

Einsatz von Drohnen zur Unterstützung von alpinen Rettungsaktionen

Bachelorarbeit

Abteilung Informatik
Hochschule für Technik Rapperswil

Frühjahrssemester 2018

Autoren:	Lukas Oberholzer & David Riederer
Betreuer:	Prof. Dr. Farhad D. Mehta
Projektpartner:	Namics AG, St. Gallen & Beutler Coaching, Herisau
Experte:	Dr. Peter Dürr
Gegenleser:	Prof. Beat Stettler

ABSTRACT

Die Alpine Rettung Schweiz (ARS) leistet terrestrische Einsätze für in Not geratene und hilfsbedürftige Menschen im alpinen, voralpinen und schwer zugänglichen Gebiet der Schweiz und dem angrenzenden Ausland. Die Alpine Rettung Schweiz ist mit verschiedenen Problemstellungen während eines Einsatzes konfrontiert. Die Ausgangslage dieser Bachelorarbeit beruht auf der Studienarbeit „Einsatzplanung und Tracking von alpinen Rettungsaktionen mit Hilfe GPS“, welche den Schwerpunkt auf die Einsatzplanung, das Tracking und die Suche zu Fuss legte.

Bei schlechten Wetterverhältnissen sind Suchaktionen unter Umständen stark eingeschränkt, da keine Helikopter eingesetzt werden können und die Suche mit Rettern und Hunden zu gefährlich sein könnte. Der Einsatz einer Drohne ermöglicht auch bei unsicherem Wetter den schnellen und sicheren Einsatz im Suchgebiet und spart Kosten sowie wertvolle Zeit.

Ziel dieser Arbeit war es, das bestehende Java Spring Boot Einsatzplanungstool weiterzuentwickeln und zwei native Apps für iOS und Android zur Unterstützung der Retter und des Drohnenpiloten bei Suchaufträgen von Grund auf neu zu entwickeln. Mit der erarbeiteten Lösung aus der Studienarbeit wurden nun erste Pilotversuche durchgeführt und dabei konnten fortlaufend neue Erkenntnisse gewonnen werden. Aus diesen Erkenntnissen wurde dann das Einsatzplanungstool fortlaufend und mit agiler Vorgehensweise ergänzt. Retter können in der App die vom Einsatzleiter im Einsatzplanungstool definierten Suchaufträge anzeigen, starten sowie abschliessen. Ein Drohnenpilot kann zusätzlich den Drohnenmodus aktivieren und hat dadurch die Möglichkeit, eine in einem Suchauftrag definierte Wegsuche autonom mit einer Drohne der Marke DJI abzufliegen. Er muss dabei lediglich die Parameter Anfangshöhe, Geschwindigkeit und Startpunkt auswählen und der Rest wird von der App entsprechend berechnet und ausgeführt. In einem konfigurierbaren Intervall sendet die App den Standort der Drohne an das Einsatzplanungstool, wo der Einsatzleiter die Wegsuche praktisch in Echtzeit mitverfolgen kann.

Es wurden die Programmiersprachen Java, Swift und JavaScript eingesetzt. Bei den Apps wird die DJI Mobile SDK für die Kommunikation mit der Drohne eingesetzt und das Kartenmaterial mit der Mapbox SDK an die eigenen Bedürfnisse angepasst. Im Einsatzplanungstool wird Kartenmaterial von Swisstopo verwendet und mit Hilfe der Openlayers Library werden Tracks, Marker und Suchaufträge visualisiert. Im Frontend wird auf das bewährte JSP mit Bootstrap und jQuery in den aktuellsten Versionen gesetzt. Die Benutzeroberflächen der Android und iOS App wurden möglichst identisch umgesetzt, damit sich ein Benutzer bei einem allfälligen Wechsel der Plattform auch weiterhin gut zurechtfindet. Versuche wurden sowohl im Simulator, sowie auch unter realen Bedingungen in Urnäsch und auf der Schwägalp durchgeführt. Die daraus resultierenden Erkenntnisse wurden umfassend in die Weiterentwicklung miteinbezogen.

Das Projekt wurde in vier Phasen aufgeteilt, wobei in jeder Phase ein agiles Vorgehen gewählt wurde. Die Inception-Phase wurde bereits vor Semesterbeginn mit Erstellung der Aufgabenstellung abgeschlossen. Über das ganze Semester haben wir 4 Wochen für Elaboration, 11 Wochen für Construction und 2 Wochen für Transition aufgewendet.

MANAGEMENT SUMMARY

Ausgangslage

Die Webapplikation und Mobile-Apps, welche im Rahmen der Studienarbeit entwickelt wurden, sollen um die Einsatzmöglichkeit Drohne erweitert werden. Die Ausgangslage dieser Bachelor-Arbeit beruht auf folgenden aktuellen Herausforderungen:

- Bei schlechten Wetterverhältnissen können Suchaktionen stark eingeschränkt sein, da der Einsatz eines Helikopters nicht möglich ist und die Suche mit Rettern oder Hunden zu gefährlich sein könnte
- Suchgebiete erstrecken sich womöglich über ein sehr grosses, unwegsames und steinschlaggefährdetes Gelände
- Der zeitliche Aspekt ist enorm wichtig, ob eine Person lebend geborgen werden kann

Mit moderner Technologie soll einerseits die Planung und die Auswertung eines Einsatzes vereinfacht und effizienter gestaltet werden. Andererseits sollen Retter bei der Ausübung ihrer freiwilligen Tätigkeit bestmöglich unterstützt werden, um Suchaktionen zu beschleunigen.

Vorgehen

Das Projekt wurde in 4 Phasen aufgeteilt, wobei in jeder Phase ein agiles Vorgehen gewählt wurde. So wurden 4 Wochen für Elaboration, 11 Wochen für Construction und 2 Wochen für Transition aufgewendet. Die Phase Inception wurde bereits vor Semesterbeginn mit Abgabe der Aufgabenstellung abgeschlossen. Während der Construction Phase wurden regelmässig neue App Versionen via Google Play Console bzw. Apple Testflight an Testbenutzer ausgeliefert. Allfällige Fehler wurden somit schnell entdeckt und entsprechende Bugfixes und Verbesserungen konnten dadurch in die Planung des darauffolgenden Sprints miteinbezogen werden.

Technologien

Die Webapplikation – das Einsatzplanungstool des Einsatzleiters – wurde mit Java Spring Boot umgesetzt. Im Backend kommt somit Java und im Frontend JSP mit HTML, CSS, Bootstrap, JavaScript und jQuery zum Einsatz. Als Entwicklungsumgebung haben wir IntelliJ IDEA verwendet. Die ganzen Daten werden in einer MySQL-Datenbank persistiert und mit Spring Data JPA gespeichert und abgefragt. Die App der Retter für Android wurde ebenfalls mit Java programmiert und die iOS App mit Swift.

Ergebnisse

Die bestehende Webapplikation unterstützt den Einsatzleiter bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Rettungseinsätzen. In dieser kann er Einsätze und dazugehörige Suchaufträge erstellen und den Rettern zuweisen. Starten die Retter einen Suchauftrag, kann der Einsatzleiter den Track dieser Retter praktisch in Echtzeit mitverfolgen. Dies funktioniert dank einer Tracking-App, welche in einem konfigurierbaren Zeitintervall jeweils die aktuelle Position der Rettungskräfte an die Webapplikation übermittelt. Suchaufträge sind entweder eine Weg- oder Reversuche. Die Applikation wurde um die Einsatzmöglichkeit einer Drohne erweitert, sprich einer Drohne können eine oder mehrere Wegsuchen zugewiesen werden.

Die Retter sind je nach Smartphone mit der Android oder iOS Version der Retter App «TRS Rescuer» ausgestattet. Auf dieser sehen sie ihre aktuelle Position, sowie ihren eigenen Track. Die Zeitspanne

kann in den App-Einstellungen den eigenen Bedürfnissen angepasst werden. Ausserdem hat der Retter Zugriff auf alle Suchaufträge, welche ihm ein Einsatzleiter zugewiesen hat. Wählt er einen Suchauftrag aus, wird er über zusätzliche Details wie weitere zugewiesene Retter oder Kommentare vom Einsatzleiter informiert. Nun kann er sich den Auftrag auf einer Karte anzeigen lassen und sieht die vom Einsatzleiter eingezeichnete Weg- oder Reviersuche auf der Karte und entweder einen Einsatzpunkt und / oder den Track der vermissten Person. Voraussetzung für das Anzeigen des Tracks einer vermissten Person ist, dass diese die Tracker-App «TRS Tracker» installiert hat und sich aktiv tracken lässt. Befindet sich der Retter in der Nähe des Suchauftrages, so kann er diesen starten. Gleichzeitig wird beim Einsatzleiter beim Suchauftrag zu jedem neuen Trackpunkt des Retters der Track in der Webapplikation aktualisiert. Stossen die Retter während der Suche auf Gegenstände oder andere Hinweise, so können sie in der App eine Markierung setzen und mit einem Kommentar versehen. Die Markierung wird anschliessend an die Webapplikation übermittelt. Mit dem Abschliessen eines Suchauftrages wird dieser Prozess unterbrochen und alle darauffolgenden Trackpunkte werden zwar gespeichert, sind aber nicht mehr dem Suchauftrag zugewiesen. Der Einsatzleiter kann nun den Track auswerten und die Erkenntnisse in die Planung von weiteren Suchaktionen miteinbeziehen.

Drohnenpiloten können in den App-Einstellungen den Drohnenmodus aktivieren. Sobald dieser aktiviert ist, kann er nebst dem Starten, Abschliessen, und erneuten Öffnen von Suchaufträgen auch eine Suche per Drohne veranlassen. Diese kann sowohl manuell als auch autonom durchgeführt werden, wobei bei der autonomen Suche explizit auf das Ablehnen jeglicher Haftung hingewiesen wird. Der Drohnenpilot ist jederzeit selber für die Drohne verantwortlich und deshalb wurden Sicherheitsmassnahmen wie Pausieren und Abbrechen im autonomen Modus als Erstes implementiert. Eine Wegsuche besteht aus mehreren Eckpunkten. Ein Algorithmus berechnet aus den in den App-Einstellungen konfigurierbaren Werten «Minimaler Abstand und maximaler Abstand zwischen Wegpunkten» die Anzahl Wegpunkte zwischen zwei Eckpunkten mitsamt ihren Koordinaten und der relativen Höhe zum Startpunkt der Drohne. Diese Koordinaten werden anschliessend an die Swisstopo- oder OpenStreetMap Elevation API gesendet, um die Höhe einer einzelnen Koordinate zu erhalten. Die Swisstopo API ist um einiges genauer bezüglich der Höhenangaben aber der Weg, wie man zu diesen Daten kommt, ist nicht offiziell dokumentiert und wurde per Zufall durch uns entdeckt. Der Drohnenpilot muss nun die Starthöhe, Geschwindigkeit, Startpunkt (Anfang oder Ende der Wegsuche) und initialer Kamerawinkel bestimmen. Anschliessend werden die Koordinaten mitsamt ihrer Höhe an die Drohne übermittelt und die autonome Suche gestartet. Zusätzlich wird in einem spezifischen Zeitintervall die Position der Drohne an die Webapplikation gesendet, sodass der Einsatzleiter den Track ähnlich wie bei einem Retter mitverfolgen kann.

Ausblick

Das entwickelte System wurde während der Projektdauer von verschiedenen freiwilligen Rettern in Form von Pilotversuchen getestet und es konnten bereits autonome Drohnenflüge beim ersten Ernsteinsatz durchgeführt werden. Ziel ist es, dass die Hauptplanung schlussendlich über das Einsatzplanungstool abläuft und jeder Retter und Drohnenpilot mit der Retter-App ausgestattet ist und so seine Suchaufträge effizienter absolvieren kann. Ebenso soll der sichere Einsatz von autonom fliegenden Drohnen die Suche unterstützen, wenn ein Einsatz von Helikoptern nicht möglich oder bestenfalls durch eine optimale Flugroute der Drohne der Einsatz von Helikoptern nicht nötig ist.

