

# Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	2
2	Mechanik	2
3	Hardware	4
4	Physikalisches Modell	5
5	Messablauf	5
6	Messschleife	5
7	Code	6
8	Messdaten	6
9	Auswertung	6
10	Conclusio	6
A	This is an Apendix	6

# 1 Aufgabenstellung

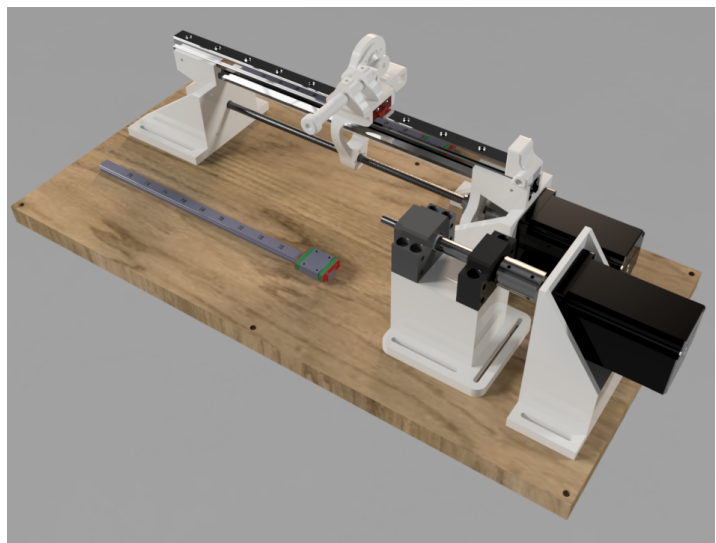
Bau eines automatischen Coil-Winders für Drahtdurchmesser bis zu AWG 42 klein. Spulenkörper mit kreisförmigen Querschnitt, als auch mit nicht rotationssymmetrischem Querschnitt, sollen sowohl mit paralleler Drahtführung mehrlagig gewickelt werden können. Für nicht rotationssymmetrische Spulenkörper muss eine automatische Drahtspannungsvorrichtung konstruiert werden, welche eine zuvor einstellbare Spannung aufrechterhält. Die Drahtspannung soll mittels einer Wägezelle indirekt gemessen werden und die Daten zur Analyse des Wicklungsablaufes verwendet werden.

Das Wavewinding und Scatterwinding wurde nicht umgesetzt, da die Zeit für die Testung und Verbesserung des Notwendigen Arms nicht gereicht hat und die Scattersoftware steuerungstechnisch, sowohl software-, wie auch hardwareseitig, zu kompliziert (in der gegebenen Zeit) war. Als Grundlage für die Motorsteuerung wurde das 'Enceladus'-Projekt von Jan Enenkel verwendet, welcher uns dies dankenswerterweise zur Verfügung gestellt hat. Im Gegensatz zum Projektvorschlag wurde der Dancerarm, des Spannsystems, nicht mithilfe eines Magneten, sondern mit einer Rückstellfeder, realisiert.

## 2 Mechanik

Aufgeteilt ist das Projekt in zwei mechanische Untersysteme, das Drahtspannsystem und der Winder. Beide Systeme wurden mit 3D-Druck-Teilen aus PETG und Frästeilen aus MDF gebaut und mithilfe unterschiedlicher Schraubensysteme verbunden. Mit Ausnahme der Kaufteile und des Aufnahmewelle, welcher aus hochfestem Stahl passgenau gedreht wurde.

Der Winder besteht aus einer reinen Drehachsen, sowie einem Lineartisch mit gekoppelter Trapetzspindel. Beide Achsen werden jeweils durch einen Steppermotor bewegt. Für die Spulenwicklung, wird der Spulenkörper am Linksgewinde der Aufnahmewelle befestigt und die Achse vom Motor im Uhrzeigersinn gedreht. Die Trapetzspindel kann hingegen in beide Richtungen gedreht werden, bzw. der Lineartisch in beide Richtungen fahren, wodurch die Position des, durch den am Tisch befestigten Aufnahmedorn



laufenden, Drahtes, relativ zum Spulenkörper, verändert werden kann. Der Aufnahmedorn ist dreiteilig und besteht aus einer Röhre mit Außengewinde, einer Abdeckkappe mit Innengewinde und einem Einlageblatt aus Teflon. Das Einlageblatt wurde mit einer CNC-Fäse hergestellt und passt genau in die Innepassung der Aufnahmedornröhre. In der Mitte wurde mit einem Feinbohrer ein 0.5 mm starkes Loch, zur Führung des Drahtes, gebohrt. Des Weiteren ist am Lineartisch ein Rotary-Encoder verbaut, sowie ein Gleitlager zur Drahtführung. Sowohl die Gleitlagerhalterung nahe dem Encoder, als auch der Aufnahmedorn, enthalten im Inneren einen Einsatz aus Teflon, um die Reibung zwischen Draht und Führung klein zu halten und Abreibung der Drahtisolation zu vermeiden.



