

– Abstract –

Entwicklung eines Konzepts und von Methoden zur autonomen Navigation von unbemannten Überwasserfahrzeugen (USV)

Die topographische Aufnahme von Gewässerböden stellt einen wesentlichen Aufgabenbereich der Hydrographie dar. Hierbei kommen häufig unbemannte Überwasserfahrzeuge (engl.: unmanned surface vehicle, USV) zum Einsatz.



Abbildung 1: Echoboat

Mithilfe erweiternder Sensorik und Algorithmen lassen sich aus diesen USV autonom agierende Aufnahmesysteme entwickeln (engl.: autonomous surface vehicle, ASV). Im Rahmen des Masterprojekts wurde ein Konzept sowie dessen programmtechnische Umsetzung zur autonomen Navigation eines ASV erarbeitet. Das Ziel ist dabei die vollständige und zuverlässige Aufnahme eines gänzlich unbekanntes Gewässerbodens. Hardwareseitig wurde hierzu ein vorhandenes USV – neben seiner obligatorischen Sensorik (GNSS und Echolot) – um ein Laser-Distanz-Sensor erweitert, der die Umgebung über Wasser erfassen und damit Kollisionen mit Hindernissen vermeiden soll. Ein weiteres zentrales Element des ASV ist der Pixhawk 4; ein Steuercomputer, der bei der Vorgabe einer Koordinate die Regelung der Motoren des Bootes übernimmt.

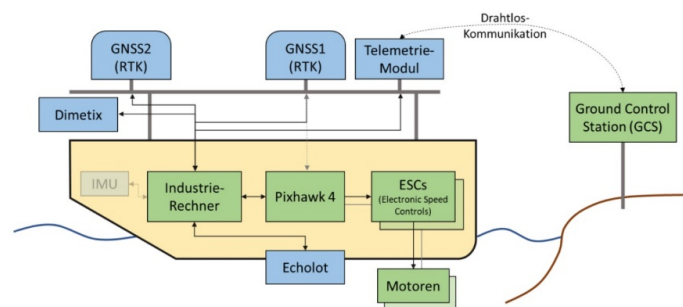


Abbildung 2: Schema der Komponenten-Verknüpfung

Der im Rahmen des Projekts entwickelte Algorithmus liest zunächst die Daten der genannten Sensoren aus, überwacht die relative Positionierung des ASV zum Ufer, leitet sämtliche Informationen für die weitere Entscheidungsfindung ab und gibt die berechneten Wegpunkte schließlich an den Pixhawk 4 weiter. Das Aufnahme-konzept sieht dabei vor, den Gewässerboden als Geländemodell (genauer als TIN) zu approximieren und durch weitere Profilmessungen sukzessive zu verbessern. Im ersten Schritt erfolgt die Gewässererkundung über sternförmig angeordnete Profilmessungen. Um Rechenzeit einzusparen, werden die aufgenommenen Bodenpunkte in mehreren Stufen gefiltert und zu einem initialen TIN vermascht. Im zweiten Schritt wird das initiale TIN verdichtet. Welche Regionen hierbei angefahren

– Abstract –

werden, richtet sich nach den Eigenschaften des aktuell zugrundeliegenden TIN (Kantenlänge, Geländeneigung, Entfernung zum ASV). Der Verdichtungsprozess dauert an, bis aufgrund ausgewählter Kriterien der modellierte Gewässerboden als ausreichend gut approximiert angesehen wird.