ERKLÄRUNG DER EIGENSTÄNDIGKEIT

Hiermit erklären wir,

- dass wir die vorliegende Arbeit selber und ohne fremde Hilfe durchgeführt haben, ausser derjenigen, welche explizit in der Aufgabenstellung erwähnt ist oder mit dem Betreuer schriftlich vereinbart wurde
- dass wir sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt angegeben haben
- dass wir keine durch Copyright geschützten Materialien (z.B. Bilder) in dieser Arbeit in unerlaubter Weise genutzt haben

Rapperswil, 11.06.2018

Lukas Oberholzer

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'L. Oberholzer', with a long horizontal stroke extending to the right.

David Riederer

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'D. Riederer', written in a cursive style.

AUFGABENSTELLUNG BACHELORARBEIT

„Einsatz von Drohnen zur Unterstützung von alpinen Rettungsaktionen“ FS 2018

1. AUFTRAGGEBER UND BETREUER

- *Auftraggeber:* Beutler Coaching & Namics AG
- *Ansprechpartner Auftraggeber:*
 - Heinz Beutler, Beutler Coaching & Namics AG, heinz@beutler-coaching.ch
 - Beat Helfenberger, Namics AG, beat.helfenberger@namics.com
- *Betreuer:* Prof. Dr. Farhad Mehta farhad.mehta@hsr.ch

2. STUDIERENDE

Diese Arbeit wird als Bachelorarbeit an der Abteilung Informatik durchgeführt von

- Oberholzer Lukas | loberhol@hsr.ch
- Riederer David | driedere@hsr.ch

3. AUSGANGSLAGE

Die Alpine Rettung Schweiz (ARS) leistet terrestrische Einsätze für in Not geratene und hilfsbedürftige Menschen im alpinen, voralpinen und schwer zugänglichen Gebiet der Schweiz und dem angrenzenden Ausland. Die Alpine Rettung Schweiz (ARS) ist mit verschiedenen Problemstellungen während eines Einsatzes konfrontiert. Die Ausgangslage dieser Bachelorarbeit beruht auf der Studienarbeit „Einsatzplanung und Tracking von alpinen Rettungsaktionen mit Hilfe GPS“, welche den Schwerpunkt auf die Einsatzplanung, das Tracking und die manuelle Suche legte.

Wie so oft kann es vorkommen, dass eine eigenständige Alarmierung nicht mehr möglich ist. In diesem Fall löst eine Vermisstenmeldung von Angehörigen die Alpine Rettung aus. Die Meldung lautet zum Beispiel, dass die Person sein Fahrzeug bei der Seilbahn auf der Schwägalp parkiert hat und vor hatte zu Fuss auf den Säntis zu wandern. Nun gibt es nicht nur einen Weg auf den Säntis und das Suchgebiet erstreckt sich über ein grosses und unwegsames Gelände. Aufgrund der Grösse müssen einige Suchtrupps, Suchhunde bis zu mehreren Helikoptern aufgeboden werden. Der zeitliche Aspekt ist dabei eine sehr wichtige Komponente, dass die Person lebend geborgen werden kann. Dazu wurden in der Studienarbeit bereits eine Tracking-App, sowie ein Einsatzplanungstool und eine Retter-App entwickelt, um Einsätze zu koordinieren und zu beschleunigen. Bei schlechten Wetterverhältnissen ist die Suchaktion stark eingeschränkt, da keine Helikopter eingesetzt werden können und die Suche mit Rettern und Hunden zu gefährlich sein könnte. Der Einsatz einer Drohne ermöglicht auch bei unsicherem Wetter den schnellen und sicheren Einsatz im Suchgebiet und spart Kosten sowie wertvolle Zeit.

4. BESCHREIBUNG DER AUFGABE

Die Webapplikation und Mobile-Apps, welche im Rahmen der Studienarbeit entwickelt wurden, sollen um die Einsatzmöglichkeit Drohne erweitert werden. Am Ende der Arbeit erwarten die Ansprechpartner eine funktionsfähige Lösung. Die Entwicklung und deren Umfang definiert sich in einem agilen Softwareentwicklungsvorgehen.

Damit die Ansprechpartner, nach Abschluss der Studienarbeit, die Applikation weiterentwickeln können, gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Die Einsatzplanung der Drohne wird in die bestehende Web-App integriert
- Die Backendentwicklung basiert auf Basis Java und dem Spring Framework
- Die Webapplikation wird in einem Tomcat Application Server deployed.
- Zu unterstützende Browser sind die Standard-Browser der Betriebssysteme Windows, iOS und Android.
- Das Betriebssystem für das Backend ist Linux.
- Eine benötigte Datenhaltung wird in MySQL umgesetzt.
- Ein git-Sourcenverwaltung wird von den Ansprechpartnern zur Verfügung gestellt.
- Zielsystem für das Backend wird von den Ansprechpartnern installiert.

Die Auftraggeber Namics AG und Beutler Coaching dürfen die Resultate dieser Arbeit frei nutzen und weiterentwickeln. Die Nutzungsrechte können durch den Auftraggeber weiter vergeben werden.

Folgende Minimalziele werden von den Auftraggebern erwartet:

- Die Webapplikation soll um die Einsatzmöglichkeit Drohne erweitert werden
 - Eine Drohne absolviert einen definierten Suchauftrag, welcher in der Webapplikation mitverfolgt und ausgewertet werden kann
- Das autonome Überfliegen inkl. Videoaufzeichnung eines Suchgebietes im Gebirge soll auf Machbarkeit mit einem PoC überprüft werden

Mögliche Erweiterung:

- Autonome / intelligente Suche mit Technologien wie RECCO oder LVS
 - Unter intelligenter Suche versteht man das fortlaufende / selbstständige Einkreuzen und Einschränken des Suchgebietes bei Empfang eines Signals bis hin zur genauen Standortbestimmung der vermissten Person

Da es sich um einen PoC handelt, wäre folgendes Ausweichthema denkbar:

- Erweiterung des Tracking-Systems mit anonymisierten GPS-Trackern
 - An der Bergstation soll ein anonymisierter GPS Tracker abgegeben werden können
 - Der GPS Tracker soll mind. 12 Stunden ohne Stromversorgung betrieben werden können
 - Im Hintergrund sollen ständig Trackingdaten an das Tracking System gesendet werden. Fehlt der Netzempfang, so werden die Trackingdaten zu einem späteren Zeitpunkt gesendet, damit das Bewegungsprofil möglichst vollständig ist.
 - Die Webapplikation soll den Einsatz des GPS Trackers unterstützen. Dazu muss der Aspekt der Registrierung an der Bergstation und deren Alarmierung berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang wäre die Umsetzung einer Userregistration für die Mobile Tracking App wünschenswert, aber nicht zwingend.

5. ZUR DURCHFÜHRUNG

Mit dem Betreuer finden wöchentliche Besprechungen statt. Besprechungen mit dem Auftraggeber sind von den Studierenden nach Bedarf zu initialisieren.

Alle Besprechungen sind von den Studierenden mit einer Traktandenliste vorzubereiten, die Besprechung ist durch die Studierenden zu leiten und die Ergebnisse sind in einem Protokoll festzuhalten, das den Betreuern und dem Auftraggeber per E-Mail zugestellt wird.

Für die Durchführung der Arbeit ist ein Projektplan zu erstellen. Dabei ist auf einen kontinuierlichen und sichtbaren Arbeitsfortschritt zu achten. An Meilensteinen gemäss Projektplan sind einzelne Arbeitsergebnisse in vorläufigen Versionen abzugeben. Über die abgegebenen Arbeitsergebnisse erhalten die Studierenden ein vorläufiges Feedback. Eine definitive Beurteilung erfolgt auf Grund der am Abgabetermin abgelieferten Dokumentation.

6. DOKUMENTATION

Über diese Arbeit ist eine Dokumentation gemäss den Richtlinien der Abteilung Informatik zu verfassen. Die zu erstellenden Dokumente sind im Projektplan festzuhalten. Alle Dokumente sind nachzuführen, d.h. sie sollten den Stand der Arbeit bei der Abgabe in konsistenter Form dokumentieren.

7. ARBEITSUMFANG


Eine erfolgreiche Bachelorarbeit zählt 12 ECTS-Punkte pro Studierenden. Für 1 ECTS Punkt ist eine Arbeitsleistung von 30 Stunden budgetiert. Die verwendete Arbeitszeit muss erfasst und dokumentiert werden.

8. BEURTEILUNG

Für die Beurteilung ist der HSR-Betreuer verantwortlich. Die Benotung erfolgt gemäss folgender Tabelle.

Gesichtspunkt	Gewicht
1. Organisation, Durchführung	1/6
2. Berichte	1/6
3. Inhalt	3/6
4. Mündliche Prüfung zur Bachelorarbeit	1/6

Im Übrigen gelten die Bestimmungen der Abteilung Informatik für Bachelorarbeiten.



Rapperswil, den 22.02.2018
Prof. Dr. Farhad Mehta

INHALTSVERZEICHNIS

Abstract	I
Management Summary	II
Erklärung der Eigenständigkeit	IV
Aufgabenstellung Bachelorarbeit	V
1 Analyse	1
1.1 Ausgangslage	1
1.1.1 Anwendungsumfeld	1
1.1.2 Bestehende Applikationen	1
1.1.3 Domain-Modell	7
1.2 Domainanalyse	8
1.3 Use Cases	10
1.3.1 Use Case Diagramm	10
1.3.2 Aktoren & Stakeholder	11
1.3.3 Kurzbeschreibung der Use Cases	11
1.4 Functional Requirements	14
1.5 Non-Functional Requirements	14
1.6 Qualitätsmassnahmen	15
1.6.1 Qualitätsmerkmale	15
1.6.2 Systemtest Spezifikation	16
2 Projektmanagement	17
2.1 Projektplan	17
2.2 Iterationen	17
2.3 Phasen	17
2.4 Meilensteine	18
2.5 Risikomanagement	19
3 Konzeption und Design	22
3.1 Einsatzplanungstool	22
3.1.1 Java Spring Boot	22
3.1.2 Deployment	22
3.1.3 Datenbankmodell	23
3.2 Retter-App	24
4 UI Konzept	25
4.1 Mockups	25

4.1.1	Einsatzplanungstool	25
4.1.2	Retter-App	25
5	Ergebnisse	27
5.1	Einsatzplanungstool.....	27
5.1.1	Benutzer erstellen	27
5.1.2	Filter für Tracking-Daten	28
5.1.3	Einsatz aktualisieren	29
5.1.4	Hinweis-Markierungen löschen.....	30
5.1.5	Suchauftrag aktualisieren.....	30
5.1.6	Tracking-Daten exportieren	32
5.1.7	Code Metriken	33
5.2	Retter-App	34
5.2.1	Login.....	34
5.2.2	Karte.....	34
5.2.3	Suchaufträge	34
5.2.4	Suchauftrag – Suche mit Retter	34
5.2.5	Suchauftrag – Suche mit Drohne	35
5.2.6	Einstellungen	35
5.2.7	Zugriff auf Höhendaten.	36
5.2.8	Berechnung von Wegpunkten	37
5.2.9	Screenshots Android.....	38
5.2.10	Code Metriken Android	39
5.2.11	Screenshots iOS.....	40
5.2.12	Code Metriken iOS	41
6	Schlussfolgerung.....	42
6.1	Bewertung der Ergebnisse.....	42
6.1.1	Einsatzplanungstool	42
6.1.2	Retter-App	42
6.2	Projektverlauf.....	43
6.2.1	Zeitplanung	43
6.2.2	Fotos	44
6.3	Ausblick.....	46
6.3.1	Tracking-Daten der Drohne.....	46
6.3.2	Höhenprofil erstellen und aufteilen	46

6.3.3	Zugriff auf Höhendaten	47
6.3.4	Höhenbeschränkung bei Custom Firmware.....	47
6.3.5	Fotoaufnahme bei jedem Wegpunkt	47
	Glossar	48
	Literaturverzeichnis	49
	Abbildungsverzeichnis	51
	Tabellenverzeichnis.....	52
A	Anhang.....	54
A.1	Use Case Details	54
A.2	Systemtests.....	67
6.3.6	TRS Cockpit.....	67
6.3.7	TRS Rescuer	71
A.3	Projektmanagement Detail.....	81
A.3.1	Gant Diagramm.....	81
A.4	Risikomanagement Detail	83
A.4.1	Risiko-Analyse in der Elaboration-Phase.....	83
A.4.2	Risiko-Analyse in der Construction-Phase	83

1 ANALYSE

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Anwendungsumfeld

Die Ausgangslage dieser Bachelorarbeit beruht auf der Studienarbeit „Einsatzplanung und Tracking von alpinen Rettungsaktionen mit Hilfe GPS“ [1], welche den Schwerpunkt auf die Einsatzplanung, das Tracking und die manuelle Suche legte. Dazu wurden in der Studienarbeit eine Tracking-App sowie ein Einsatzplanungstool und eine Retter-App entwickelt, um Einsätze zu koordinieren und zu beschleunigen.