Um einen gleichmäßigen Wicklung zu gewährleisten, muss die Drahtspannung einstellbar sein und von dieser Idealspannung nur in einem kleinen/bekannten Intervall abweichen. Hierzu wird die Rückstellkraft, die auf den Draht wirkt, durch zwei Schrauben, welche zwei mit Filz beklebte Platten zusammendrücken, eingestellt. Der Draht wird anschließend durch drei Kugellager geführt, wobei das zweite auf einer Wägezelle montiert ist und die Positionierung so gewählt ist, dass ein- und auslaufender Draht, am Kugellager der Wägezelle, ca. einen Winkel von 180° einschließen. Danach wird der Draht über ein weiteres Kugellager, montiert auf einer, mittels Langloch arretierbaren, Leiste, geführt. Von dort aus läuft er über das letzte Lager, welches am Tänzerarm befestigt ist. Dieser Arm ist kugellagert und ca. in der Mitte mit einer Feder verbunden. An dieser Feder ist an ihrem anderen Ende eine Schnur befestigt, welche durch einen Steppermotor aufgewickelt werden kann, um so die Feder zu spannen. Der bewegliche Arm kann



### 3 Hardware

- HX711
- Arduino UNO (ATMEGA328p)
- TMC2209 Driver
- Schaltplan
- Wägezelle
- Steppermotor ACT 24HS5430D8L2 full step  $1,8 \pm 5$  per step; 3 A/phase; 2,4 V; 150 N.cm Haltemoment;  $350 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$  Drehmoment;
- Netzteil
- Stepdownconverter

## 4 Physikalisches Modell

Die verwendeten Spulenkörper sind geometrisch allesamt Zylinder. Somit ist für die Modellierung der Drahtwicklung nur die Umrandungskurve der Grundfläche und die Höhe des Zylinders ausschlaggebend. Der gewickelte Draht kann dementsprechend als Raumkurve aufgefasst werden, woraus wiederum das Verhältnis der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  von Hauptachse  $HA$  und Nebenachse  $NA$  abgeleitet werden kann. Für eine parallele Wicklung besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den Winkelgeschwindigkeiten der Achsen. Es gilt:

$$\omega_{HA} = \pm K_{xy} \cdot \omega_{NA} \quad (1)$$

Das Vorzeichen bestimmt hier die Wicklungsrichtung der jeweiligen Lage. Für den Skalierungsfaktor  $K_{xy}$  gilt der folgende Zusammenhang:

$$K_{xy_{ideal}} = \frac{h_G}{D \cdot 2\pi} \quad (2)$$

wobei  $D$  den Drahtdurchmesser in mm und  $h_G$  die Ganghöhe, bzw. Steigung, der Trapezspindel in mm/2 $\pi$  beschreibt. Abweichungen vom idealen Skalierungsfaktor können aufgrund von mehreren Störgrößen auftreten. Hierunter fallen das Umkehrspiel der Trapezmutter, Stepverluste der Motoren, elastische Verformung der Konstruktion und die Änderung des Drahtaustrittswinkels durch Verlaufen des Drahtes, bedingt durch Reibung zwischen Spulenkörper und Wickelmedium, oder Draht auf Draht. Da es für uns mit dem vorhandenen Setup nicht möglich war die Störgrößen zu isolieren und einzeln zu vermessen, werden diese in dem Korrekturfaktor  $C$  zusammengefasst. Daraus folgt für den realen Achsenskalierungsfaktor der folgende Zusammenhang:

$$K_{xy} = \frac{h_G}{D \cdot 2\pi} \cdot C \quad (3)$$

Hieraus abgeleitet ergibt sich für, hardware bedingt, das Stellkonzept, dass immer der, sich schneller zu drehende, Motor angesteuert wird und der zweite Motor diesem immer, skaliert mit  $K_{xy}$ , folgt.

Spannsystem durch angenommen konstante Rückstellkraft der Filzpatschen; Federgetriebener Arm; theoretisch keine Auslenkung bei konst. geschwindigkeit, real schwingt er immer leicht; Feder als immer perfekt vertikal ausgelenkt approximiert winkel vernachlässigt geschwindigkeitsabhängige Kraft HA-seitig; Draht durch WZ-Kugellager genau 180° Zug nach oben;

=> Kraft am WZ-Kugellager = 2 \* Drahtspannung; Winkelungenauigkeiten wurden hier wieder vernachlässigt

$$F_{WZ} = 2 \cdot \tau \quad (4)$$

=> KEINE ERKLÄRUNG BIS JETZT: bei höher kraft von motor biegt arm weiter durch. UNBEDINGT ABCHECKEN OB DRAHTSPANNUNGSÄNDERUNG IN DATEN ERSICHTLICH ODER NUR ARMEFFEKT?????

Lagenabhängigkeit von Kraft

Annahme: Reibungen geschwindigkeitsunabhängige nur Gleit- und Rollreibung, Kräftegleichgewicht nicht geschwindigkeitsabhängige (außer nicht rotationssymmetrischer Spulenkörper)

## 5 Messablauf

Bestimmung des realen Skalierungsfaktors beschreiben sie kapitel physik

Das zuwickelnde Medium (Faden, Draht, etc.) wird durch das Spannsystem und die Maschine eingeführt und am Spulenkörper befestigt. Die Maschine wird, mittels Commandlinebefehlen im Userinterface (UI), an ihre Startposition gefahren. Danach wird der Befehl zum Start des Kalibrationsscriptes gegeben, woraufhin das Programm einen zum tarieren der Wägezelle, sowie zum Messen eines Referenzgewichtes, auffordert. Danach kann der Befehl zum Start des Windingscriptes gesendet werden. Dieses Starten die Datenübertragung über die Serielleschnittstelle an den Computer, danach beginnt der Wickelprozess. Bis zur Beendigung der Wicklung werden kontinuierlich Messdaten an den Computer übertragen. Für den genauen technischen Ablauf der Messung, siehe Abschnitt 6.

Anmerken wie genau das mit der Kalibration der Wägezelle war, bzw. da wir ja nur an relativ Werten interessiert sind, der schwankende Offset irrelevant ist (z.B. wegen Temperatur).

## 6 Messschleife

- Wie oft wird gesampelt?

- Wie wird gemittelt?
- Wie lange dauert die ganze Messschleife?
- Wie lange dauern die Messzeiten der einzelnen SW-Blöcke?

## **7 Code**

In der Dokumentation bitte vollständig hinzufügen

## **8 Messdaten**

## **9 Auswertung**

## **10 Conclusio**

## **A This is an Apendix**