

SELBSTREGELNDES SCHWUNGRAD

by Bastian Hannappel & Paul Janzen

1. Projektvorstellung

Das Projekt „Selbstregelndes Schwungrad“ im Rahmen des Moduls „Mechatronische Systeme 2“ im 5. Semester des Studiengangs Mechatronik handelt von einem Schwungrad, welches durch einen Motor an einer Halterung angebracht ist. Die Halterung ist an einer Stelle mit dem Boden verbunden, kann aber entlang einer Ebene um diesen Punkt rotieren. Durch ein Gyroskop erkennt ein Arduino, ob die Halterung senkrecht stehen. Sollte etwas die Halterung in eine Richtung kippen lassen, kann das Schwungrad durch gezielte Drehungen dem entgegenwirken und sich wieder senkrecht aufstellen.

2. Meilensteine

Datum	Meilenstein	Kommentar
28.09.2023	Projektstart	Kick-off Veranstaltung GET-Fachpraktikum
03.10.2023	Vorbereitung abgeschlossen	Projektidee eingereicht und Projektplan erstellt
17.11.2023	Planung abschließen	Anforderungen, Systementwurf, CAD-Dateien, Schaltpläne, Bauteile bestellen
25.12.2023	Projekt umgesetzt	Projekt fertig aufgebaut, Einzelkomponenten getestet und Programm fertiggestellt
18.01.2024	Projektmesse	Tests erfolgreich bestanden, Dokumentation in Wiki&Video

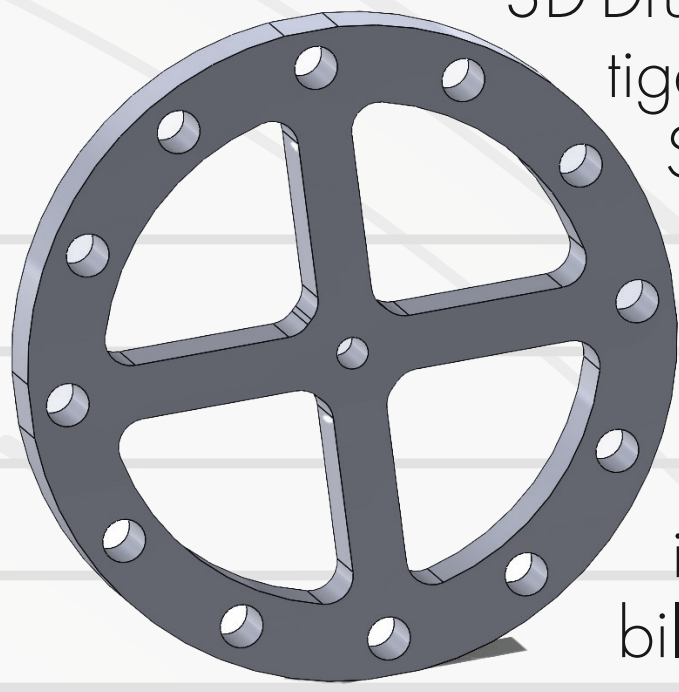
3. Hardware

Motor: Das Projekt wurde begonnen mit dem Einsatz eines 12V DC Motors und eines L298N Motortreibers für ein Schwungrad, jedoch zeigten sich Leistungsdefizite. Eine Überlegung war der Einsatz eines Nema 17 Schrittmotors, der sich aber aufgrund seiner komplexen Ansteuerung als ungeeignet erwies. Letztendlich fiel die Wahl auf einen Nidec 24h Servomotor, dessen integrierter Treiber eine unkomplizierte Implementierung erlaubte.