Bei schlechten Wetterverhältnissen sind Suchaktionen in grossen Suchgebieten und unwegsamem Gelände stark eingeschränkt, da keine Helikopter eingesetzt werden können und die Suche mit Rettern und Hunden zu gefährlich sein könnte. Der Einsatz einer Drohne ermöglicht auch bei unsicherem Wetter den schnellen und sicheren Einsatz im Suchgebiet und spart Kosten sowie wertvolle Zeit.

1.1.2 Bestehende Applikationen

Einsatzplanungstool

Im Einsatzplanungstool werden die Tracks und letzten Positionen von Rettern und Benutzern auf Google Maps [2] und der Swisstopo Karte [3] angezeigt. Google Maps wird eingesetzt, weil sich Swisstopo nur auf die Schweiz beschränkt. Wenn sich beispielsweise jemand im Ausland tracken lässt, so kann dessen Track und Position nur auf Google Maps dargestellt werden. Das Einsatzplanungstool erlaubt ausserdem das Erstellen von Einsätzen und Suchaufträgen. Ein Einsatz umfasst dabei eine Sammlung von Suchaufträgen, welche wiederum den Rettern zugewiesen werden und welche sie in der App abrufen können. Das Bearbeiten von Einsätzen und Suchaufträgen ist nicht möglich. Hat sich etwas geändert, so muss der Einsatz oder Suchauftrag neu erstellt werden. Anwendungsdaten können über eine mit JSON Web Token [4] gesicherte API abgefragt werden. Um einen neuen Benutzer zu erstellen, muss dieser über die Tracking-App einen ersten Trackpoint senden. Das Anpassen des Profils von Benutzern ist wiederum direkt über das User Interface möglich.

Login

Das Login erfolgt mit E-Mail-Adresse und Passwort.

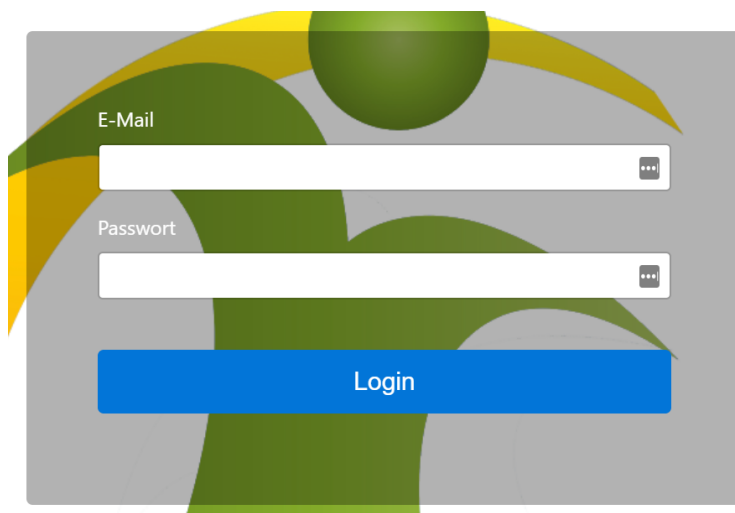


Abbildung 1.1: Login

Übersicht

Nach erfolgreichem Login werden alle im System erfassten Benutzer angezeigt. Über die Buttons rechts der E-Mail-Adresse kann der Track eines Benutzers angezeigt werden, das Profil bearbeitet werden oder der Benutzer gelöscht werden. Die Benutzer sind nicht alphabetisch sortiert, sondern werden in der Reihenfolge des Erstellungsdatums sortiert. Das Suchfeld erlaubt die schnelle Suche nach Benutzern anhand des Namens oder der E-Mail-Adresse. Mit dem Filter rechts des Suchfeldes können gewisse Retter Typen aus- oder eingeblendet werden. Der Zeitraum für den Track bestimmt, wie lange zurück der Track auf der Karte eingezeichnet werden soll. Beim Dropdown für die Karte kann zwischen Swisstopo Map und Google Maps gewechselt werden. Mit dem Button «letzte Positionen anzeigen» werden die letzten Positionen aller in der Liste sichtbaren Benutzer angezeigt. Wird beispielsweise nach Rettern gefiltert und die Liste beinhaltet noch 10 Benutzer, so werden die letzten Positionen dieser 10 Benutzer angezeigt.

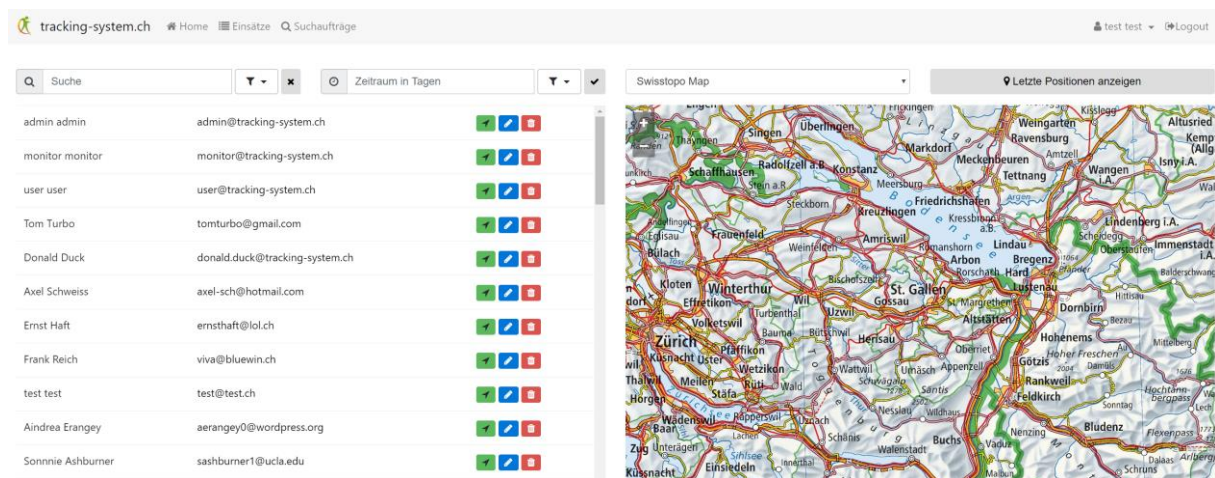


Abbildung 1.2: TRS Cockpit Übersicht

Track eines Benutzers

Track des Benutzers «admin admin» inkl. Popover mit Information zur letzten Position.

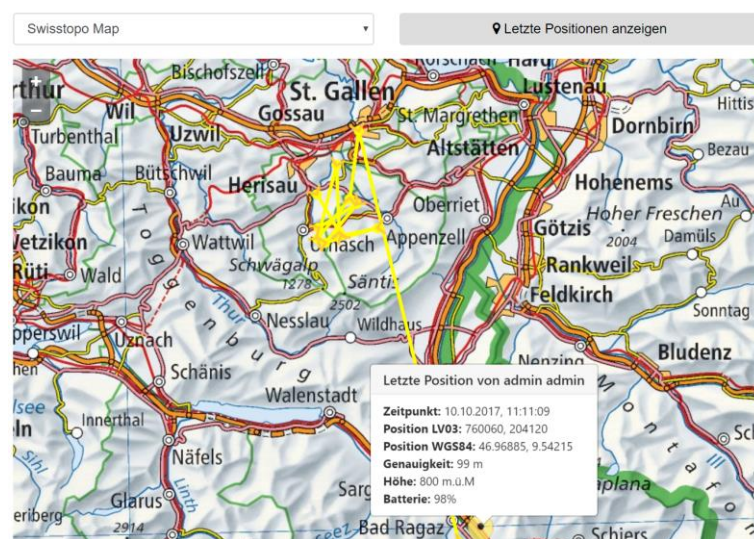


Abbildung 1.3: Track eines Benutzers

Letzte Positionen

Anzeige der letzten Positionen der Benutzer mit Retter Typ EL, R1 und R2.

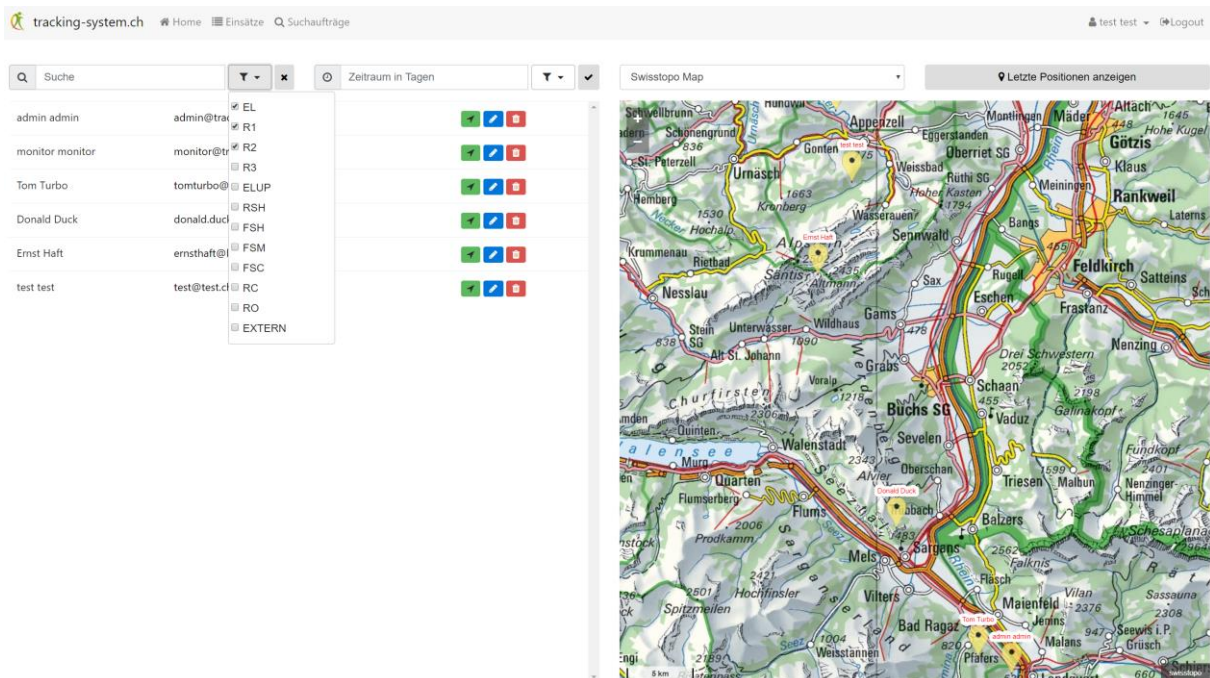


Abbildung 1.4: Letzte Positionen der gefilterten Retter

Neuer Einsatz

Die letzten Positionen der Retter werden automatisch auf der Karte eingezeichnet. Der Einsatzleiter kann dadurch bevorzugt Retter aufbieten, die sich bereits in der Nähe eines Einsatzortes befinden.

