

Verfahren zur Validierung und Kalibrierung der AvaNodes

Teststand AvaNode

Diplomand



Julian Isler

Ausgangslage: Im Forschungsprojekt AlpineGuard der OST wird der Sensorknoten AvaNode eingesetzt, um während eines Lawinenabgangs Beschleunigungen, Rotationen und Positionsdaten zu erfassen. Aus diesen Rohdaten rekonstruiert eine Post-Processing-Software eine dreidimensionale Trajektorie sowie die Eigenrotation des Sensors. Für die Lawinenforschung ist entscheidend, dass diese rekonstruierten Bewegungen nachvollziehbar validiert und die Messgenauigkeit quantifizierbar werden, damit Ergebnisse belastbar interpretierbar sind. In natürlichen Lawinenversuchen ist die tatsächliche Sensorbewegung jedoch nur eingeschränkt und mit hohem Aufwand messbar. Gleichzeitig zeigen Vorarbeiten, dass gerade dynamische Bewegungen sowie hohe Rotationsraten zusätzliche Herausforderungen verursachen können (v.a. Rauschen und Drift). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit eines Testsystems, das definierte Bewegungen als Ground Truth bereitstellt und damit reproduzierbare, standardisierte Prüfungen ermöglicht.

Vorgehen: Die Arbeit folgt einem strukturierten, iterativen Entwicklungsprozess: Ausgehend von Vorarbeiten und einer Anforderungsklä rung werden geeignete Testfälle abgeleitet und in ein Versuchsdesign überführt. Ziel ist ein Teststand, der definierte Rotationsprofile reproduzierbar ausführt und einen sicheren Testbetrieb ermöglicht. Damit wird sichergestellt, dass die Versuchsreihen aus dem Versuchsdesign nachvollziehbar durchgeführt werden können.

Für die Rotationsplattform wird die Referenzbewegung durch Schrittmotoren erzeugt. Die Ground Truth wird dabei aus der vorgegebenen Schrittfolge der Motoransteuerung abgeleitet. Um ruckartige Lastwechsel zu vermeiden und die Reproduzierbarkeit zu erhöhen, erfolgen Sollwertänderungen über S-Kurven-Rampen. Für endlose Rotationen werden Schleifringe zur Signal- und Leistungsübertragung eingesetzt. Die Bedienung und Versuchsdurchführung wird über eine intuitive Web-HMI unterstützt (Einzel-/Mehrfachachsenbetrieb, vordefinierte Bewegungsabläufe, Hinweise zur Steuerung und sicheren Benutzung).

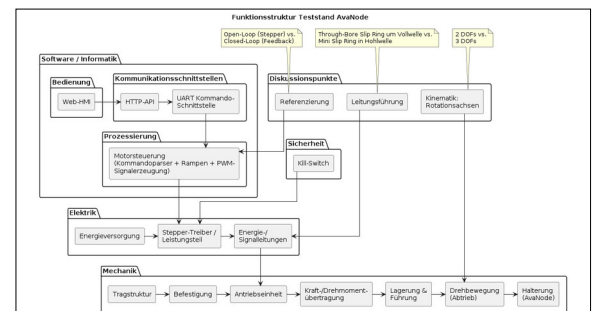
Ergebnis: Als Ergebnis wurde ein 3-Achs-Rotationsteststand realisiert, der kontrollierte Rotationen um Roll, Pitch und Yaw ermöglicht. Der mechanische Aufbau ist als kardanische Anordnung ausgeführt; Antriebseinheiten übertragen das Drehmoment über riemenbasierte Stufen. Die Prüflingsaufnahme ist modular und montagefreundlich.

Die Verifikation zeigt, dass Einzel- und Mehrfachachs-Profile bis 60 rpm reproduzierbar gefahren werden können, inkl. definierter Umdrehungsanzahlen und nachvollziehbarem

Rampenverhalten. In den Messreihen liegt die mittlere Drehzahl zwischen 1% bis 2.5% unter dem Sollwert. Die Funktionsprüfungen werden innerhalb der definierten Kriterien bestanden. Der Betrieb ist durch die Verwendung eines LiPo-Akkus zudem autark möglich: Bei 10 rpm ergibt sich eine berechnete Laufzeit von 4 h 58 min. Nach 30 Minuten Betrieb wird eine maximale Motortemperatur von 67.7 °C gemessen. Damit steht ein praxistauglicher, sicher bedienbarer und reproduzierbarer Teststand zur Verfügung, der die systematische Validierung der Rotationsrekonstruktion des AvaNode-Messdaten erstmals unter kontrollierten Bedingungen ermöglicht und eine belastbare Basis für weitere Optimierungen schafft.

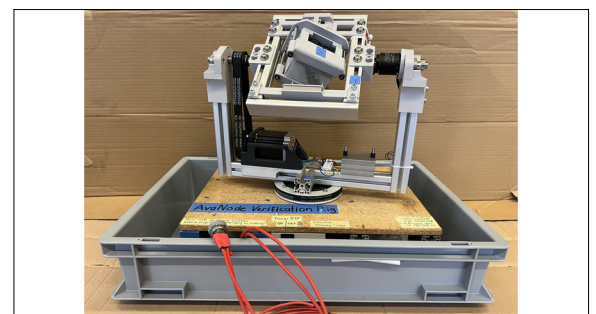
Funktionsstruktur, gegliedert nach den Disziplinen der Mechatronik.

Eigene Darstellung



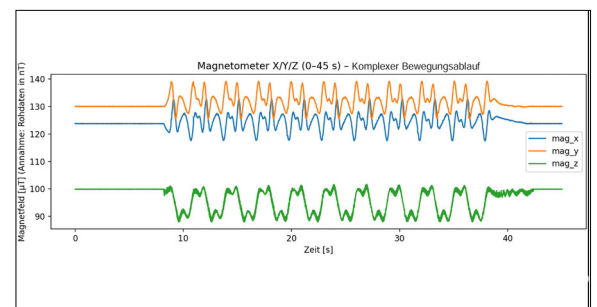
Aufbau der Rotationsplattform mit vollmotorisierter 3-Achs-Kardanmechanik und montiertem Prüfling.

Eigene Darstellung



Zeitlicher Verlauf der drei Magnetometerkanäle X, Y und Z in Mikrotesla (µT) eines komplexen Bewegungsprofils.

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent
Marco Egli, Intelliact AG

Themengebiet
Produktentwicklung,
Mechatronik und
Automatisierungstechnik