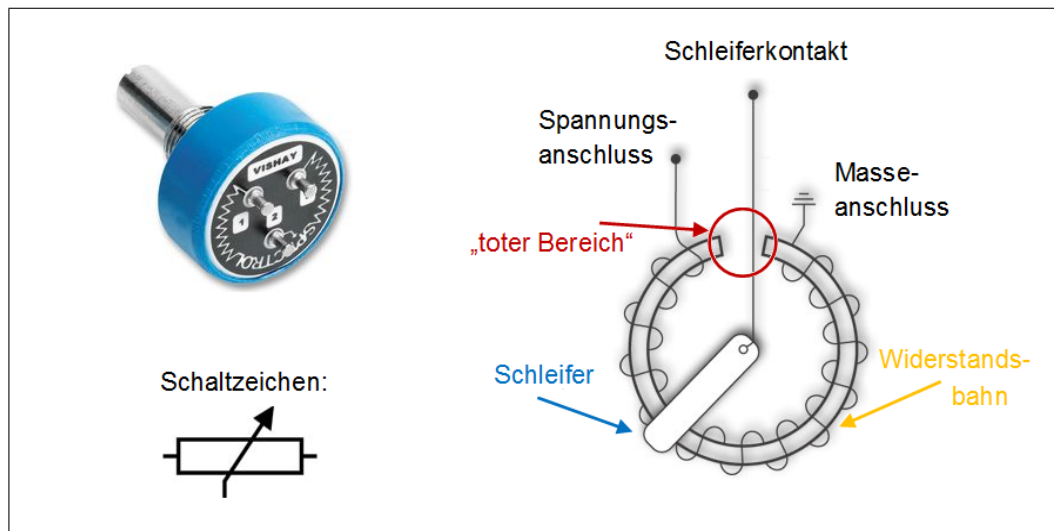


Abbildung 4.5: Schaltzeichen und Aufbau eines Potentiometers

Befindet sich der Schleifer ganz am Massekontakt, ist das Potentiometer vollständig zugedreht und der gesamte Strom fließt über Masse ab. Wandert er im Uhrzeigersinn nimmt der Widerstand linear ab und es liegt eine Spannung an, die proportional zum Drehwinkel steigt. Befindet sich der Schleifer ganz am Spannungsanschluss ist das Potentiometer vollständig aufgedreht und die angelegte Spannung wird unverändert weitergeben.

Hinweis 3 Beim Überdrehen der maximalen Spannung zurück auf 0V besitzt das Potentiometer einen mechanisch bedingten "toten Bereich". Messwerte aus diesem Bereich sind zu vermeiden, da sie keine zuverlässige Aussage liefern.

Häufig werden Potentiometer als Sollwertgeber verwendet, beispielsweise als Lautstärkeregler bei Hifi-Anlagen. In unserem Versuch handelt es sich allerdings um einen Istwertgeber. Es ist über eine Elastomerkupplung mit der Welle des Schrittmotors verbunden und liefert uns durch die gemessene Spannung Auskunft über den aktuellen Winkel des Zeigers.

Ergänzen Sie nun Ihren Aufbau um das Spannungsmessgerät und die Verkabelung mit dem Potentiometer wie in Abb. 4.6 gezeigt.

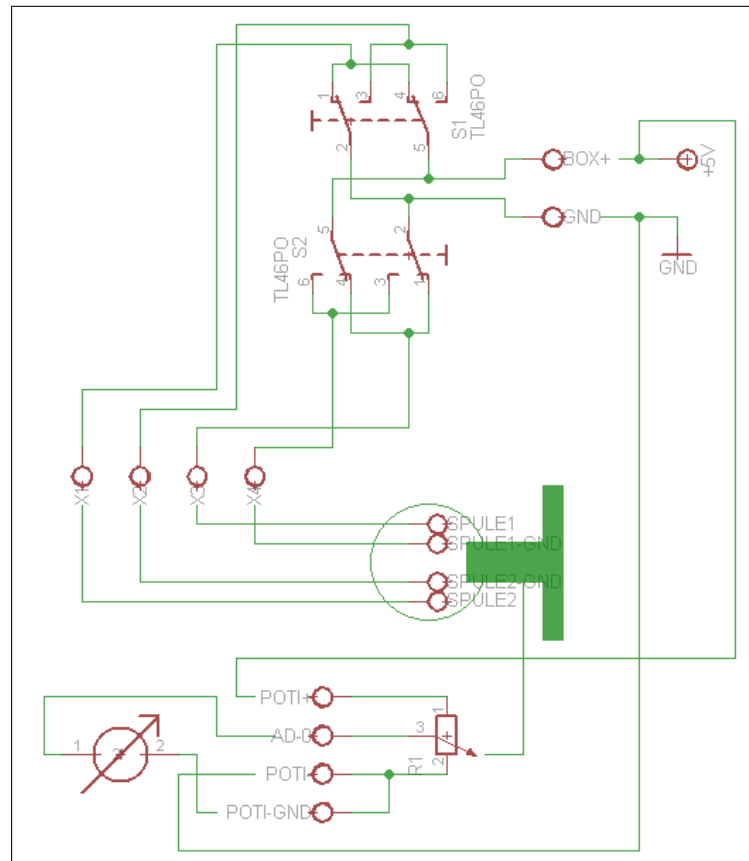


Abbildung 4.6: Verkabelung Messgerät

4.1.3.1 Lokalisierung des “toten Bereichs“

Damit Sie wissen, wo Sie Messungen vermeiden sollten, bestimmen Sie anfangs die grobe Lage des “toten Bereichs“ des Potentiometers in diesem Versuchsaufbau. Im späteren Verlauf werden Sie seine Spannweite noch genau berechnen.

Vorgehensweise:

Legen Sie anfangs keine Spannung an den Spulen an und drehen Sie den Zeiger langsam im Kreis, während Sie das Display des Messgerätes beobachten. Nach dem Sprung von der maximalen Spannung auf 0V sollten Sie einen Bereich feststellen in dem die Spannung nicht gleich wieder linear ansteigt. Notieren Sie sich bei dieser Gelegenheit die exakte maximale Spannung U_{max} , da die Einstellmöglichkeit der 5V am Netzteil relativ ungenau ist.

Spannung U_{max}	
--------------------	--

4.1.3.2 Zusammenhang von “Raster” und Vollschrift

Wie Sie sicherlich bereits bemerkt haben ist die Auslenkung des Zeigers per Hand (im folgenden als “Raster” bezeichnet) wesentlich größer als ein mit der Schalterbox erzeugter Schritt. Im folgenden sollen Sie das Verhältnis mit Hilfe des Potentiometers ermitteln und begründen.

Vorgehensweise:

Legen Sie nun eine feste Spannung an beiden Spulen an. Drücken Sie den Zeiger mit einem Finger in die nächste, rastende Position und erfassen Sie den aktuellen Spannungswert.