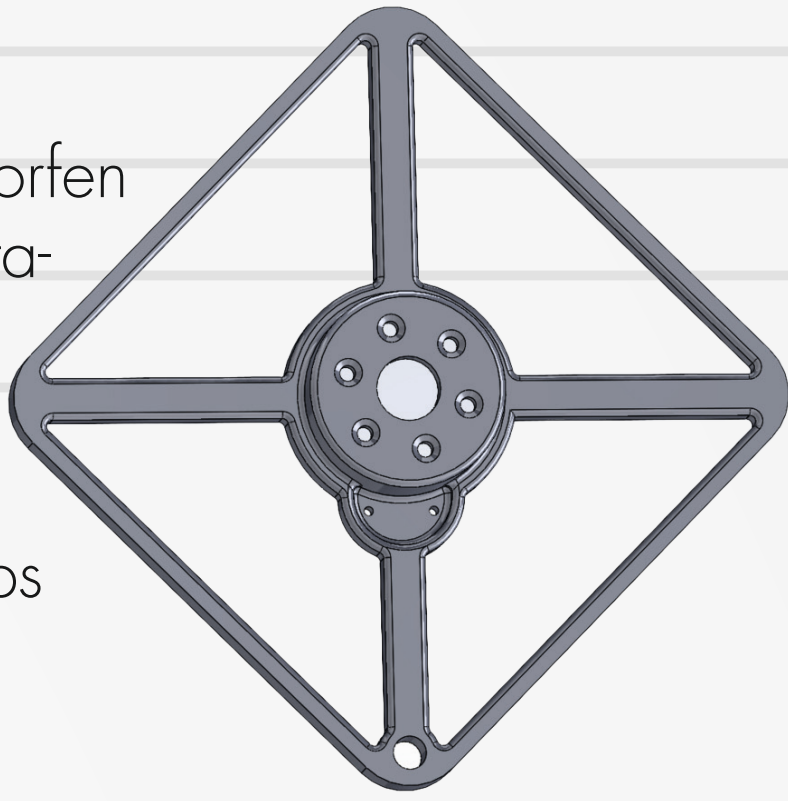


Gyroskop: Das Gyroskop MPU6050, das sowohl ein Gyroskop als auch einen Beschleunigungssensor integriert, liefert präzise Daten über Orientierung, Beschleunigung und Rotation. Ideal für Bewegungsanalyse und Lagebestimmung, wie in unserem Schwungrad-Stabilisierungsprojekt, kommuniziert es effizient via I2C-Bus mit Mikrocontrollern wie Arduino. Mit Unterstützung der Simulink Arduino Library lassen sich die Daten einfach auslesen und im Regelkreis verwenden, um das Schwungrad senkrecht zu halten.

Schwungrad & Halterung: Für Schwungrad & Halterung nutzten wir den 3D-Druck mit einem FDM-Drucker, um schnelle und kostengünstige Prototypen zu erstellen. Das rotationssymmetrische Schwungrad wird direkt auf dem Nidec 24H Motor montiert und verfügt über Löcher für M8 Schrauben zur Gewichtsanpassung.



Die Halterung, ebenfalls entworfen in CAD, gewährleistet eine stabile, vibrationsfreie Verbindung zum Boden und bietet flexible Montageoptionen für den Motor. Zwei spezielle Löcher zur Befestigung des MPU6050 Gyroskops sorgen für eine präzise Montage des Sensors.



4. Software

Unser Programmplanung zielte darauf ab, das selbstregelnde Schwungrad nach dem EVA-Prinzip (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe) zu steuern. Dies umfasste die Erfassung von Sensordaten (Eingabe), deren Verarbeitung durch einen eigens entwickelten Regler und die Umsetzung der berechneten Werte in die Motorsteuerung (Ausgabe).