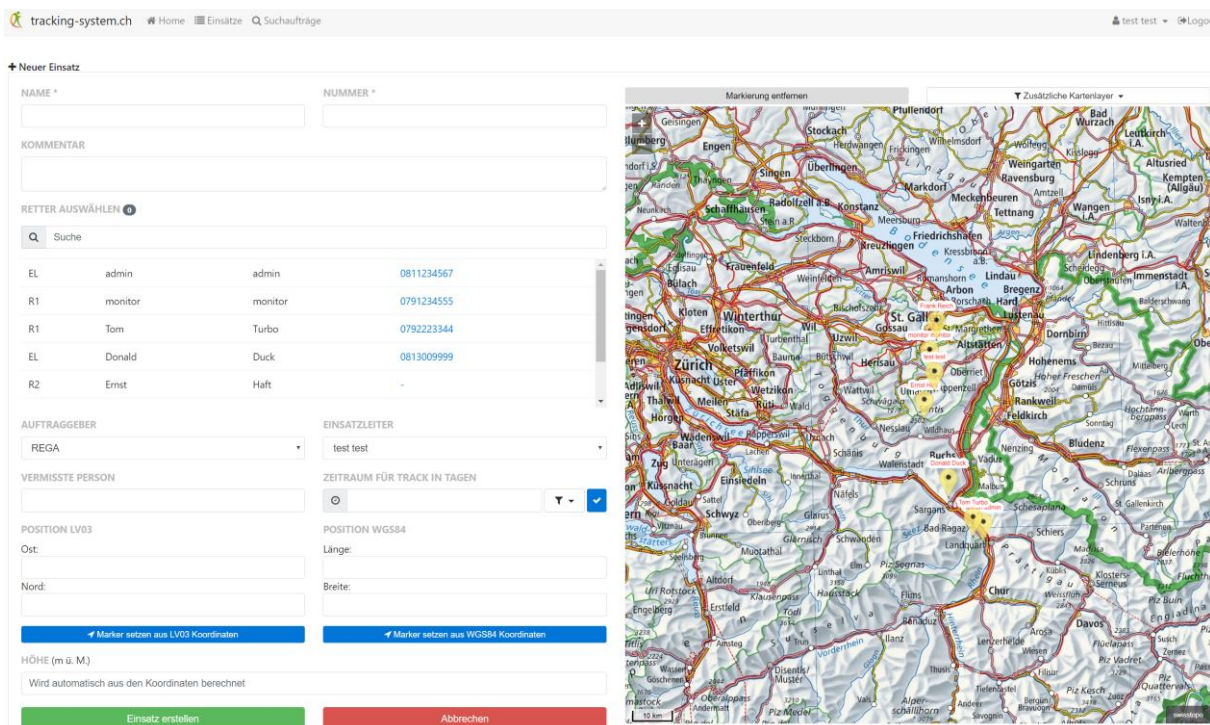


Abbildung 1.5: Neuer Einsatz erstellen

Track der vermissten Person und Einsatzmarkierung

Ausgewählte Retter werden grün eingefärbt. Das Formularfeld für die Auswahl der vermissten Person unterstützt Typeahead [5] – das Anzeigen von Suchvorschlägen während des Tippens. Der Track der vermissten Person wird rot eingezeichnet und ist dadurch gut unterscheidbar von anderen Elementen auf der Karte. Mit Klicken auf der Karte wird eine orange Einsatzmarkierung gesetzt. Die Koordinaten dieser Markierung werden ausgelesen und im LV03 bzw. WGS84 Format angezeigt. Kennt der Einsatzleiter die Koordinaten, kann er auch die Koordinaten eintippen und aus diesen die Einsatzmarkierung automatisch setzen lassen. Zusätzlich wird die Höhe der Einsatzmarkierung über die Google Elevation API [6] berechnet.

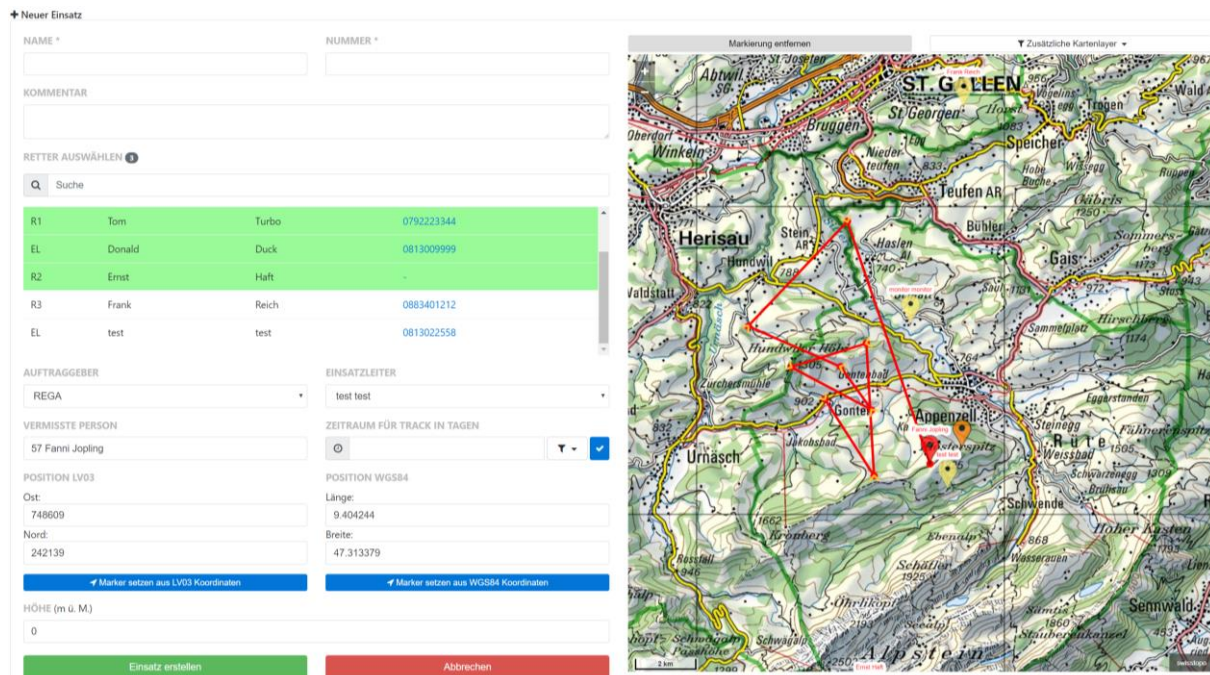


Abbildung 1.6: Track der vermissten Person und Einsatzmarkierung

Zusätzliche Kartenlayer

Über das Dropdown können die Wanderwege und Wildruhezonen eingeblendet werden. Wenn der Track einer vermissten Person immer den Wanderwegen folgt, kann der Einsatzleiter davon ausgehen, dass auch der Weiterweg auf Wanderwegen erfolgt ist und dadurch das Suchgebiet weiter einschränken.



Abbildung 1.7: Zusätzliche Kartenlayer

Einsatzübersicht

Zeigt alle offenen und bereits abgeschlossenen Einsätze. Die Buttons bei den Optionen bei einem offenen Einsatz erlauben das Abschliessen, Anzeigen der dazugehörigen Suchaufträge oder Löschen eines Einsatzes. Bei abgeschlossenen Einsätzen können über die Buttons die Suchaufträge angezeigt werden oder der Einsatz kann gelöscht werden.

Name	Nummer	Kommentar	Einsatzleiter	Retter	Auftraggeber	Optionen
Gonzen	SG080618	Aufstieg über Follplatten	Donald Duck	Tom Turbo Ernst Haft Frank Reich + Hinzufügen	REGA	✓ ↵ ✖
Falknis	GR2018-1-2	Person zuletzt bei Enderlinhütte gesehen	Donald Duck	Tom Turbo Ernst Haft	REGA	↵ ✖

Abbildung 1.8: Einsatzübersicht

Neuer Suchauftrag

Ein Suchauftrag ist entweder eine Weg- oder Reversuche. Der Weg oder das Revier kann auf der Karte eingezeichnet werden. Bereits vorhandene Suchaufträge in einem Einsatz werden ebenfalls auf der Karte eingezeichnet. Dadurch wird verhindert, dass zwei gleiche Weg- oder Reversuchen definiert werden und somit das Suchgebiet suboptimal eingeschränkt wird.

Einsatz: Gonzen - SG080618

NAME * Reversuche1 BEZEICHNUNG * R1

KOMMENTAR

TYP
● REVIERSUCHE
○ WEGSUCHE

RETTER AUSWÄHLEN
+ Retter hinzufügen

Suche

R2 Ernst Haft 0883401212

R3 Frank Reich

Suchauftrag erstellen Abbrechen

Neu zeichnen

Zusätzliche Kartenlayer

Cholplatz

Ghutlet Gonzen

Proderholz

Abbildung 1.9: Neuer Suchauftrag erstellen

Suchauftragsübersicht

Zeigt alle offenen und abgeschlossenen Suchaufträge. Mit den Buttons bei den Optionen kann ein offener Suchauftrag abgeschlossen werden, die Details angezeigt werden oder gelöscht werden. Bei einem abgeschlossenen Suchauftrag können die Details angezeigt werden oder der Suchauftrag kann gelöscht werden.

Offene Suchaufträge						
Name	Bezeichnung	Kommentar	Retter	Typ	Optionen	
Reversuche1	R1		Ernst Haft + Hinzufügen	Reversuche	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abgeschlossene Suchaufträge						
Name	Bezeichnung	Kommentar	Retter	Typ	Optionen	
Wegsuche1	W1		Tom Turbo	Wegsuche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 1.10: Suchauftragsübersicht

Suchauftragsdetails

Zeigt mehr Informationen zu einem Suchauftrag an. Die Eingabefelder sind nicht editierbar und auch auf der Karte kann nichts verändert werden (ausser weitere Kartenlayer einblenden).

Suchauftrag: Reversuche1 - R1

+ Details anzeigen

NAME	REVERSUCHUNG
Reversuche1	R1
KOMMENTAR	-
TYP	Reversuche
GESTARTET AM	ABGESCHLOSSEN AM
Noch nicht gestartet	Noch nicht abgeschlossen
RETTER	
R2	Ernst Haft

Zusätzliche Kartenlayer

Abbildung 1.11: Suchauftragsdetails

Profil bearbeiten

Der Einsatzleiter kann jedes Profil bearbeiten. Alle anderen Benutzer können jeweils nur ihr eigenes Profil anpassen.

Profil von: Donald Duck

VORNAME
Donald

NACHNAME
Duck

E-MAIL
donald.duck@tracking-system.ch

TELEFON
0813009999

RETTER-TYP
EL

PASSWORT ÄNDERN
neues Passwort
neues Passwort bestätigen

Abbildung 1.12: Profil bearbeiten

Tracking-Daten

Der Einsatzleiter sieht die Tracking-Daten aller Benutzer und kann von jedem Tracking-Daten löschen. Alle anderen Benutzer sehen nur ihre eigenen Tracking-Daten und können auch nur diese löschen. Wenn Daten mit einem Suchauftrag verknüpft sind, wird beim Löschen nicht davor gewarnt. Dies führt unter Umständen dazu, dass wichtige Daten gelöscht werden und der Verlauf von Suchaktionen nicht mehr nachvollzogen werden kann.

Suche		Tracking-Daten von: Basilio Klaus	
admin admin	admin@tracking-system.ch	Latitude: 47.326693 Longitude: 9.345056	Höhe: 4393.0 m ü. M. Akku: 21 % Genauigkeit: 72 m Zeitstempel: 2017-09-10 05:48:36.0
monitor monitor	monitor@tracking-system.ch	Latitude: 47.375663 Longitude: 9.379397	Höhe: 9141.0 m ü. M. Akku: 74 % Genauigkeit: 58 m Zeitstempel: 2017-08-27 08:10:56.0
user user	user@tracking-system.ch	Latitude: 47.336735 Longitude: 9.325642	Höhe: 6503.0 m ü. M. Akku: 86 % Genauigkeit: 62 m Zeitstempel: 2017-08-25 01:20:33.0
Tom Turbo	tomturbo@gmail.com	Latitude: 47.368697 Longitude: 9.383649	Höhe: 5377.0 m ü. M. Akku: 28 % Genauigkeit: 87 m Zeitstempel: 2017-07-22 06:32:04.0
Donald Duck	donald.duck@tracking-system.ch	Latitude: 47.333976 Longitude: 9.330085	Höhe: 8450.0 m ü. M. Akku: 75 % Genauigkeit: 27 m Zeitstempel: 2017-07-15 11:28:59.0
Axel Schweiss	axel-sch@hotmail.com		

Abbildung 1.13: Tracking-Daten

1.1.3 Domain-Modell

Das Domain-Modell aus der Studienarbeit diente als Ausgangslage für die Weiterarbeit.