Spannung U	
--------------	--

Bringen Sie den Zeiger anschließend zurück in Ihre Ausgangsposition und zählen Sie wie viele Vollschriffe Sie mit der Schalterbox vollführen müssen, bis sich der gleiche Spannungswert (und damit der gleiche Winkel) wie bei dem manuellen Auslenken einstellt.

Schritte/Raster n_S	
-----------------------	--

Erklären Sie sich Ihr Ergebnis aus den bisher gewonnenen Erkenntnissen!

4.1.3.3 Schrittzahlberechnung

Generell kann gesagt werden, dass die Anzahl der Vollschr tte pro mechanischer Umdrehung die Auflösung eines Schrittmotors bestimmen.

Zählen Sie die Anzahl der Raster in einer Umdrehung und berechnen Sie daraus die Schrittzahl des Motors.

Raster/Umdrehung n_R	
Schrittzahl n_1	

Nun soll die Schrittzahl noch über eine alternative Methode berechnet werden. Hierbei soll die maximale Spannung durch die Spannungsdifferenz eines beliebigen Schrittes auf den nächsten dividiert werden.

Vorgehensweise:

Notieren Sie die Spannung in einer beliebigen Position A und führen Sie anschließend einen Vollschr tt mit der Schalterbox aus. Notieren Sie auch in der neuen Position B die Spannung und errechnen Sie die Differenz ΔU .

Spannung U_A	
Spannung U_B	
Spannung ΔU	

Berechnen Sie nun mit Hilfe der bereits zuvor notierten maximalen Spannung U_{max} erneut die Schrittzahl des Motors!

Schrittzahl n_2	
-------------------	--

Vergleichen Sie Ihre beiden Ergebnisse!

Diese Art der Schrittzahlbestimmung unterliegt Messungenauigkeiten die auf den ‘‘toten Bereich‘‘ des Potentiometers zurück zu führen sind.

4.1.3.4 Schrittwinkel und Winkel des “toten Bereichs“

Eine weitere gängige Angabe bei Schrittmotoren ist der Schrittwinkel, welcher die Auslenkung eines Schrittes in Grad beschreibt. Berechnen Sie ihn für einen Voll- und Halbschritt!

Schrittwinkel φ_V	
Schrittwinkel φ_H	

Wie bereits oben erwähnt soll jetzt die Spanne ermittelt werden über die sich der “tote Bereich“ erstreckt. Nähern Sie sich dazu im Halbschrittbetrieb langsam dem Überdrehungspunkt und zählen Sie, wie viele Halbschritte im Folgendem keine lineare Spannungserhöhung hervorrufen. Berechnen Sie hieraus den “Toten Winkel“ des Potentiometers und tragen Sie die Kennlinie über drei Umdrehungen hinweg in das Diagramm 4.7 ein!

Anzahl Halbschritte n_H	
“Toter Winkel“ φ_T	

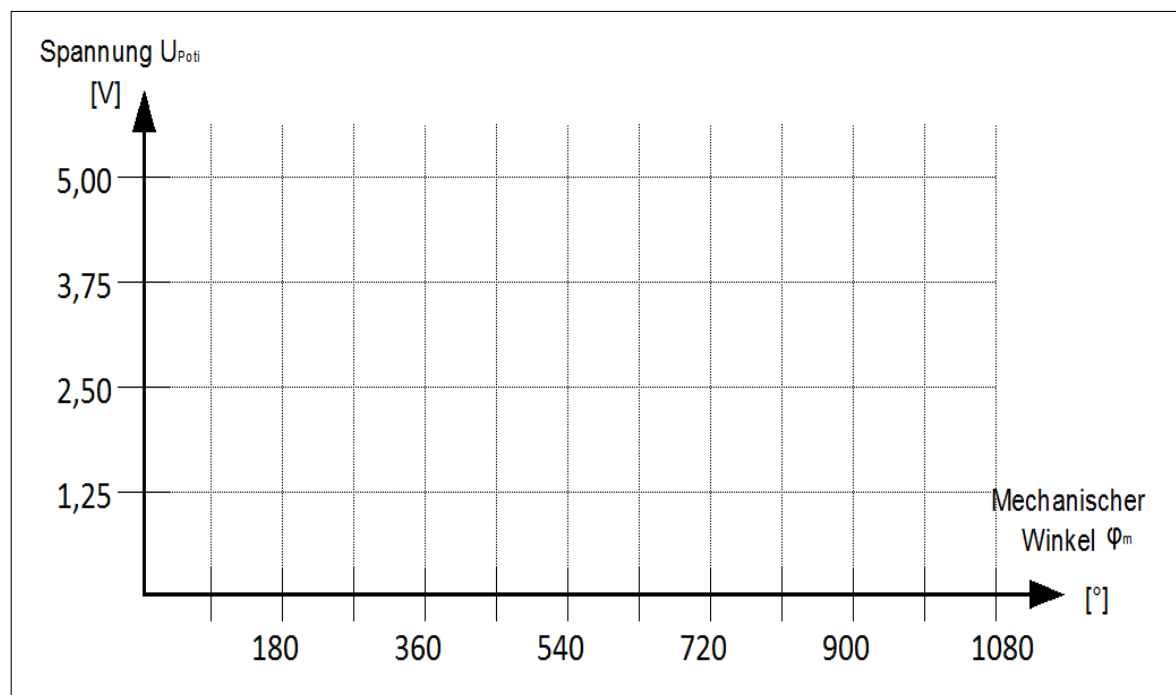


Abbildung 4.7: Spannungskennlinie des Potentiometers

4.1.4 Haltemoment in Abhängigkeit der Spannung

Das Haltemoment ist die Kraft, die der Schrittmotor im Stillstand einer von außen angreifenden Kraft entgesetzt um die Welle im aktuellen Schritt zu halten. Das Haltemoment ist eine wichtige Kenngröße für Schrittmotoren.

Im Folgenden soll die Abhängigkeit des maximalen Haltemoments von der Spannung untersucht werden. Führen Sie dazu zwei Messreihen durch:

Mit einer und mit zwei unter Spannung stehenden Spulen und vergleichen Sie diese hinsichtlich ihres Haltemoments!

Vorgehensweise:

Haken Sie die Waage in Bohrung 5 des Zeigers ein und ziehen Sie sie behutsam nach oben (vgl. Abb. 4.8). Ermitteln Sie nun für verschieden hohe Spannungen den maximalen Ausschlag an der Waage bevor die Achse in die nächste feste Position rastet.