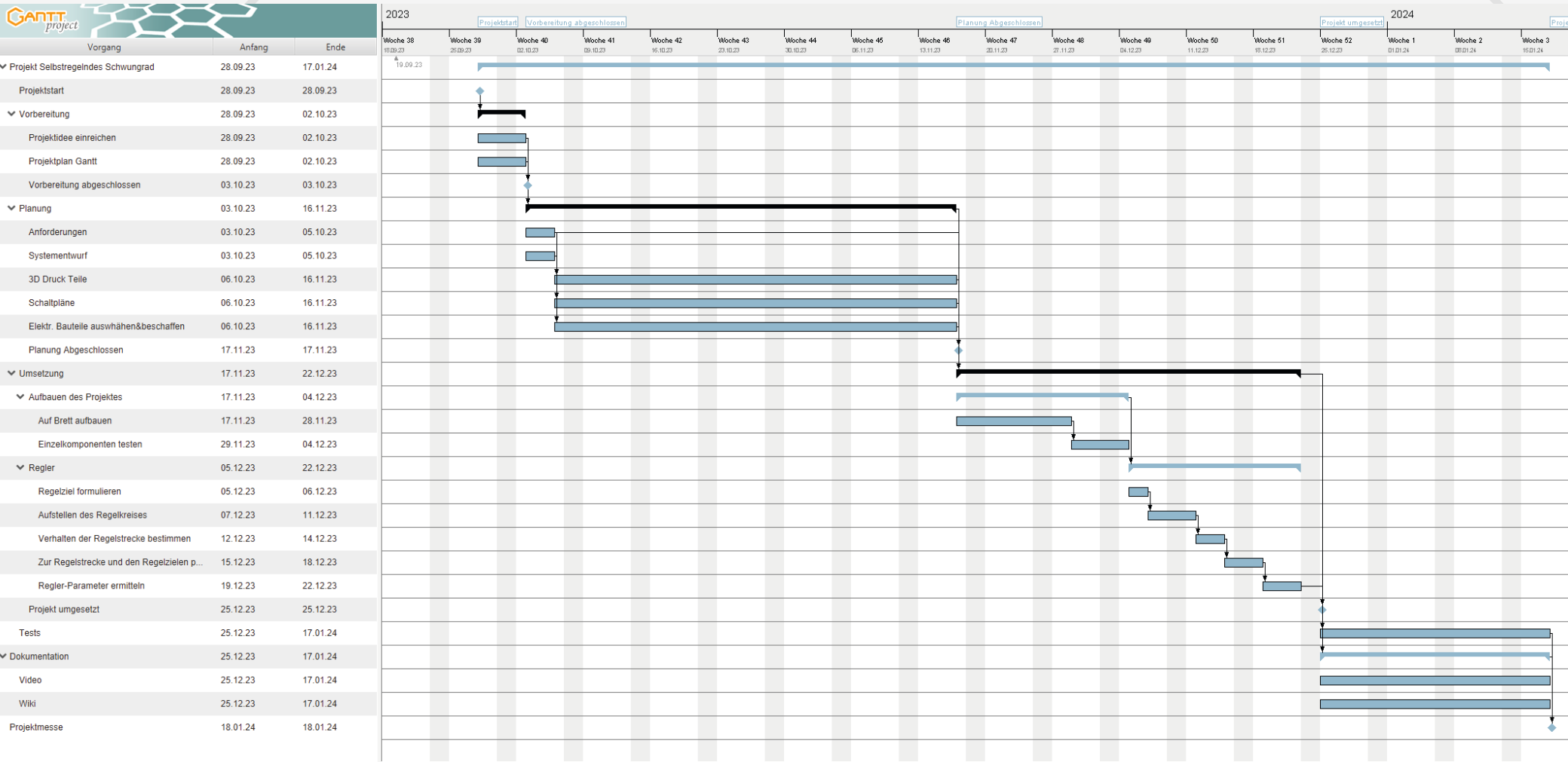
Im Eingabebereich nutzten wir den MPU6050 Sensor, integriert in Simulink mittels eines vordefinierten Bausteins, um präzise Beschleunigungs- und Gyroskop-Daten zu erfassen. Der Regler verarbeitete diese Daten, um die Motordrehgeschwindigkeit anzupassen. In der Ausgabephase wurde die Motorsteuerung genau auf diese Werte abgestimmt.

Als Motor verwenden wir einen Nidec 24H Motor mit integriertem Treiber. Die Herausforderung bestand darin, ein PWM-Signal mit einer Frequenz von 15-25kHz zu erzeugen, im Vergleich dazu hat ein normales Arduino PWM Signal eine Frequenz von circa 500Hz. Dies lösten wir mit der AVR_PWM Library, um so die Motorgeschwindigkeit präzise zu regulieren. Jeder Bereich unseres Systems wurde durch spezifische Komponententests überprüft, um Funktionalität und Effizienz zu gewährleisten.

