



ENTWURF, KONSTRUKTION UND BAU EINES AUTONOMEN SEGELBOOTS

Von Georg Niggli

Betreut durch: Dr. Carola Ebenhoch



Figure 1: Fotografie des Segelboots auf dem Wasser (Solarpanel nicht montiert)

Abstract

Autonome Fahrzeuge gewinnen zunehmend an Bedeutung. Auch auf Gewässern bieten sie vielfältige Einsatzmöglichkeiten, darunter beispielsweise die Überwachung der Wasserqualität. Segelboote erweisen sich aufgrund ihrer Emissionsfreiheit und ihres geringen Energiebedarfs als besonders geeignet für solche Einsatzzwecke.

Bisher werden autonome Segelboote fast ausschliesslich für den maritimen Einsatz entwickelt. In dieser Arbeit wird die Entwicklung und der Bau eines vollständig autonomen Segelboots beschrieben, das für den Einsatz auf Binnengewässern vorgesehen ist. Das 2,2 Meter lange Boot hat einen Rumpf aus glasfaserverstärktem Kunststoff und ist mit einem Hartsegel mit Sailwing ausgestattet. Das selbstentwickelte einfache Navigations- und Steuerprogramm läuft auf einem leistungsschwachen Raspberry Pi Zero W 1.1. Die Energieversorgung wird durch ein kleines Solarpanel in Kombination mit einem selbst gebauten Akkumulator sichergestellt.

Beiträge

1. Entwurf (CAD) und Bau eines Bootskörpers
2. Steuerung des Segels durch ein Sailflap
3. Programmierung und Entwicklung des Navigationsalgorithmus
4. Einbettung und Bau der nötigen Sensoren

1 Aufbau des Bootskörpers

Der Bootskörper besteht aus einem Spantengerippe, das aus Holzbrettern gefertigt ist. Die einzelnen Elemente werden durch 2 runde Aluminiumprofile zusammengehalten. Der Bug (vorne) ist aus 3D-gedrucktem Kunststoff gefertigt. Um dem Bootskörper die nötige Stabilität zu verleihen, ist diese Struktur mit mehreren Schichten Glasfasermatten überzogen.

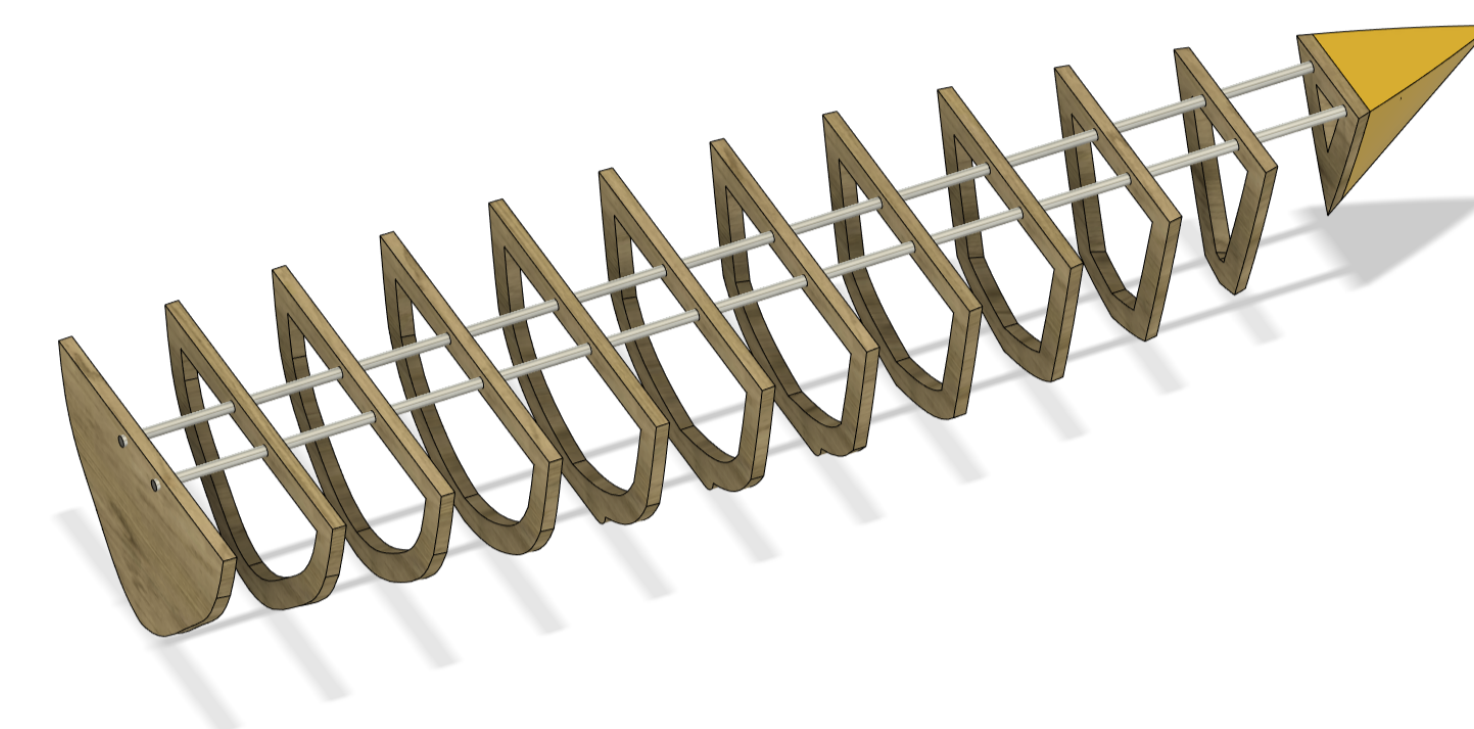


Figure 2: Projektion des Bootskörpers aus dem CAD Modell

2 Sailflap Technologie

Im Vergleich zu herkömmlichen Segelbooten verwendet das Boot ein Sailflap zur Steuerung des Segels. Das Boot ist mit einem frei drehbaren Hartschaumsegel ausgestattet. Am Hauptsegel ist ein zweites Segel mit einem Versatz angebracht. Dieses kann gegenüber dem Hauptsegel geneigt werden. Dadurch übernimmt es eine ähnliche Funktion wie das Höhenruder eines Flugzeugs und kann das Segel allein durch die Kraft des Windes steuern. Dieser Ansatz wurde gewählt, da er besonders energiesparend ist.