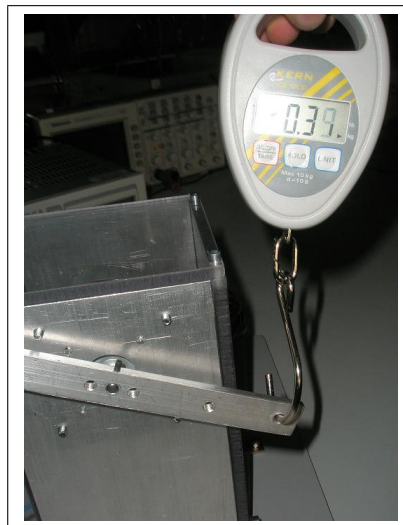


Abbildung 4.8: Messung mit der Digitalwaage

Notieren Sie die maximalen Werte in der Tabelle 4.3.

	eine Spule		zwei Spulen	
Spannung U [V]	Gewicht [kg]	max. Haltemoment M_{Hmax} [Ncm]	Gewicht [kg]	max. Haltemoment M_{Hmax} [Ncm]
2,5				
5,0				
7,5				
10,0				
12,5				
15,0				

Tabelle 4.3: Spannungsabhängiges Haltemoment

Berechnen Sie nun das jeweilig maximale Haltemoment über folgenden physikalischen Zusammenhang und ergänzen Sie die Werte in Tabelle 4.3.

$$M_H = m \cdot g \cdot r$$

wobei:

M_H = Haltemoment [Nm]

m = Masse [kg]

g = Erdbeschleunigung [N/kg]

r = Radius [m]

Hinweis 4 Achten Sie auf die korrekte Einheit! Bei Schrittmotoren wird das Haltemoment üblicherweise in Ncm angegeben.

Tragen Sie nun Ihre Werte, beider Messreihen, in das Koordinatensystem 4.9 ein.

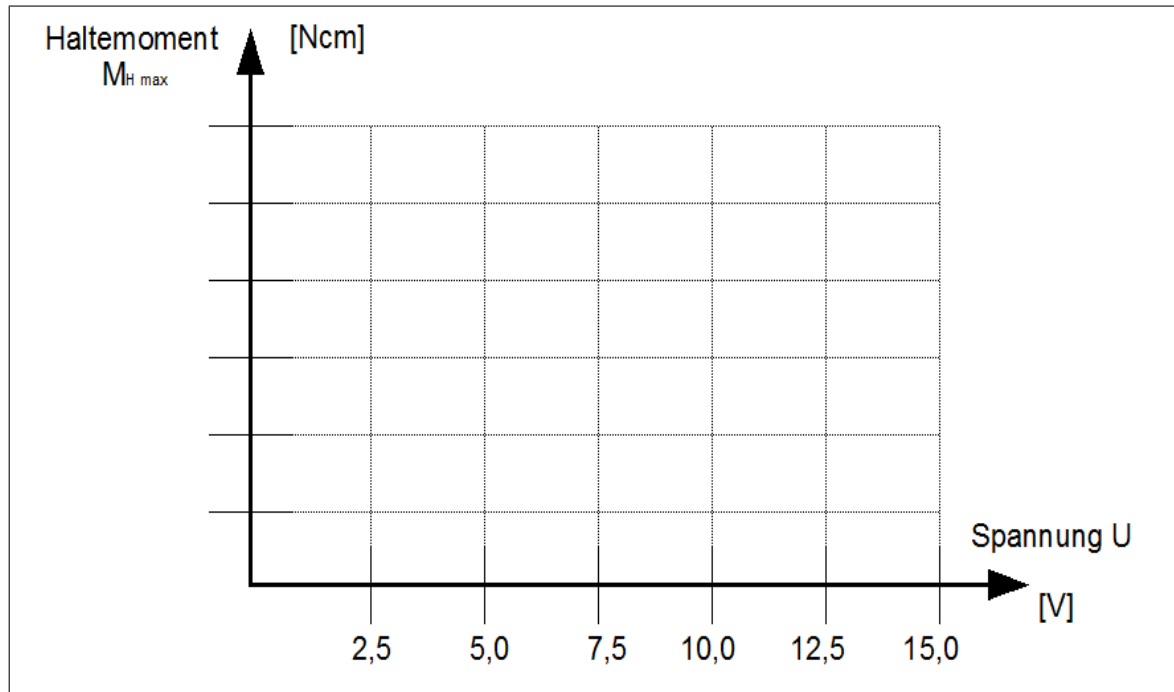


Abbildung 4.9: Vergleich der Haltemomentet

Ziehen Sie anhand Ihres Ergebnisses Rückschlüsse auf den Halb- und Vollschrittbetrieb!

4.1.5 Haltemoment in Abhängigkeit der Auslenkung

Wie Sie bei der Durchführung des Versuchs 4.1.4 bemerkt haben ist das Haltemoment bei jeder Auslenkung anders. Jetzt soll ermittelt werden bei welcher Auslenkung in Grad das höchste Haltemoment anliegt. Das Rasten des Zeigers von einer Position in die nächste bei fest angelegter Spannung entspricht einer vollen elektrischen Umdrehung und somit (elektrische) 360° . Folglich liegt der Kippunkt bei 180° (vgl. Abb. 4.10).

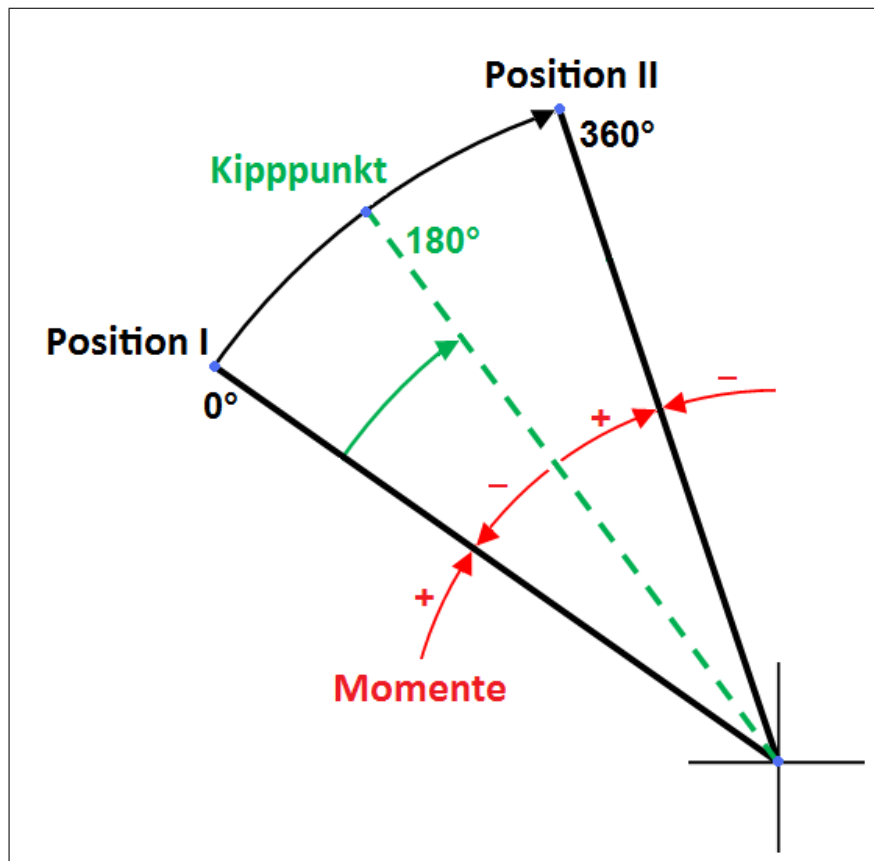


Abbildung 4.10: Definition der Auslenkung

Vorgehensweise:

