

# Entwicklung eines Systems zum Ausbringen, Orten und Bergen der AvaNodes

## AvaNode Deployment and Recovery System

### Diplomand



Flavio Cadalbert

**Ausgangslage:** Die OST entwickelt mit dem AvaNode eine Sensorplattform zur Untersuchung von Schneedecken und Lawinenabgängen. Die Sensoren erfassen während eines realen Lawinenereignisses Messdaten wie Lage, Bewegung, Beschleunigung und Rotation. Für aussagekräftige Messungen müssen die AvaNodes gezielt in steilem, schwer zugänglichem und potenziell lawinengefährdetem Gelände platziert werden. Ein manuelles Ausbringen ist unter solchen Bedingungen aus sicherheitstechnischer Sicht oft nicht vertretbar. Zusätzlich müssen die Sensorknoten nach einem Lawinenereignis wieder lokalisiert werden, obwohl sie verschüttet, durch die Lawine verlagert oder in schwer zugängliche Bereiche transportiert worden sein können. Daraus ergibt sich der Bedarf nach einem technischen System, das sowohl ein sicheres Ausbringen aus Distanz als auch eine zuverlässige Unterstützung bei der späteren Ortung und Bergung ermöglicht.

**Vorgehen / Technologien:** Ziel dieser Bachelorarbeit war die Entwicklung und Bewertung eines technischen Systems zum Ausbringen, Orten und Unterstützen der Bergung von AvaNodes. Die Systementwicklung erfolgte nach dem MBSE-Ansatz. Dazu wurden Stakeholder-Bedürfnisse, Use Cases, Anforderungen, Systemfunktionen und Testfälle modelliert und miteinander verknüpft. Auf dieser Grundlage wurden verschiedene Konzepte für Ausbringung, Ortung und Bergung systematisch untersucht und bewertet. Das ausgewählte Gesamtkonzept kombiniert eine industrielle Multikopterdrohne mit einem Windensystem, einen angepassten AvaNode-Gehäusedeckel mit passiver Freigabe sowie ein UWB-Ortungssystem. Die AvaNodes werden dabei mit der Drohne zum Zielgebiet transportiert, kontrolliert abgesenkt und nach Bodenkontakt automatisch freigegeben. Für die Ortung werden UWB-Distanzmessungen mit drohnenseitiger Positionsauzeichnung kombiniert und anschliessend zur Berechnung der AvaNode-Position ausgewertet.

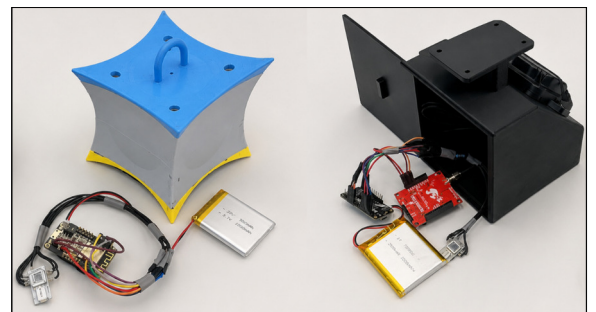
**Ergebnis:** Im Rahmen der Arbeit konnte ein funktionsfähiges System zum sicheren Ausbringen von AvaNodes realisiert und erfolgreich getestet werden. Mit der DJI Matrice 400 RTK und dem Foxtech Eayload-5 Windensystem kann ein AvaNode transportiert, kontrolliert abgesenkt und nach Bodenkontakt passiv freigegeben werden. In acht Absetzversuchen wurde der AvaNode in allen Fällen erfolgreich freigegeben. Damit steht ein fertiges und getestetes Ausbringungssystem zur Verfügung, mit dem das Einsatzpersonal AvaNodes aus sicherer Distanz platzieren kann, ohne den potenziell gefährdeten Hang betreten zu müssen. Auch der entwickelte Ortungsansatz konnte erfolgreich verifiziert werden. Das UWB-Ortungssystem zeigte unter Sichtlinienbedingungen stabile

Distanzmessungen bis etwa 100 m. Die Ortungsversuche ergaben eine mittlere Positionsabweichung von ca. 2 m. Der Suchbereich kann damit auf ein praktisch absuchbares Gebiet eingegrenzt werden. Insgesamt liefert die Arbeit ein einsatznahes Gesamtsystem für das Ausbringen sowie einen verifizierten Ortungsansatz. Für die Weiterentwicklung werden insbesondere eine robuste Integration des UWB-Systems, Tests auf Schnee und im alpinen Gelände sowie eine konsequente Low-Power-Umsetzung der AvaNode-Elektronik empfohlen.

### Kontrolliertes Ausbringen eines AvaNodes mit Drohne und Seilwinde Eigene Darstellung



### Prototyp des UWB Ortungssystems zur Lokalisierung oberflächennaher AvaNodes Eigene Darstellung



### Darstellung aller Messpunkte sowie der errechneten AvaNode Position Eigene Darstellung



### Referent

Prof. Dr. Felix Nyffenegger

### Korreferent

Marco Egli, Intelliact AG

### Themengebiet

Mechatronik und Automatisierungstechnik, Produktentwicklung, Sensorik