3 Navigation und Elektronik

Im Gegensatz zur Autonomie an Land spielt beim Segeln der Faktor Wind eine entscheidende Rolle. Segelboote können nicht gegen den Wind fahren. Daher verfügt es über ein Programm, welches einen möglichen Kurs ermittelt, der befahrbar ist. Durch effiziente Skalarproduktoperationen kann ein passender Kurs ermittelt werden. Der Kurs wird an den Rudercontroller weitergeleitet, welcher mithilfe eines PD-Controllers das Ruder setzt. Als MCU fungiert ein Raspberry Pi Zero 1.1. Dieser ist aufgrund seiner Energieeffizienz und der GNU/Linux-Umgebung für autonome Fahrzeuge geeignet.

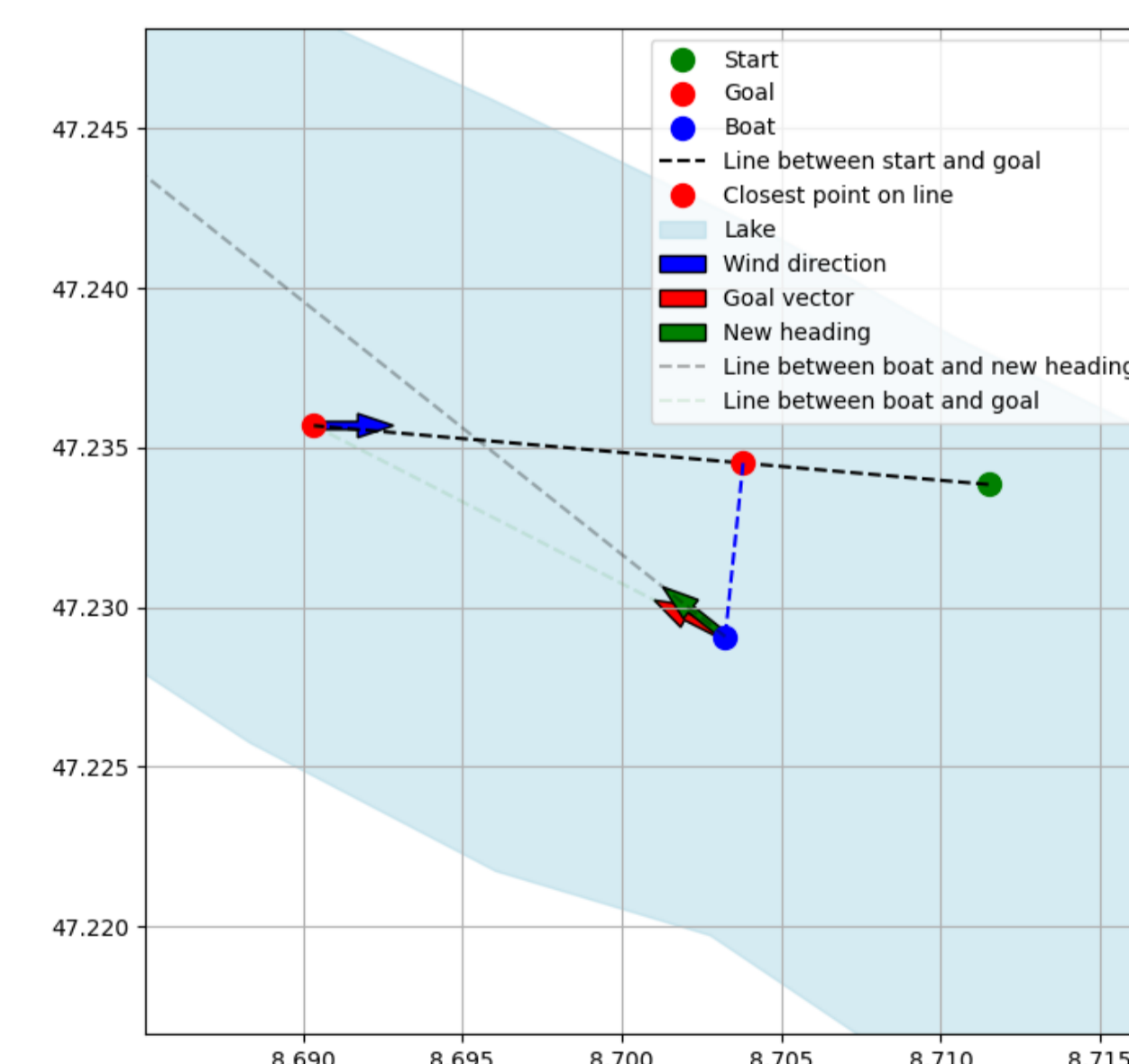


Figure 3: Visualisierung der Kursbestimmung

Zudem verfügt das Boot über folgende Sensoren

- GPS (Positionsbestimmung)
- Gyroskop (Neigungsbestimmung)
- Kompass (Richtungsbestimmung)
- Windrichtungssensor (Windrichtungsbestimmung)