Legen Sie eine feste Spannung an den Spulen an! (Empfehlung: jeweils 10V um höhere Kräfte messen zu können)

Erfassen Sie jetzt gleichzeitig Gewichte mit Hilfe der Waage und die dazugehörigen Spannungen mit dem Potentiometer an mehreren verschiedenen Auslenkungspunkten bis maximal 180° ! Notieren Sie sich einige Messpunkte in der Tabelle 4.4.

Messpunkt	Masse m [kg]	Spannung U [V]	Haltemoment M_H [Ncm]	Auslenkung φ_e [°]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Tabelle 4.4: Auslenkung in Prozent

Berechnen Sie anschließend über das Verhältnis der manuell erzeugten Spannungsänderung zu der maximalen Spannungsänderung eines Schrittes die genaue Auslenkung in Grad für Ihre Messpunkte!

Berechnen Sie das jeweilige Haltemoment mit Hilfe der Formel aus Aufgabe 4.1.4!

Tragen Sie nun ihre Messpunkte in das Koordinatensystem 4.11 ein!

Hinweis 5 Beachten Sie beim Eintragen in das Koordinatensystem die Vorzeichen Ihrer Drehrichtung und des Haltemoments! Der Rechtslauf soll als positive Drehrichtung angenommen werden!

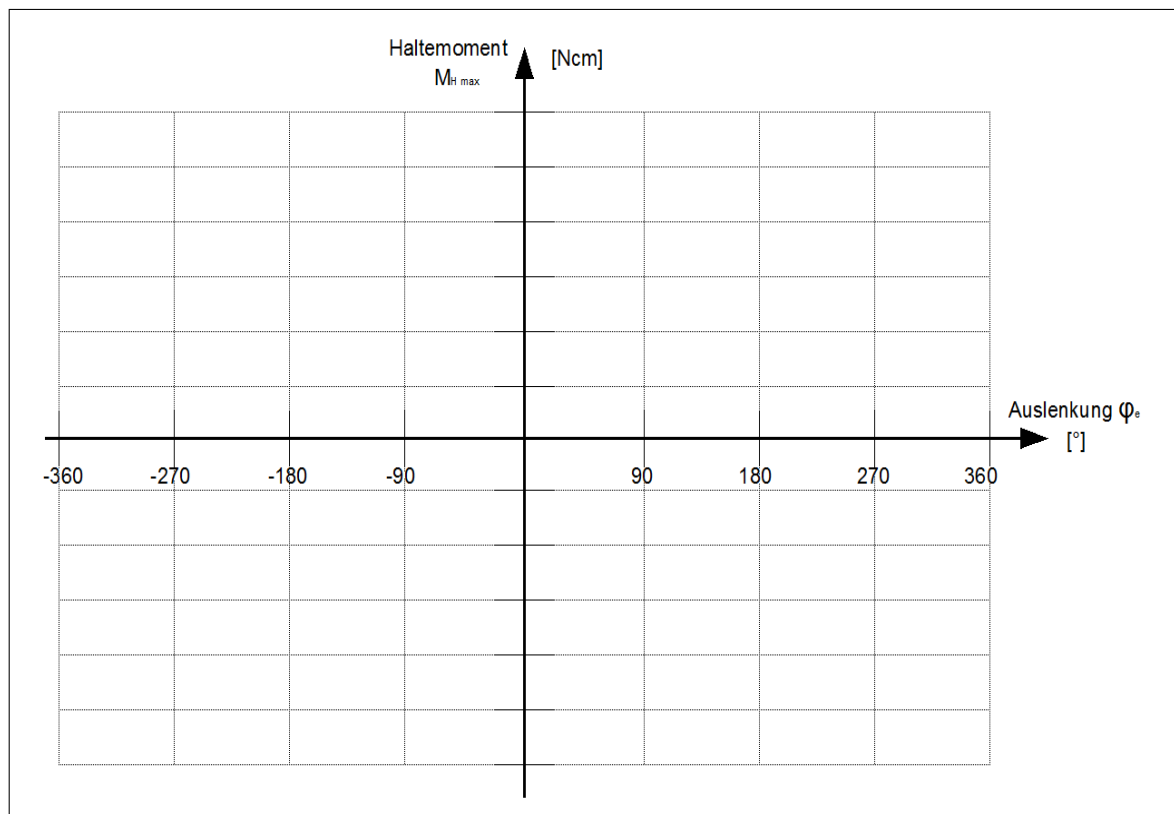


Abbildung 4.11: Auslenkungsabhängiges Haltemoment

Überlegen Sie wie Ihre Kurve weiterverläuft und ergänzen Sie die Zeichnung bis zur 360°igen Auslenkung!

4.2 Softwareunterstütztes Ansteuern des Motors

4.2.1 Einführung in die Schrittmotorsoftware

Der Schrittmotor wird ab jetzt mit Hilfe des Programms SM1.vee angesteuert. Dazu muss die Verkabelung und Spannungsversorgung nach Abb. 4.12 geändert werden!