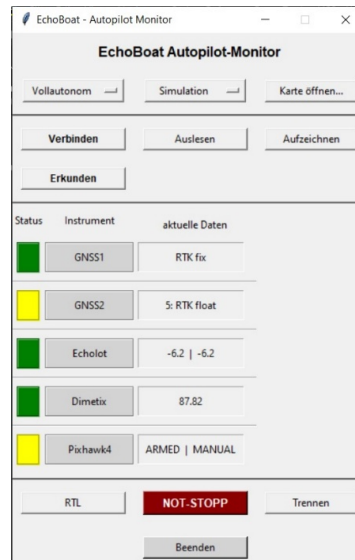


Abbildung 3: Screenshot GUI - Monitor

Zur Evaluierung des Konzeptes wurde der Algorithmus in einer eigens entwickelten Simulationsumgebung an verschiedenen Referenzmodellen getestet und mit dem etablierten Ansatz der streifenweisen Aufnahme eines Gewässers verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass das entwickelte Konzept dem etablierten Ansatz in puncto Genauigkeit meist um einige Zentimeter unterlegen ist. Besonders gravierend ist der vermeintliche Nachteil des neuen Konzeptes bei der während der Aufnahme zurückgelegten Strecke. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass der entwickelte Algorithmus keinerlei Vorkenntnisse über das Gewässer voraussetzt, wohingegen etablierte Verfahren auf die Vorgabe der Gewässergrenze angewiesen sind. Ein enormer Vorteil des erarbeiteten Konzeptes besteht also dort, wo über ein Gewässer keine oder nur wenige Informationen vorliegen. Die besten Ergebnisse hinsichtlich der Genauigkeit liefert jedoch der im Rahmen des Projektes als hybrides Konzept bezeichnete Ansatz, der die streifenweise Erfassung etablierter Verfahren mit der topographisch fundierten Aufnahme des TIN-verdichtenden Teils des autonomen Konzeptes kombiniert. Diese Ergebnisse bestätigen die Wirksamkeit und den Nutzen der entwickelten Algorithmen einer autonomen Gewässererkundung.

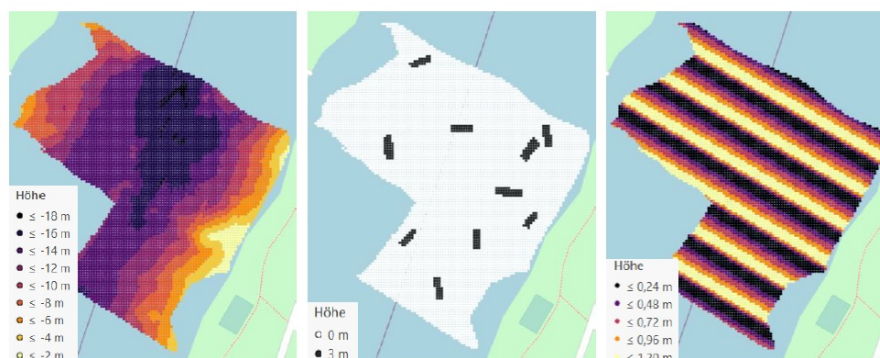


Abbildung 4: Referenzmodelle (v.l.n.r.): Originaldaten, Höhen der Container, Höhen der subaquatischen Dünen

– Abstract –

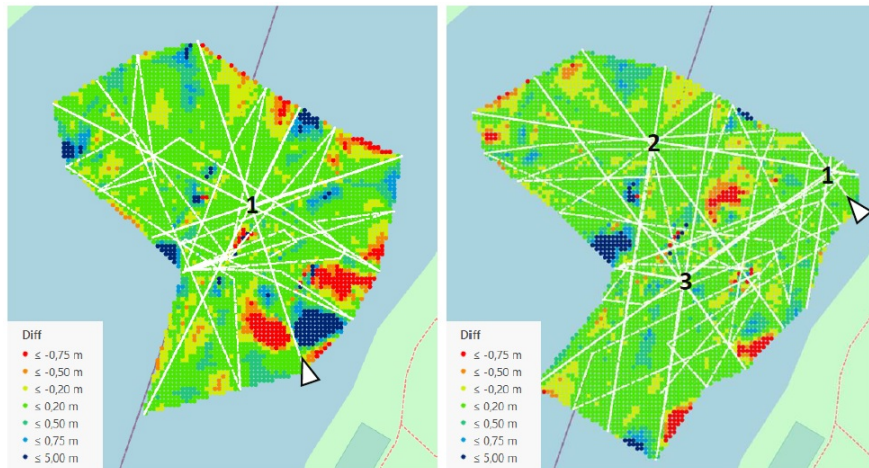


Abbildung 5: Vergleich zweier Erkundungsfahrten mit unterschiedlichen Startpositionen, Durchlauf 1 (li.) und Durchlauf 3 (re.)