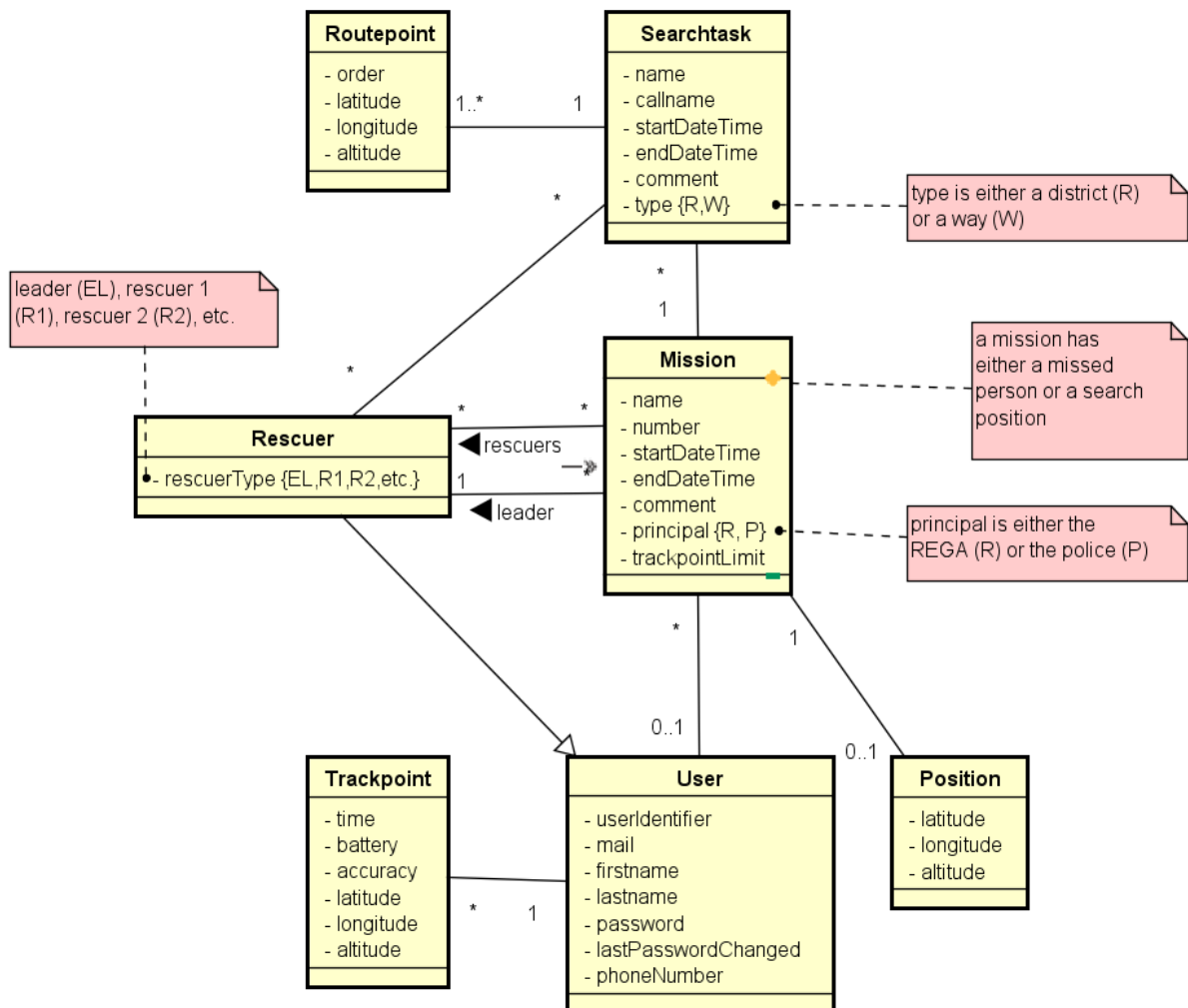


Abbildung 1.14: Domainmodell Ausgangslage

1.2 Domainanalyse

Nach Besprechung aller Use Cases und Anforderungen wurde das Domain-Modell aus der Ausgangslage mit zusätzlichen Attributen und Assoziationen ergänzt.

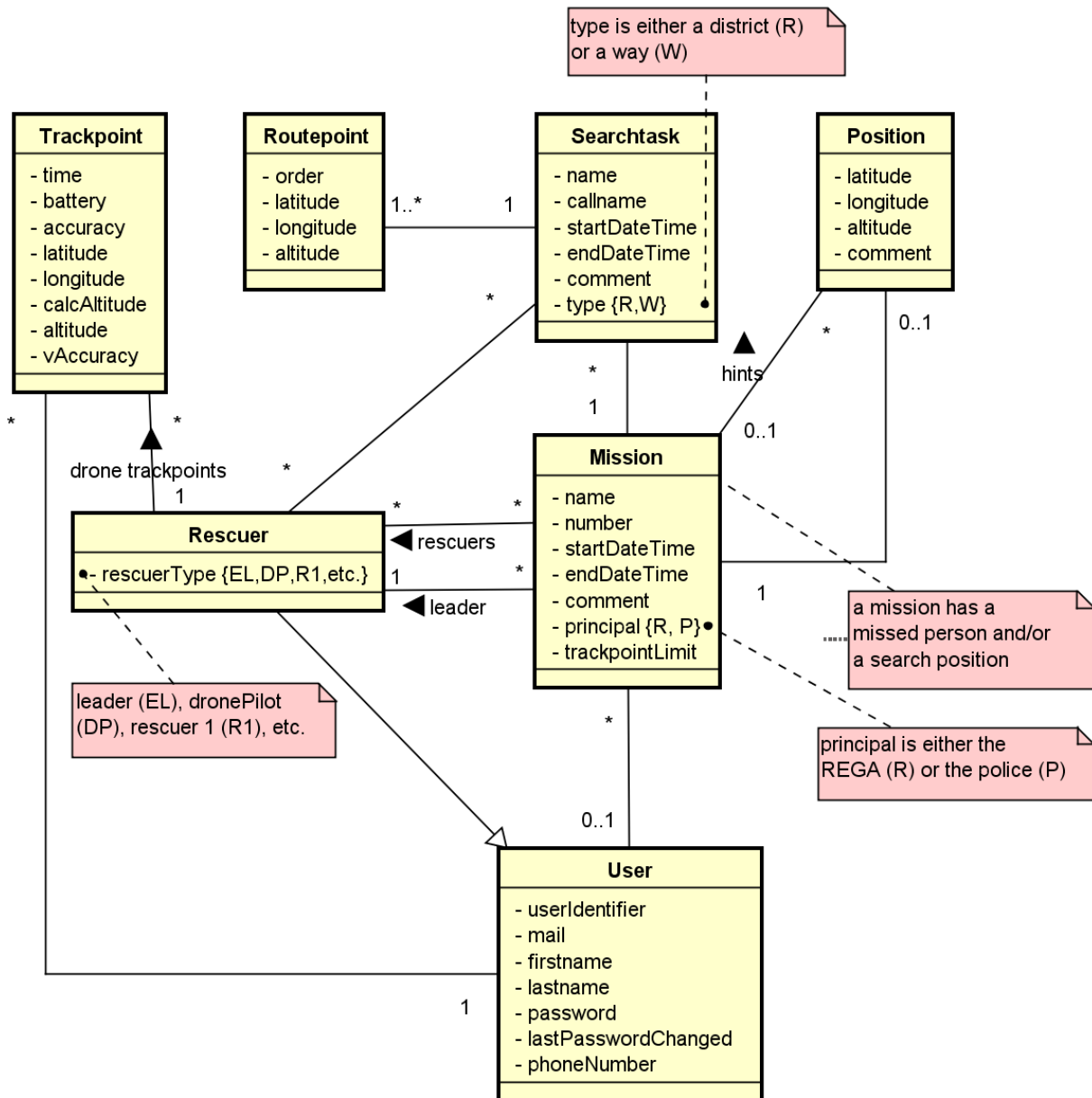


Abbildung 1.15: Domainmodell

Kurzbeschreibung der Konzepte

Routepoint	Mehrere auf der Karte für die Weg- oder Reviersuche eingezeichnete Koordinaten.
Searchtask	Ein Suchauftrag ist entweder eine Weg- oder Reviersuche und wird Rettern oder Drohnen zugewiesen. Die Retter oder Drohnen müssen dem zum Suchauftrag übergeordneten Einsatz zugewiesen sein, bevor sie im Suchauftrag zugewiesen werden können. Drohnen können nur Suchaufträge vom Typ «Weg» effizient ausführen.
Mission	Ein Einsatz umfasst die komplette Suchaktion und mehrere Suchaufträge. Der Einsatz wird geschlossen, sobald die vermisste Person gefunden wurde oder die Suche eingestellt wird. Um einen Einsatz abzuschliessen, müssen alle dazugehörigen Suchaufträge abgeschlossen sein.
Rescuer	Es gibt verschiedene Retter-Typen. Diese Spezialisierung hilft dem Einsatzleiter bei der Einsatzplanung und je nach Typ haben diese auch mehr oder weniger Zugriffsrechte im System. So kann ein Einsatzleiter auf alle Funktionen im Einsatzplanungstool zugreifen, ein Retter hingegen nur auf seine eigenen Daten.
Position	Definiert den Einsatzpunkt. Wo wurde die vermisste Person zuletzt gesehen oder wo wird diese vermutet. Hinweise, welche die Retter mit ihrer App erfassen, werden ebenfalls als Position mit Kommentar gespeichert und einem Einsatz zugewiesen.
User	Die getrackte/vermisste Person. Kann auch ein Retter sein, wobei die Zugriffsrechte im System je nach Retter-Typ unterschiedliche sind.
Trackpoint	Von der Tracking-App der Benutzer oder der Drohne an das System übermittelte Standortdaten. Dienen als Planungselement für Einsätze und Suchaktionen. Können aus dem Einsatzplanungstool exportiert werden und beispielsweise in Google Earth als KML importiert und visualisiert werden.

Tabelle 1.1: Kurzbeschreibung der Konzepte

1.3 Use Cases

Die Use Cases wurden zu Beginn des Projektes mit den Auftraggebern besprochen und priorisiert.