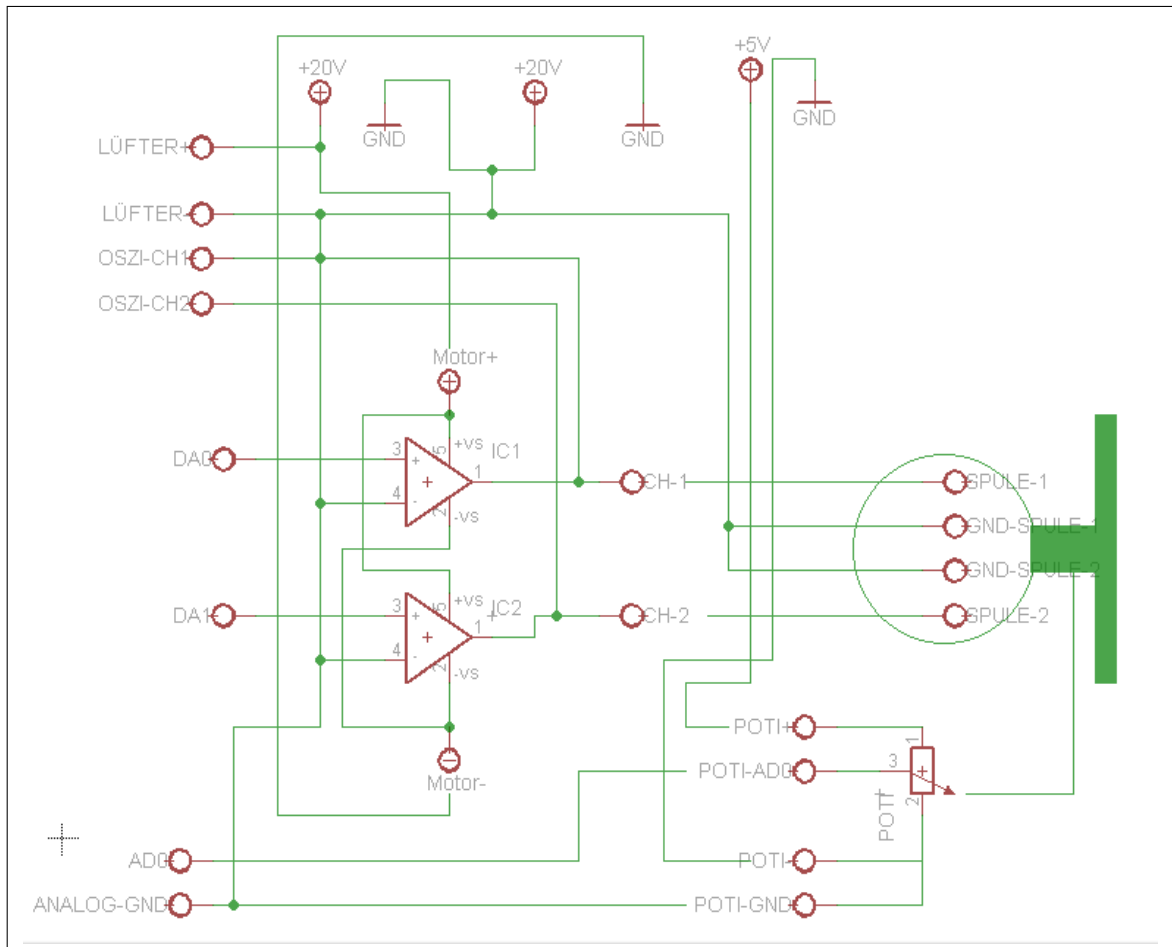


Abbildung 4.12: Verkabelung mit Software

Folgen Sie nachstehendem Pfad um das Programm zu öffnen:

Q:/Benutzerdaten/Mechatronische Systeme/Schrittmotor/SM1.vee

Je nach Einstellung lässt sich mit diesem Programm wahlweise die Schalterbox aus den letzten Versuchen simulieren oder der Motor automatisch mit verschiedenen Betriebsarten und Frequenzen ansteuern. Zudem kann hier die maximale Spannung von $\pm 15\text{V}$ softwaretechnisch begrenzt werden. Das Diagramm zeigt die vom Potentiometer gemessene Auslenkung als fortlaufende Spannungsanzeige (vgl. Abb. 3.6).

Um die Grundlage für die folgenden Versuche zu bilden ist es sinnvoll sich an dieser Stelle spielerisch mit den fünf zur Verfügung stehenden Betriebsarten vertraut zu machen.

Hinweis 6 *Nähere Informationen zu den einzelnen Komponenten der Bedienoberfläche können Sie in Kapitel 3 nachschlagen.*

Hauptaugenmerk soll dabei auf dem Microschritt liegen. Schalten die Ströme in den Spulen nicht abrupt um, sondern verändert sich die Amplitude nahezu kontinuierlich, ergibt sich der Microschrittbetrieb, der sich durch besonders gute Laufruhe und erhöhte Auflösung auszeichnet. Nachteilig ist zu erwähnen, dass die Erzeugung eines geeigneten Spannungssignals erheblich aufwändiger ist.

Vergleichen Sie den Spannungsverlauf am Oszilloskop und das Schwingverhalten im Auslenkungsdiagramm zwischen Voll- Microschrittbetrieb!

Skizzieren Sie beides grob in nachfolgende Diagramme!

