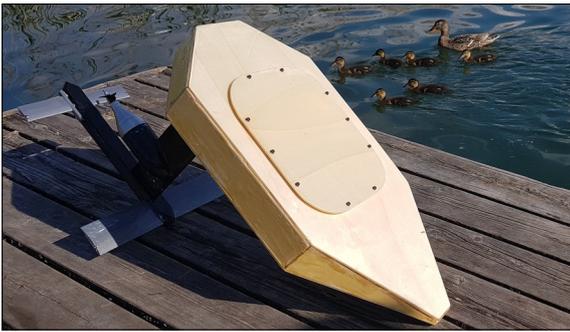




Christoph Sulzbacher

Diplomand	Christoph Sulzbacher
Examinatoren	Prof. Dr. Christian Bermes, Boris Meier
Experte	Amir Melzer, ETH Zürich, ASL, Zürich, ZH
Themengebiet	Automation & Robotik

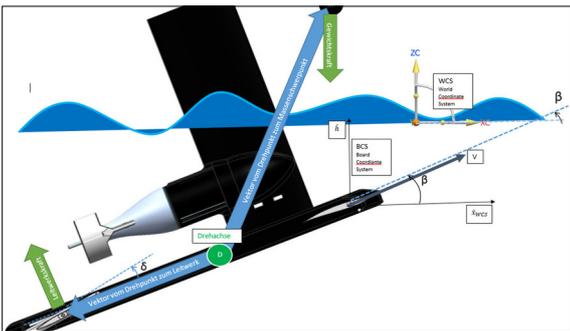
Entwicklung und Bau eines Tragflügel-Surfbretts mit Stabilitätsregelung



Massstäblich kleineres Modell des Tragflügel-Surfbretts

Problemstellung: Ein Surfbrett soll mit Tragflügeln und Motor ausgestattet werden. Dies soll ermöglichen, dass auch ohne hohe Wellen gesurft werden kann. Die Tragflügel ermöglichen dem Surfer dabei, sich auf dem sog. Surfoil aus dem Wasser zu heben. Dies hat den Vorteil, dass der Widerstand verringert wird. Beim Heraustreten des Surfoils aus dem Wasser treten zwei Effekte auf, welche die Fahrbarkeit erschweren. Erstens hebt sich der Schwerpunkt, was ein Kippen um die y-Achse erleichtert. Zweitens liegt das Board nicht mehr auf dem Wasser und kann das System nicht stützen. Der Surfer selber wirkt durch sein Gewicht und Momente um die x- und y-Achse ebenfalls auf das System ein.

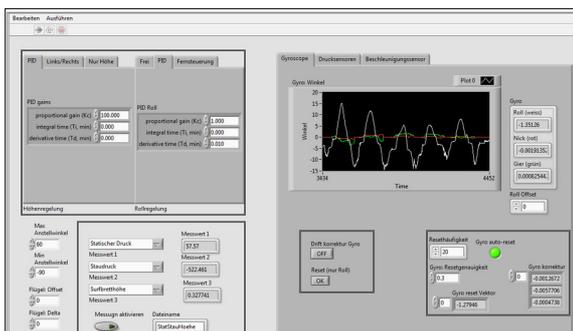
Ziel der Arbeit: Sobald das System nicht mehr vom Surfboard getragen wird und auf den Tragflügeln fährt, destabilisiert es sich in drei Freiheitsgraden: im Rollwinkel, im Nickwinkel und in der Höhe. Um dem Surfer die Stabilisierung zu erleichtern, sollen zwei dieser drei Freiheitsgrade mit je einem Regler stabilisiert werden. Die Höhe soll konstant gehalten werden und ein Abrollen um die x-Achse soll erschwert werden. Um die Regelung auslegen zu können, wird ein kleines Modell des Surfoils erstellt. Dieses soll mit geringerem Zeitaufwand parallel zum grossen Tragflügel-Surfbrett erstellt werden und das Testen des Reglers ermöglichen. Bei Fertigstellung des grossen Tragflügel-Surfbretts soll der am massstäblich verkleinerten Surfoil entwickelte Regler auf das grosse Tragflügel-Surfbrett übernommen werden.



Koordinatensysteme und Kräfteverteilung für ein Momentengleichgewicht um das BCS

Ergebnis: Mittels Bernoulli-Formel und Drucksensoren wird Höhe und Geschwindigkeit ermittelt. Die dadurch gewonnenen Daten werden genutzt, um die Höhe des Surfoils zu regeln. Eine Inertial Measurement Unit (IMU) wird verwendet, um die Winkellage zu ermitteln. Dabei werden die Winkelgeschwindigkeitsdaten des Gyroskops numerisch integriert, um die Lage des Tragflügel-Surfbretts zu bestimmen. Da über die Zeit ein Drift entsteht, muss die Lage immer wieder neu kalibriert werden. Dies geschieht in ruhigerer Lage mittels der Daten des Beschleunigungssensors. Das Magnetometer der IMU kann ausgelesen werden, wird aber für den aktuellen Stand des Systems nicht verwendet.

Für die Erstellung der Software wird LabVIEW genutzt, mit welchem schnell und gut ein Interface gestaltet werden kann. Dieses wird benötigt, um während der Testfahrten Messungen aufzeichnen und Änderungen vornehmen zu können. Der Regler der Rollbewegung um die x-Achse ist ein PD-Regler und unterstützt das System bereits sehr gut. Jedoch sollte der entstehende Integrationsfehler der Gyroskopmessungen weiter verringert werden. Der Höhenregler wird mittels P-Regler realisiert. Dieser kann das System jedoch noch zu wenig unterstützen. Weiter soll ein Zustandsregler dafür entwickelt werden. Das gesamte Regelsystem kann, wegen verspäteter Fertigung, noch nicht in das grosse Tragflügel-Surfbrett eingesetzt werden.



LabVIEW-Interface. (Oben links: Reglereinstellungen. Unten links: Leitwerk- und Messwerteinstellungen. Rechts: Sensoren)