1.3.1 Use Case Diagramm

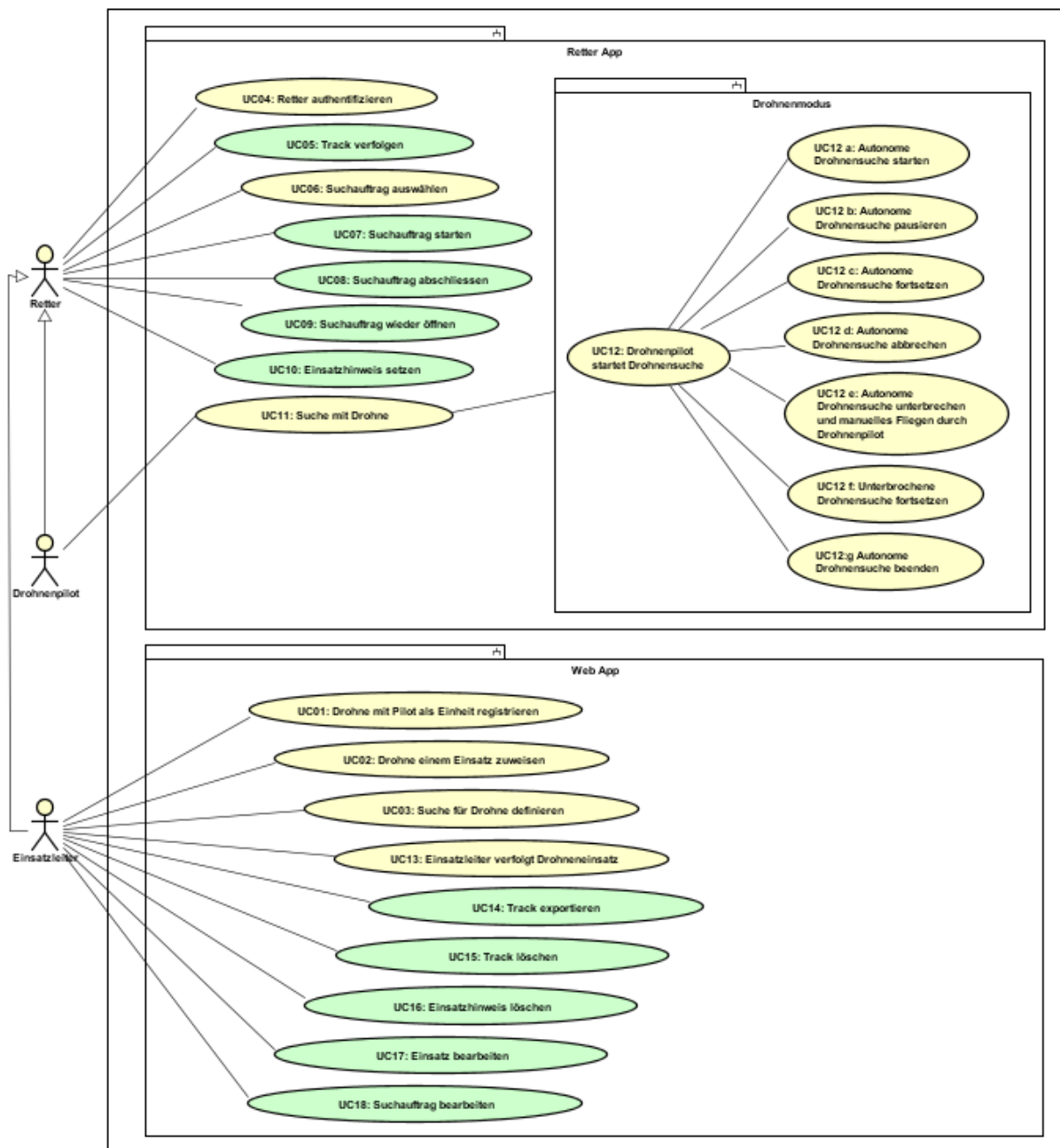


Abbildung 1.16: Use Case Diagramm

Erklärung zu den Farben

- Gelb: 1. Priorität
- Grün: 2. Priorität

1.3.2 Akteure & Stakeholder

Einsatzleiter	Person mit mehrjähriger Erfahrung bei alpinen Rettungsaktionen. Plant Einsätze und Suchaufträge und wertet diese im Anschluss aus.
Retter	Mitglied der Alpinen Rettung Schweiz. Führt Suchaufträge aus und lässt sich mit der Tracking-App tracken.
Drohnenpilot	Unterstützt alpine Rettungsaktionen mit Drohnenflügen in unzugänglichen Gebieten. Mit der Drohne aufgenommenes Videomaterial wird im Team ausgewertet und besprochen.

Tabella 1.2: Akteure & Stakeholder

1.3.3 Kurzbeschreibung der Use Cases

UC01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren

Ein Retter wird als Drohnenpilot definiert. Es kann auch ein neuer Benutzer im System erstellt werden

UC02: Drohne einem Einsatz zuweisen

Der Drohnenpilot wird einem Einsatz zugewiesen. Dadurch ist implizit auch seine Drohne im Einsatz.

UC03: Suche für Drohne definieren

Der Einsatzleiter definiert in einem Einsatz eine Suche auf der Karte. Der Suchauftrag wird dabei dem Drohnenpiloten zugewiesen.

UC04: Retter authentifizieren

Der Retter kann sich in der App mit Benutzername und Kennwort anmelden. Er hat auch die Option seine Eingaben zu speichern und muss sich somit nicht jedes Mal neu authentifizieren.

UC05: Track verfolgen

Der Retter kann auf der Karte in der App seinen eigenen Track verfolgen. Wie lange dieser Track zurückgeht ist konfigurierbar.

UC06: Suchauftrag auswählen

Der Retter hat einen Überblick über die noch nicht erledigten Suchaufträge, die ihm zugeteilt wurden. Er hat aber auch die Möglichkeit bereits abgeschlossene Suchaufträge nach zu laden. Wählt er einen Suchauftrag aus, so sieht er die vom Einsatzleiter definierte Revier- oder Wegsuche, den Track der vermissten Person, den Einsatzpunkt, vorhandene Einsatzhinweise sowie seinen eigenen Track im aktuellen Suchauftrag auf der Karte.

UC07: Suchauftrag starten

Sobald der Retter am Startpunkt seines Suchauftrages angelangt ist, bestätigt er, dass der Suchauftrag nun offiziell beginnt.

UC08: Suchauftrag abschliessen

Sobald die Retter mit dem Suchauftrag fertig sind, schliessen sie den Suchauftrag mit einem Kommentar ab.

UC09: Suchauftrag wieder öffnen

Ein bereits abgeschlossener Suchauftrag kann auf Befehl des Retters wieder in den laufenden Zustand versetzt werden.

UC10: Einsatzhinweis setzen

In einem laufenden Suchauftrag hat der Retter die Option, Punkte mit einem Kommentar auf der Karte zu setzen. Diese werden an das System übermittelt und auf der Karte angezeigt.

UC11: Such mit Drohne

Hat der Retter in den Einstellungen den Drohnenmodus aktiviert, so hat er die Option «Suche mit Drohne». Dabei versucht die App sich mit der Drohne zu verbinden und es erscheint das Drohnencockpit mit dem entsprechenden Kartenmaterial.

UC12: Drohnenpilot startet Drohnensuche

Ist der Suchauftrag im laufenden Zustand, so wird der Track der Drohne aufgezeichnet und ans System übermittelt. Der Drohnenpilot kann den definierten Suchauftrag nun manuell abfliegen oder eine autonome Drohnensuche starten.

UC12a: Autonome Drohnensuche starten

Beim Starten der autonomen Suche kann der Drohnenpilot einige Parameter wie Höhe, Geschwindigkeit, Startpunkt, Verhalten nach Abschluss, etc. definieren. Anschliessend beginnt die Drohne den definierten Suchauftrag im dreidimensionalen Raum autonom abzufliegen.

UC12b: Autonome Drohnensuche pausieren

Pausiert der Drohnenpilot die autonome Suche, bleibt die Drohne in der Luft stehen und wartet auf weitere Anweisungen vom Drohnenpiloten.

UC12c: Autonome Drohnensuche fortsetzen

Beendet der Drohnenpilot die Pause, setzt die Drohne die pausierte Drohnensuche fort.

UC12d: Autonome Drohnensuche abbrechen

Wenn der Drohnenpilot den Suchauftrag in der App abbricht, hat er die Möglichkeit erst mal nichts zu unternehmen und die Drohne vor Ort schweben zu lassen, die Drohne direkt zu landen oder zurück zum Ausgangspunkt fliegen zu lassen.

UC12e: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen durch Drohnenpilot

Der Drohnenpilot unterbricht via App die autonome Suche mit der Drohne und übernimmt mit seiner Fernsteuerung die Kontrolle über die Drohne.

UC12f: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen

Die Drohne fliegt autonom zurück zur Position, an welcher die Drohnensuche unterbrochen wurde und setzt danach die autonome Suche wahlweise in der aktuellen oder ursprünglichen Höhe fort.

UC12g: Autonome Drohnensuche beenden

Sobald die Drohne den Suchauftrag absolviert hat, hat der Drohnenpilot eine Auswahl wie er die Suche abschliessen will. Er hat die Möglichkeit erst mal nichts zu unternehmen und die Drohne vor Ort schweben zu lassen, die Drohne direkt zu landen oder entweder auf dem direkten Weg oder über den zurückgelegten Weg zurück zum Ausgangspunkt fliegen zu lassen.

UC13: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz

Der Einsatzleiter sieht mindestens den Einsatzstatus der Drohne (offen, gestartet, beendet) in der Web-App. Im besten Fall kann der Einsatzleiter den Standort der Drohne in Echtzeit mitverfolgen inkl. Livebild und bereits absolvierter und geplanter Flugroute.

UC14: Track exportieren

Der Einsatzleiter kann den Track einer Person oder einer Drohne im gewünschten Format «KML» oder «GPX» exportieren.

UC15: Track löschen

Jeder Benutzer hat die Möglichkeit seine eigenen Trackingdaten zu löschen. Ein Einsatzleiter hat die Möglichkeit dies für jeden Benutzer durchzuführen. Standardmässig werden nur die nicht Einsatzbezogenen Daten gelöscht, durch explizites Löschen könne aber auch diese gelöscht werden.

UC16: Einsatzhinweis löschen

Die Einsatzhinweise, die in der App erstellt werden, werden auf der Karte angezeigt und können auch wieder entfernt werden.

UC17: Einsatz bearbeiten

Der Einsatzleiter kann einen bestehenden Einsatz bearbeiten um beispielsweise die offizielle Einsatznummer nachzutragen, die allenfalls nicht schon zu Beginn des Einsatzes bekannt ist.

UC18: Suchauftrag bearbeiten

Bemerkt ein Einsatzleiter, dass er ein Revier für einen Rettungstrupp zu gross eingezeichnet hat oder eine Suche mit der Drohne aus Höhen- und Akkubegrenzungen nicht realistisch ist, kann ein Suchauftrag anhand dieser Erkenntnisse angepasst werden und muss nicht komplett neu erstellt werden.

1.4 Functional Requirements

FR-Nr.	Beschreibung
1	Es wird in allen Applikationen das von den Auftraggebern zur Verfügung gestellte Logo verwendet
2	Die Benutzeroberflächen sind auf Deutsch
3	Kritische Funktionen müssen bestätigt werden, damit nicht ausversehen wichtige Daten gelöscht werden
4	Das System verhindert unautorisierten Zugriff auf Benutzerdaten
5	Ein Benutzer hat volle Kontrolle über seine Daten und kann diese jederzeit einsehen, verwalten oder löschen.
6	API Anfragen werden mit Daten im JSON-Format beantwortet

Tabelle 1.3: Funktionale Anforderungen

1.5 Non-Functional Requirements

NFR-Nr.	Beschreibung
1	Die Webapplikation soll tausende gleichzeitige Anfragen der Tracking App handhaben können
2	Die Webapplikation soll 100-200 gleichzeitige Verbindungen der Retter App verwalten können
3	Die Webapplikation soll 10 gleichzeitige Verbindungen über das Frontend verwalten können
4	Serverstandort ist in der Schweiz und Hostler ist zertifiziert <ul style="list-style-type: none">• SLA verspricht 99.5% Verfügbarkeit• 2 Cluster an einem Standort inkl. Load Balancer• Backup alle 4 Stunden garantiert
5	Die Drohnen App muss auf Android und iOS funktionieren (native)
6	Die Web-App für das Backend wird in Java weiterentwickelt und nutzt das Spring Framework
7	Die Web-App für das Backend muss weiterhin responsive mit Bootstrap umgesetzt werden
8	Die Web-App wird auf einem Tomcat Application Server mit einem Linux Betriebssystem deployed
9	Die Web-App muss die Standard-Browser von Windows, Android und iOS unterstützen
10	Die Sourcen werden auf einem Git-Repository von Namics gespeichert

Tabelle 1.4: Nicht-funktionale Anforderungen

1.6 Qualitätsmassnahmen

1.6.1 Qualitätsmerkmale

Zuverlässigkeit

Durch regelmässige Pilotversuche mit den Auftraggebern haben wir Rückmeldungen über Fehler und Verbesserungsvorschläge erhalten und konnten diese in die Weiterentwicklung der Produkte miteinbeziehen. Zusätzlich wird die Qualität und Zuverlässigkeit der Produkte durch Unit- und Systemtests gewährleistet.

Verständlichkeit

Für den User soll durch entsprechendes Feedback immer klar sein, ob eine Aktion erfolgreich war oder nicht. Die Navigation in der Webapplikation und der Retter-App wird möglichst einfach gehalten und es wird darauf geachtet, dass keine View überladen wirkt. Wichtige und oft genutzte Features sind schnell erreichbar. Wenn in einer Ansicht keine Daten verfügbar sind, dann wird der Benutzer mittels Feedback darauf hingewiesen, was der Grund dafür ist. Es werden gebräuchliche Symbole verwendet um Interaktionen auszulösen, damit sich Benutzer einfach zurechtfinden.

Erlernbarkeit

Das Design und die Bedienung in den mobilen Apps orientiert sich an anderen beliebten Apps. Dadurch findet der Benutzer eine vertraute Oberfläche vor und der Umgang mit der neuen App fällt ihm leichter.