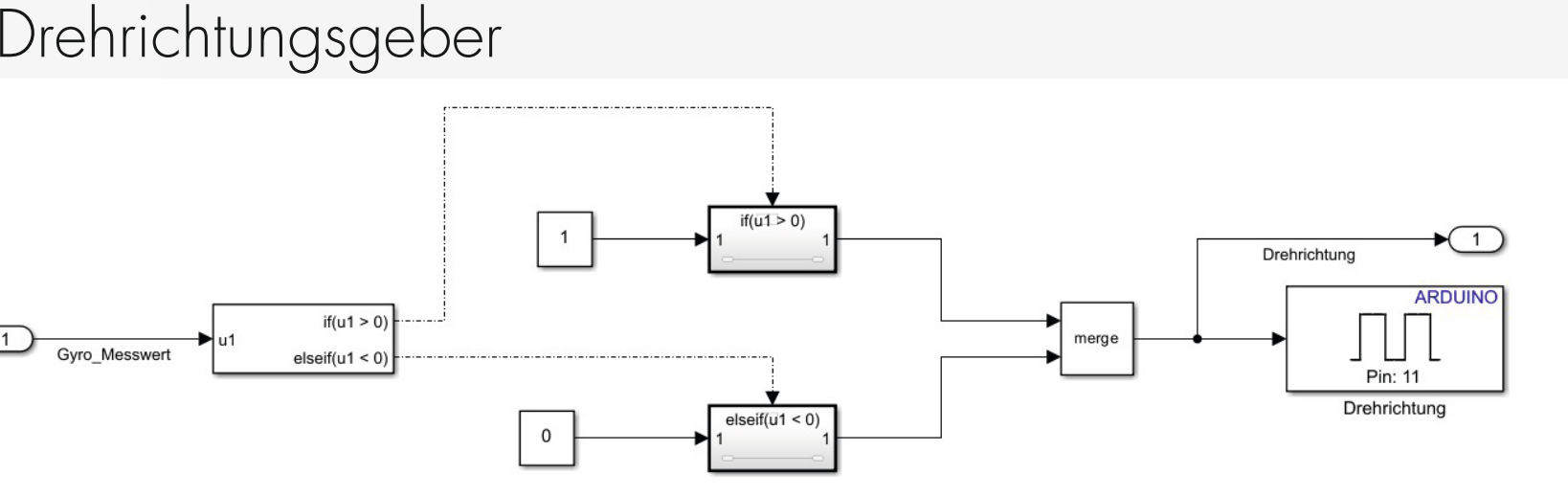
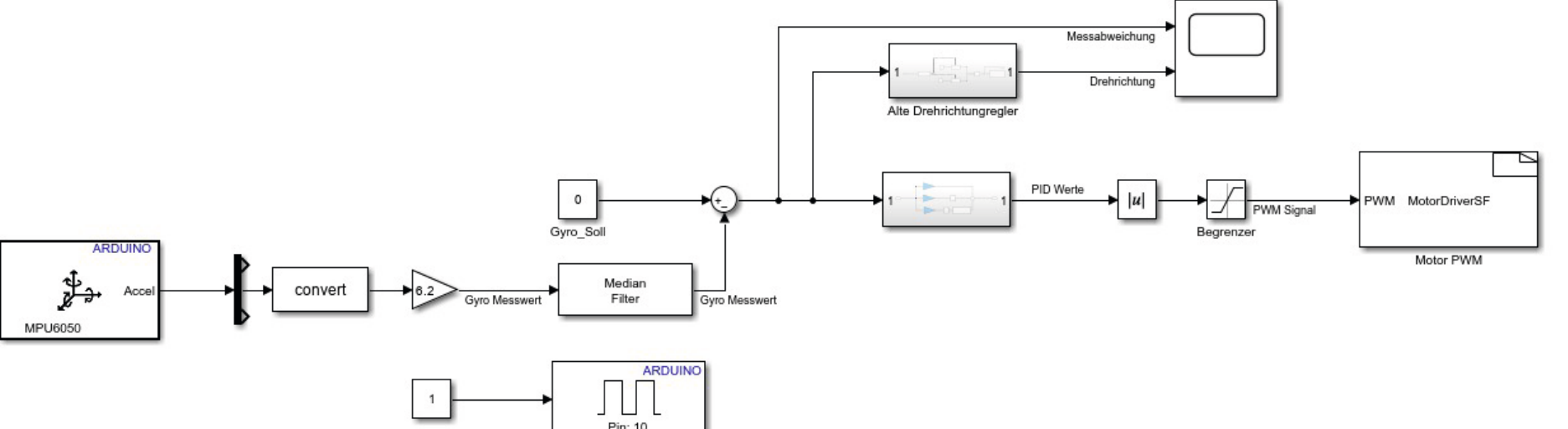
4. Komponententests

Test-Nr.	Bauteil	Testinhalt	Ergebnis	Kommentar
1	Motor	Einfacher DC-Motor über L298N Motortreiber ansteuern, schnelle Richtungswechsel	Durchgefallen	Richtungswechsel nicht schnell genug möglich
2	Motor	Nema 17 Schrittmotor ansteuern, schnelle Richtungswechsel	Durchgefallen	Schnelle Ansteuerung der Phasen nur schwer möglich ohne zusätzlichen Treiber
3	Motor	Nidec 24h ansteuern, schnelle Richtungswechsel	Erfolgreich	Schnelle Richtungswechsel und präzise Steuerung gut möglich.
4	Halterung	Halterung mit wenig Reibung auf Basisplatte montieren	Erfolgreich	Mithilfe von 2 Stehkugellagern senkrecht aufstellen mit wenig Reibung bei Bewegung.
5	Gyroskop	Gyroskop auslesen und Werte in Simulink anzeigen	Erfolgreich	Mithilfe eines Blocks aus dem Arduino Support Package, konnten alle Werte ausgelesen und in Simulink angezeigt werden.

5. Projektplan



6. Simulink



7. Fertiges Projekt