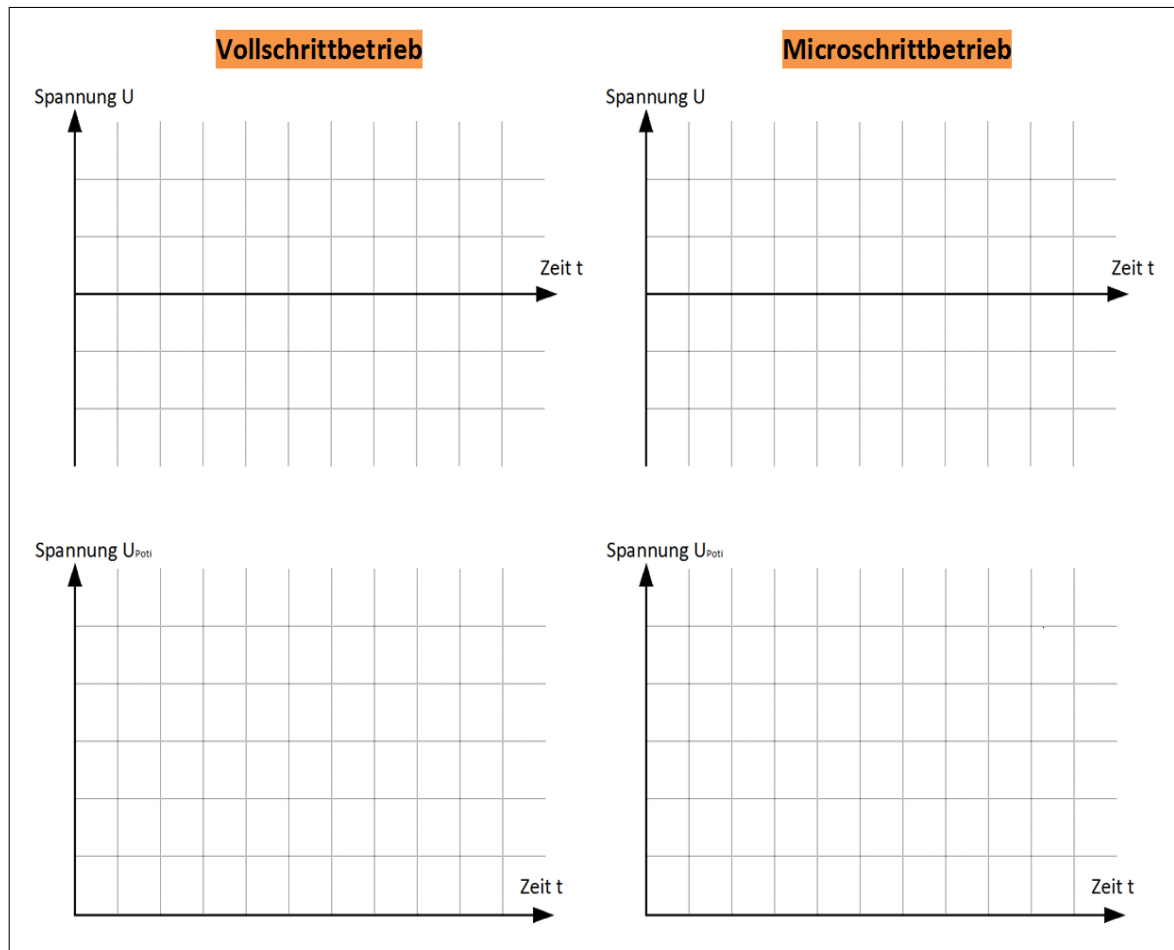


Abbildung 4.13: Spannungsverlauf und Schwingverhalten

Welcher Ideallinie versucht sich der Microschritt im Auslenkungsdiagramm zu nähern?
Ergänzen Sie sie im entsprechenden Diagramm!

4.2.2 Belastung des Drehmoments

In diesem Versuch soll das Drehmoment M_D des Motors dynamisch mit verschiedenen Lastmomenten M_L belastet werden.

Hierfür wird das Gewicht (220g) nacheinander an den fünf Bohrungen des Zeigers montiert, um die Drehbewegung verschieden stark zu erschweren.

Vermessen Sie zuerst die Radien vom Achsmittelpunkt zu den Bohrungen und errechnen Sie dann die Lastmomente M_L . Notieren Sie beides in Tabelle 4.5.

Bohrung	Radius r [cm]	Lastmoment M_L [Ncm]	Lastmoment überwunden? [ja / nein]
1			
2			
3			
4			
5			

Tabelle 4.5: Berechnung der anzulegenden Lastmomente

Die Abbildung 4.14 zeigt die Haltemomentkurven zweier aufeinanderfolgender Schritte im Vollschrittbetrieb bei einer Spannung von 10V. Eine der Kurven sollte Ähnlichkeit mit Ihrem Ergebnis aus dem Diagramm 4.9 aufweisen!

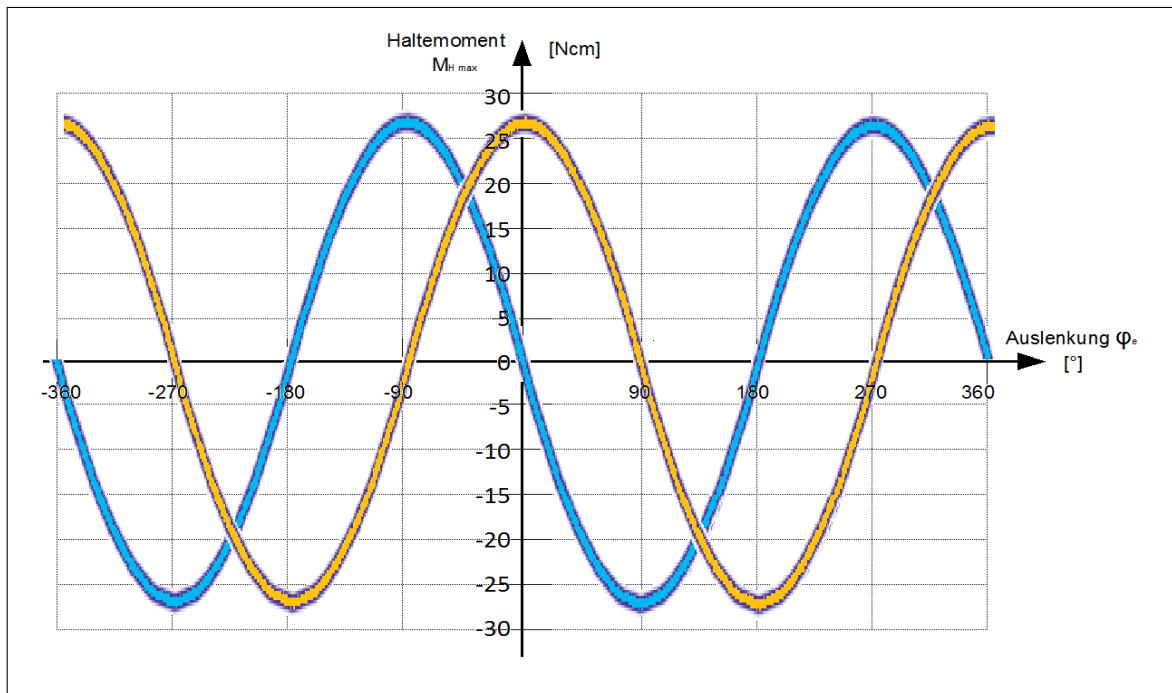


Abbildung 4.14: Haltmoment beim Schrittwechsel

Tragen Sie die oben errechneten Lastmomente M_L in die Zeichnung ein!

Montieren Sie anschließend das Gewicht an Bohrung 1 und treffen Sie folgende Einstellungen im Programm, die über die Messreihe hinweg konstant bleiben sollen:

Betriebsart:	Vollschrittbetrieb
Spannung:	10V
Frequenz:	1Hz

Starten Sie jetzt den Motor und testen Sie, ob der Motor das Lastmoment überwinden kann! Notieren Sie sich Ihre Beobachtung in Tabelle 4.5.

Liegt ein zu großes Lastmoment an “rastet“ der Schrittmotor “aus“. Dieses Verhalten bezeichnet man als Schrittverlust. In diesem Fall geht die Information über die aktuelle Position des Schrittmotors verloren.

Wiederholen Sie diesen Vorgang für alle fünf Radian!

Vergleichen Sie anschließend Ihr Ergebnis mit dem Diagramm 4.14. Sind Ihre Erwartungen eingetroffen?

Wo kann man aus diesem Diagramm das maximale Drehmoment M_D herauslesen?

Drehmoment M_D	
------------------	--

Welche Aussage lässt sich über das Verhältnis von Haltemoment M_H zu Drehmoment M_D bei Schrittmotoren treffen?

Ihre Theorie soll wie folgt überprüft werden:

1. Kräftegleichgewicht zwischen Haltemoment und Lastmoment erzeugen:

Wechseln Sie in die Betriebsart “Schalterbox Simulator“ und legen Sie an beiden Spulen eine Spannung von 15V an. Reduzieren Sie nun langsam die Spannung im Programm so, dass der Zeiger im Stillstand das Gewicht gerade noch in der waagrechten Position halten kann!