Bedienbarkeit

Die Apps für Android und iOS wurden bezüglich des Designs möglichst identisch implementiert. Auch bei der Wahl von textuellem Inhalt wurde auf Einheitlichkeit geachtet. Ein allfälliger Umstieg von einer Plattform zur Anderen sollte für den Benutzer somit keine Herausforderung darstellen. Einzelne Elemente wie beispielsweise der Floating Action Button von Android ist einem iOS-Anwender jedoch nicht vertraut und wurde dementsprechend durch eine Alternative ersetzt.

Durch den Einsatz von Bootstrap sorgt die Webapplikation sowohl auf grossen Bildschirmen als auch auf mobilen Geräten mit kleineren Bildschirmen für gute User Experience.

1.6.2 Systemtest Spezifikation

Damit alle Use Cases nebst Unit Tests sinnvoll getestet werden konnten wurden Systemtests definiert.

TRS Cockpit

Systemtest	Use Case
ST01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren	UC01
ST02: Drohne einem Einsatz zuweisen	UC02
ST03: Suchauftrag für Drohne definieren	UC03
ST04: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz	UC13
ST05: KML Track exportieren	UC14
ST06: GPX Track exportieren	UC14
ST07: User-Trackingdaten löschen	UC15
ST08: Irrelevante User-Trackingdaten löschen	UC15
ST09: Alle Drohnen-Trackingdaten löschen	UC15
ST10: Einzelne Drohnen-Trackpoints löschen	UC15
ST11: Einsatzhinweis löschen	UC16

Tabelle 1.5: Systemtests TRS Cockpit

TRS Rescuer

Systemtest	Use Cases
ST12: Retter authentifizieren	UC04
ST13: Track verfolgen	UC05
ST14: Suchaufträge anzeigen	UC06
ST15: Suchauftrag anzeigen	UC06
ST16: Suchauftrag starten	UC07
ST17: Suchauftrag abschliessen	UC08
ST18: Suchauftrag wieder öffnen	UC09
ST19: Einsatzhinweis erstellen	UC10
ST20: Suche mit Drohne	UC11
ST21: Suche mit Drohne mit kleinen Abständen	UC11
ST22: Suchauftrag mit Drohne fliegen	UC12
ST23: Autonome Drohnensuche durchführen	UC12a
ST24: Autonome Drohnensuche pausieren	UC12b
ST25: Autonome Drohnensuche fortsetzen	UC12c
ST26: Autonome Drohnensuche abbrechen	UC12d
ST27: Autonome Drohnensuche abbrechen – zurückkehren	UC12d
ST28: Autonome Drohnensuche abbrechen – landen	UC12d
ST29: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen	UC12e
ST30: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – ursprüngliche Höhe	UC12f
ST31: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – aktuelle Höhe	UC12f
ST32: Autonome Drohnensuche beenden	UC12g

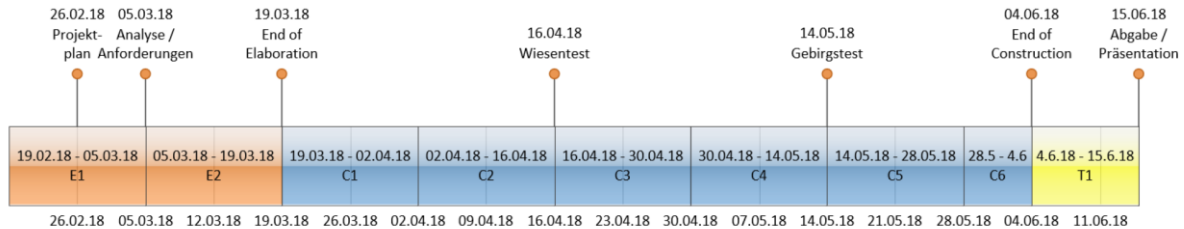
Tabelle 1.6: Systemtests TRS Rescuer

2 PROJEKTMANAGEMENT

2.1 Projektplan

Das Projekt beinhaltet sieben Meilensteine, die über drei Phasen verteilt sind.

2.2 Iterationen



19.02.2018

15.06.2018

Abbildung 2.1: Projektplan

2.3 Phasen

Phase	Beschreibung	Dauer
Inception	Erstellung Aufgabenstellung	erledigt
Elaboration	Erstellung Projektplan, Definition Meilensteine, Erstellung Prototyp, Einarbeitung, Anforderungen, Architektur	4 Wochen
Construction	Programmierung der Mobile-Apps und Erweiterung Web-App um Drohne, Testing	11 Wochen
Transition	Projektauswertung, Statistiken, Soll-Ist-Vergleich, Abschluss der Dokumentation	2 Wochen

Tabelle 2.1: Projektphasen

2.4 Meilensteine

Meilenstein	Beschreibung	Datum
MS 1: Projektplan	Abgabe Projektplan	26.02.2018
MS 2: Analyse / Anforderungen	Funktionale und nichtfunktionale Anforderungen definiert, Use Cases brief und casual	05.03.2018
MS 3: Ende Elaboration	Architektur-Prototyp für Android und iOS, Weg- und Revier manuell abfliegen auf flachem Gelände, Technologien und Arbeitsabläufe sind definiert	19.03.2018
MS 4: Architektur / Design	Wegsuche (muss) und Reviersuche (kann) autonom abfliegen auf flachem Gelände	16.04.2018
MS 5: Ende Construction	Wegsuche (muss) in alpinem Gelände autonom abfliegen, Reviersuche (muss) auf hügeliger Fläche autonom abfliegen, Verfolgung und Livestream (kann) in Einsatzzentrale	14.05.2018
MS 6: End of Construction	Alle geplanten Features programmiert und getestet, Arbeit bereit zur Präsentation an kleine Gruppe der ARS, Code Freeze	04.06.2018
MS 7: Abgabe / Präsentation	Abschluss der Dokumentation und Vorbereitung der Schlusspräsentation	15.06.2018

Tabelle 2.2: Meilensteine

2.5 Risikomanagement

R1: Code Datenverlust

Beschreibung	Der Code auf Git geht verloren
Massnahme	Anlegen von lokalen Arbeitskopien
Verhalten bei Eintritt	Lokale Arbeitskopien der Teammitglieder werden zusammengeführt und ins Git Repository hochgeladen

Tabelle 2.3: Risiko Code Datenverlust

R2: Dokumentenverlust

Beschreibung	Dokumente in OneDrive gehen verloren
Massnahme	Wöchentlich lokale Kopien und Versionierung der Dokumente
Verhalten bei Eintritt	Zurückspielen der lokalen Datensicherung

Tabelle 2.4: Risiko Dokumentenverlust

R3: Ausfall Redmine

Beschreibung	Redmine [7] ist nicht erreichbar
Massnahme	Keine Experimente auf dem System mit der Redmine-Installation
Verhalten bei Eintritt	Server neustarten, Problem analysieren und innert nützlicher Frist beheben

Tabelle 2.5: Risiko Ausfall Redmine

R4: Datenverlust Redmine

Beschreibung	Redmine-Datenbank beschädigt oder inkonsistent
Massnahme	Wöchentliche CSV-Exports aller wichtigen Redmine-Komponenten
Verhalten bei Eintritt	Je nach Fehler den Server neu aufsetzen, Redmine neu installieren, neusten CSV-Export in Redmine importieren

Tabelle 2.6: Risiko Datenverlust Redmine

R5: Technologie Einarbeitung

Beschreibung	Zu wenig Erfahrung mit den eingesetzten Technologien und Frameworks
Massnahme	Einarbeitung in Themen mit Tutorials und kleineren Testprojekten
Verhalten bei Eintritt	Kontakt zu Personen suchen, die mit entsprechender Technologie vertraut sind

Tabelle 2.7: Risiko Technologie Einarbeitung

R6: Ungenügende Kommunikation

Beschreibung	Kommunikation mit Kunde / Betreuer erweist sich als ungenügend oder schwierig
Massnahme	Regelmässige Planung von Sitzungen
Verhalten bei Eintritt	Planung der Sitzungen überarbeiten, Kontakt mit Kunde / Betreuer aufnehmen

Tabelle 2.8: Risiko Ungenügende Kommunikation

R7: Unterschätzte Komplexität

Beschreibung	Teammitglied braucht viel mehr Zeit als geplant für ein Arbeitspaket
Massnahme	Arbeitspakete mit Zeitreserven planen, Backlog regelmässig kontrollieren
Verhalten bei Eintritt	Arbeitspakete in kleinere Teilpakete aufteilen oder schlimmstenfalls auf Feature verzichten

Tabelle 2.9: Risiko Unterschätzte Komplexität

R8: Ausfall Entwickler-PC

Beschreibung	PC eines Teammitglieds funktioniert nicht mehr und verhindert die Weiterarbeit am Projekt
Massnahme	Versionsverwaltungs-Werkzeug, Dokumentationen für die Installation wichtiger Komponenten, allgemeine Regeln im Umgang mit PCs.
Verhalten bei Eintritt	PC neu installieren oder Ersatz besorgen, Entwicklerumgebung gemäss Dokumentation einrichten und alle aktuellen Versionen des Projektes ins System importieren

Tabelle 2.10: Risiko Ausfall Entwickler-PC

R9: DJI SDK Einarbeitung

Beschreibung	Das Einarbeiten in die DJI SDK erweist sich aufgrund fehlender Dokumentation und Tutorials als schwierig
Massnahme	Vorgängig genügend Informationen beschaffen und schauen, was alles möglich ist
Verhalten bei Eintritt	Mehr Zeit für Features einplanen und dafür den Umfang an Features einschränken

Tabelle 2.11: Risiko DJI SDK Einarbeitung

R10: Ausfall einer Drohne

Beschreibung	Drohne stürzt bei Testflug ab oder hat anderen Defekt
Massnahme	Für jedes Teammitglied eine Drohne organisieren und Tests sorgfältig vorbereiten. Vorsichtiger Umgang mit der Hardware und vor allem zu Beginn auf den Einsatz des Simulators setzen
Verhalten bei Eintritt	In Kontakt mit dem Auftraggeber eine Lösung finden und allenfalls neue Hardware organisieren

Tabelle 2.12: Risiko Ausfall einer Drohne

R11: Keine Testgeräte verfügbar

Beschreibung	Apps können nicht getestet werden, da Teammitglied nur Android oder iOS Smartphones haben
Massnahme	Für jede Plattform separate Testgeräte organisieren
Verhalten bei Eintritt	Bei Bekannten um nicht mehr benötigte Geräte bitten

Tabelle 2.13: Risiko Keine Testgeräte verfügbar

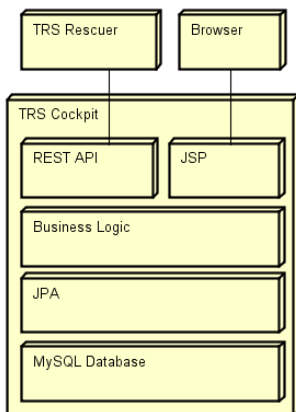
R12: Kein passendes Kartenmaterial

Beschreibung	Das Kartenmaterial von Mapbox ist zu ungenau für die Schweizer Berge
Massnahme	Vorgängig mit Auftraggeber abklären, ob Kartenmaterial von Mapbox die Bedürfnisse abdeckt
Verhalten bei Eintritt	Alternatives Kartenmaterial wie OpenStreetMap evaluieren

Tabelle 2.14: Risiko Kein passendes Kartenmaterial

3 KONZEPTION UND DESIGN

3.1 Einsatzplanungstool



Das Einsatzplanungstool «TRS Cockpit» verwaltet alle Daten in der MySQL-Datenbank mit JPA und stellt diese über APIs zur Verfügung respektive empfängt Trackingdaten von Benutzern der Tracker-App und der Drohne und persistiert diese in der Datenbank. Die API sendet und empfängt die Daten im JSON-Format. Die Daten von der API werden von der App und dem Browser geladen, wobei die ganze Kommunikation mit SSL verschlüsselt ist. Im Browser werden die Daten von der API asynchron mit AJAX geladen, damit das User Interface nicht blockiert. Die Authentifizierung von Benutzern wird mittels JSON Web Token (JWT) durchgeführt.