2. Kräftegleichgewicht zwischen Drehmoment und Lastmoment überprüfen:

Nun soll der Motor versuchen das Gewicht mit der gerade festgelegten, minimalen Spannung zu heben. Verwenden Sie hierzu wahlweise den Schalterbox Simulator oder den Vollschrittbetrieb.

Zeichnen Sie zum Abschluss die Bereiche der Momentreserve und des Schrittverlusts im Diagramm ein!

4.2.3 Drehmomentvergleich zwischen Voll- und Microschrittbetrieb

Wie Sie bereits aus dem Versuch 4.1.4 wissen, sind bei höherer Spannung größere Momente möglich. In diesem Teil des Praktikums sollen Sie herausfinden, ob auch die Betriebsart einen Einfluss auf das maximale Drehmoment eines Schrittmotors hat.

Montieren Sie das Gewicht an Bohrung 1 und treffen Sie folgende Voreinstellungen:

Betriebsart: Vollschrirbtetrieb
Spannung: 15V
Frequenz: 1Hz

Reduzieren Sie nach dem Anlaufen die 15V langsam auf die minimal nötige Spannung, um das Lastmoment gerade noch überwinden zu können. Notieren Sie sich diesen Wert in Tabelle 4.6.

Stellen Sie die Spannung zurück auf 15V und wiederholen Sie diesen Vorgang im Microschrittbetrieb und für alle weiteren Bohrungen.

Bohrung	Lastmoment M_L [Ncm]	Spannung U_{Vmin}	Spannung U_{Mmin}
1			
2			
3			
4			
5			

Tabelle 4.6: Minimal nötige Spannungen im Vergleich

Übertragen Sie außerdem Ihre bereits berechneten Lastmomente aus Tabelle 4.5 und zeichnen Sie mit deren Hilfe zwei Kurven in das Koordinatensystem 4.15.

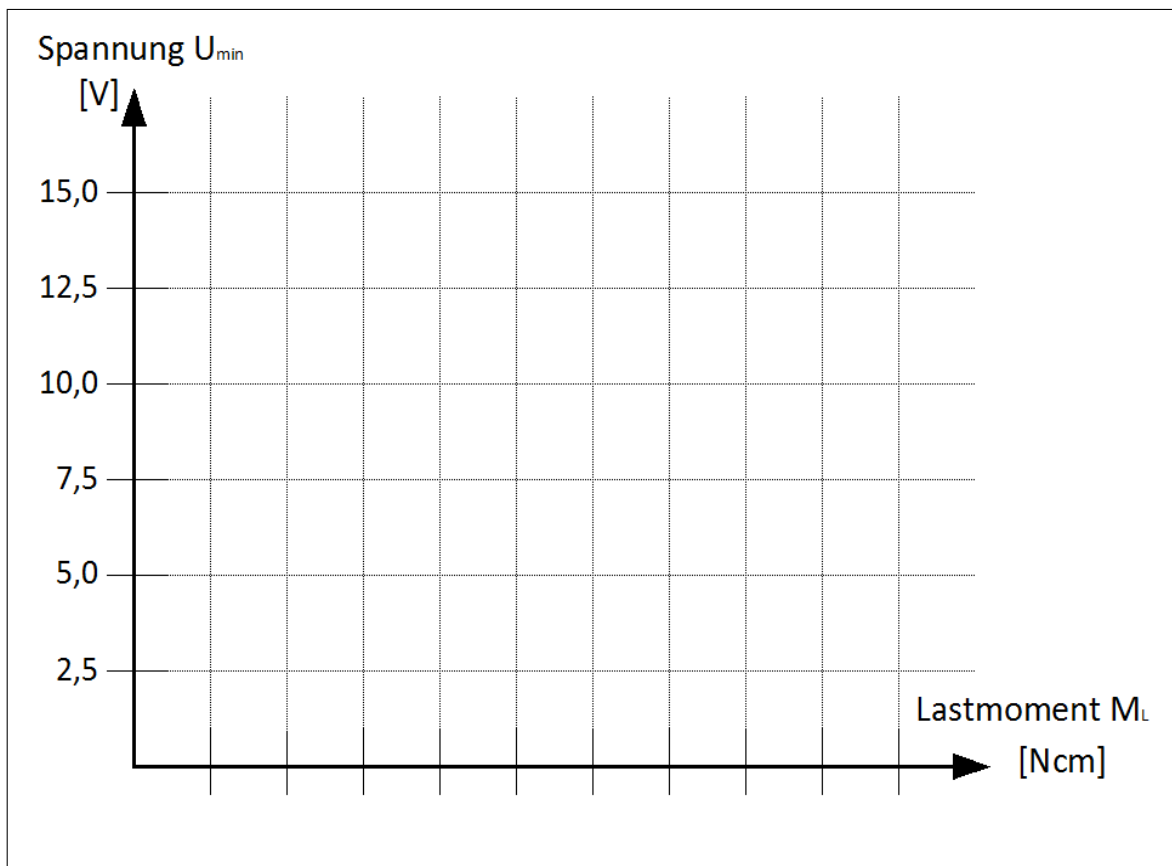


Abbildung 4.15: Voll- und Microschritt im Vergleich

Grundsätzlich hat der Schrittmotor im Vollschrittbetrieb das höchste Drehmoment, allerdings auch die am stärksten ausgeprägten Resonanzstellen, die sich wiederum negativ auf das Drehmoment auswirken. Sollte jedoch die Drehzahl in der Nähe der Eigenfrequenz liegen, kann es vorteilhafter sein zum Mikroschrittbetrieb zu wechseln, da in dieser Frequenz ohnehin nicht das volle Drehmoment des Motors genutzt werden kann.

4.2.4 Ermittlung der Eigenfrequenz

Der Schrittmotor stellt im Grunde ein schwingungsfähiges System dar, bestehend aus dem sich bewegenden Rotor mit Trägheitsmoment und einem magnetischen Feld, das eine Rückstellkraft auf den Rotor erzeugt. Bei jedem Schritt wird eine gedämpfte Schwingung erzeugt. Mit zunehmender Frequenz wird der Einschwingvorgang bereits vom Folgeimpuls überlagert und der Drehzahlverlauf glättet sich.

Wie glatt der Motor läuft hängt vom Verhältnis von Ansteuerfrequenz zur Eigenfrequenz ab. Überlagern sich die Frequenzen wird die Schwingung verstärkt, sodass Schrittverlust auftreten kann.

Wird die Frequenz sehr hoch eingestellt kann die Mechanik im ungünstigsten Fall dem Magnetfeld gar nicht mehr folgen und der Rotor vibriert summend zwischen zwei Rastungen.

Ihre Aufgabe ist es nun die Eigenfrequenz herauszufinden! Treffen Sie hierfür folgende Voreinstellungen im Programm:

Betriebsart:	Vollschrittbetrieb
Spannung:	10V
Frequenz:	1Hz

Beobachten Sie das Auslenkungssignal und drücken Sie zu einem geeigneten Zeitpunkt den Stop Button (vgl. Abb. 4.16).

Auf der x-Achse des Diagramms ist nicht die Frequenz aufgetragen, sondern Messpunkte. Deshalb ziehen Sie die Spanne, der von Ihrer selbst eingestellten Ansteuerfrequenz von 1Hz als Berechnungsgrundlage heran, wie in Abbildung 4.16 dargestellt.

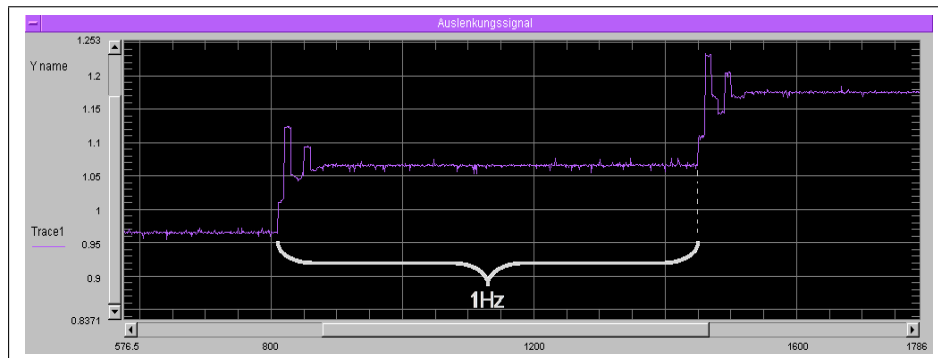


Abbildung 4.16: Ansteuerfrequenz von 1Hz als Berechnungsgrundlage

Bei einem gedämpften System wird die Amplitude über die Zeit geringer während die Frequenz konstant bleibt. Daher können Sie die Sie die Eigenfrequenz ablesen wo Sie möchten (vgl. Abb. 4.17).

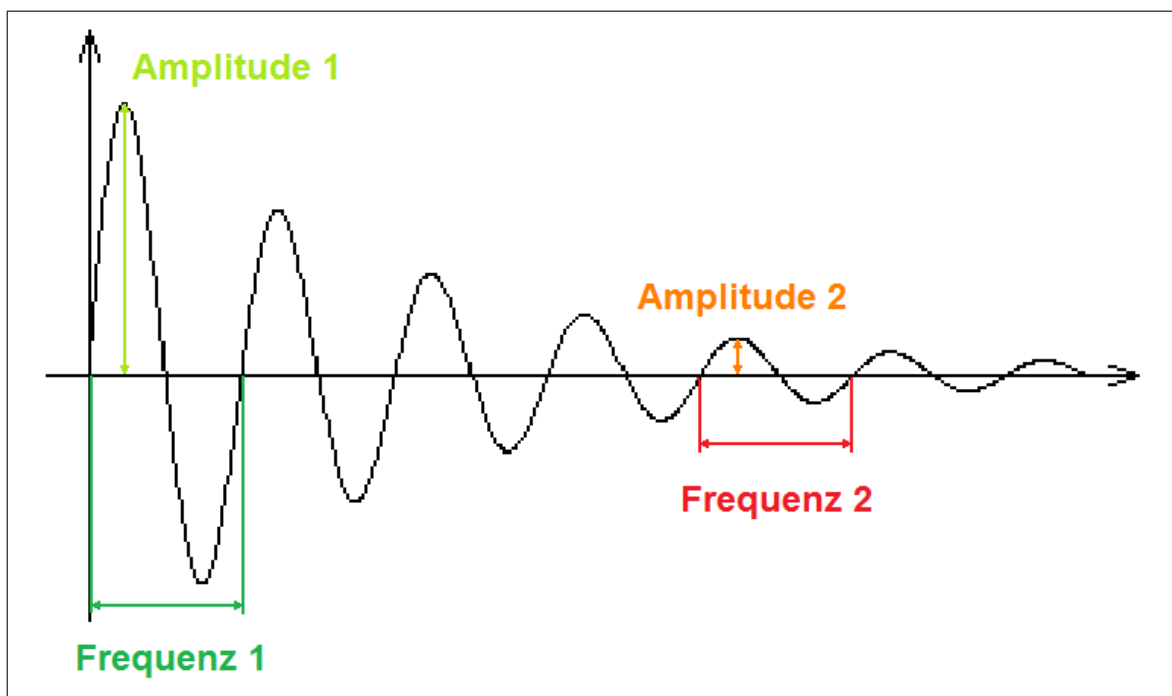


Abbildung 4.17: Amplitude und Frequenz eines gedämpften Systems

Berechnen Sie jetzt die Eigenfrequenz des Schrittmotors!

Eigenfrequenz f_{eig}	
-------------------------	--

Erhöhen Sie danach die Frequenz schrittweise, während Sie das Auslenkungssignal beobachten. Wenn Sie in den Bereich Ihrer errechneten Eigenfrequenz kommen sollten Sie ein vergleichbares Signal wie in Abbildung 4.18 gezeigt erhalten.

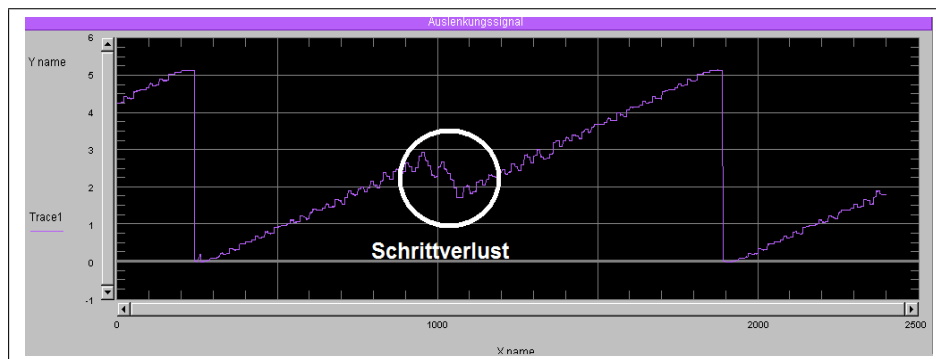


Abbildung 4.18: Schrittverlust bei Eigenfrequenz

Mit noch höheren Frequenzen können Sie diesen Bereich der Überlagerung wieder verlassen und Sie werden eine verstärkte Ähnlichkeit zum Microschritt feststellen. Bremsen Sie den Zeiger von Hand um eine spürbare Abnahme des Drehmoments bei hohen Drehzahlen festzustellen zu können. Gehen Sie letztlich auch noch bis 100Hz weiter, um auch den Effekt im Falle einer Überforderung des Motors zu sehen.