Abbildung 3.1: Konzeption Einsatzplanungstool

3.1.1 Java Spring Boot

Die Webapplikation – das Einsatzplanungstool – basiert auf Java Spring Boot. Als Buildsystem wird Apache Maven mit einem speziellen Spring Plugin [8] verwendet.

3.1.2 Deployment

Das generierte WAR-File wird auf einem Tomcat Application Server bei der aspectra AG [9] deployed. Ein Loadbalancer verteilt die Last auf zwei Server und sorgt für Ausfallsicherheit.

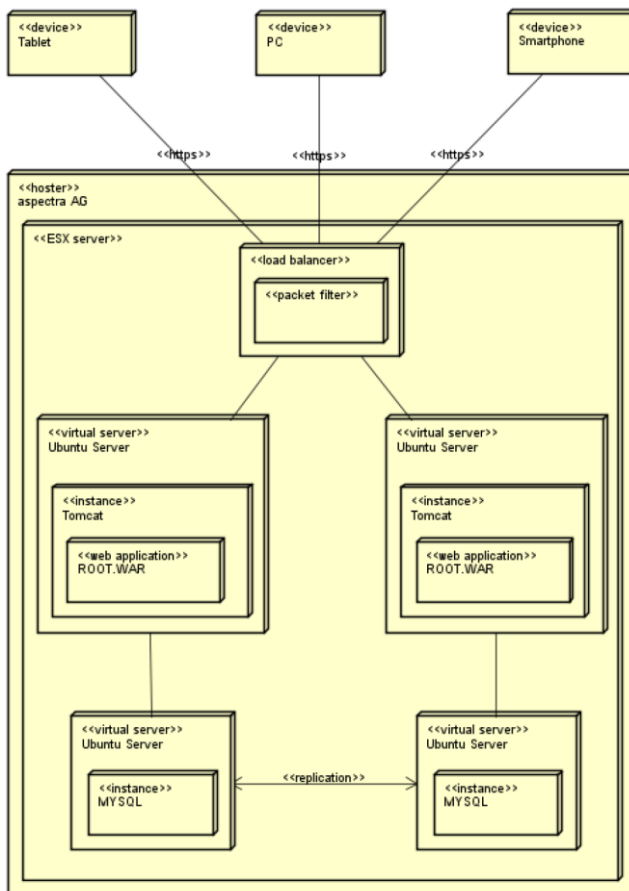


Abbildung 3.2: Deployment Diagramm

3.1.3 Datenbankmodell

Als Datenbank wird MySQL [10] verwendet. Neue Daten wurden jeweils mit dem Flyway-Plugin [11] und entsprechend versionierten SQL-Skripten eingelesen. Eine saubere Versionierung ist wichtig, damit die Checksummen in der DB-Tabelle schema_version nicht überschrieben werden und der Datenimport dadurch fehlschlägt.

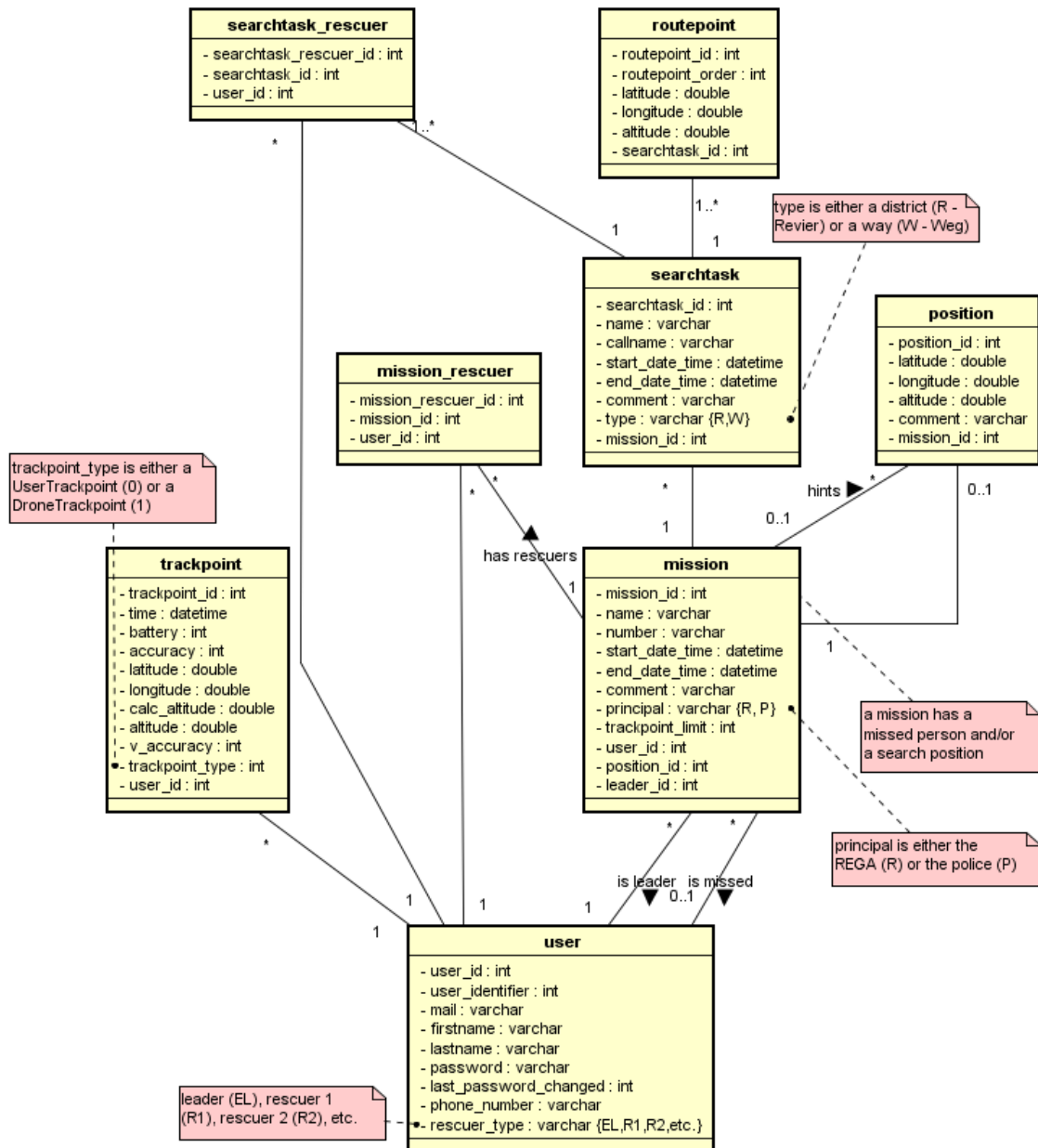


Abbildung 3.3: Datenbankmodell

3.2 Retter-App

Die einzusetzenden Technologien wurden durch die vorgegebene Aufgabenstellung definiert. Es wurden zwei native Apps für die Plattformen Android und iOS entwickelt. Die Apps binden jeweils das plattformabhängige SDK von DJI [12] und Mapbox [13] ein und verbinden die Funktionalität von DJI, Mapbox und unserem Einsatzplanungstool zu einer App.

Die DJI SDK sowie die Mapbox SDK registrieren sich mit einem Zugangsschlüssel bei der API des Anbieters. Auf die in der App benötigten Daten wird über die REST Schnittstelle des Einsatzplanungstools zugegriffen und mit Informationen der REST Schnittstellen von OpenStreetMap [14] und Swisstopo [15] ergänzt.

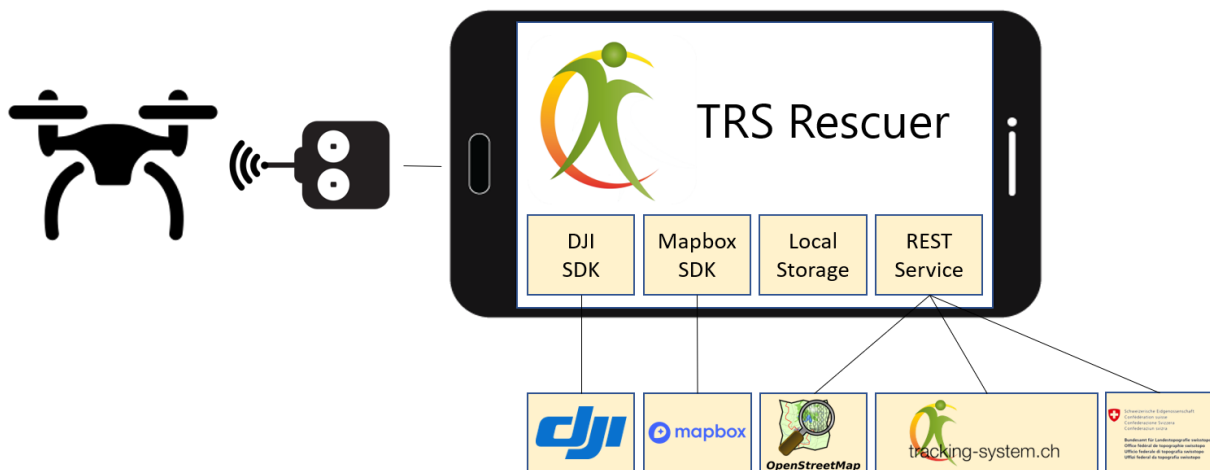


Abbildung 3.4: Schnittstellen Retter-App

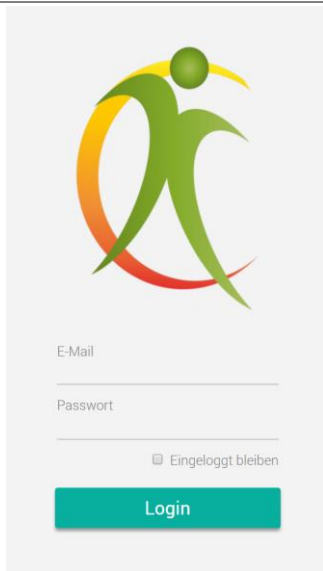
4 UI KONZEPT

4.1 Mockups

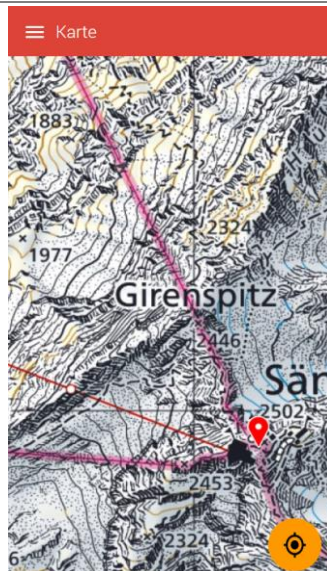
4.1.1 Einsatzplanungstool

Durch Weiterverwendung des während der Studienarbeit entwickelten Designs wurden keine Mockups erstellt.

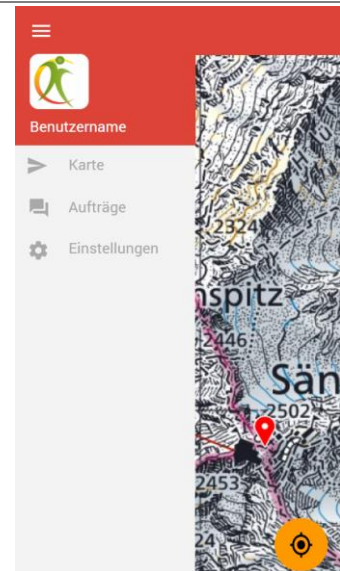
4.1.2 Retter-App



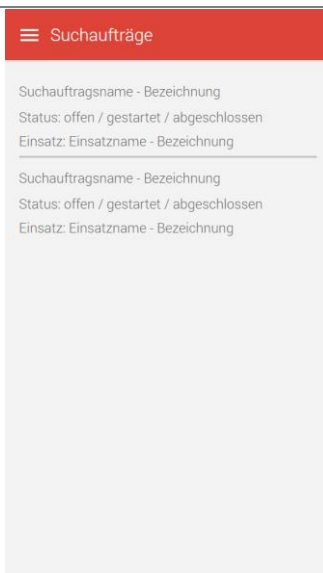
Login mit E-Mail und Passwort



Karte mit eigenem Standort



Navigation Drawer



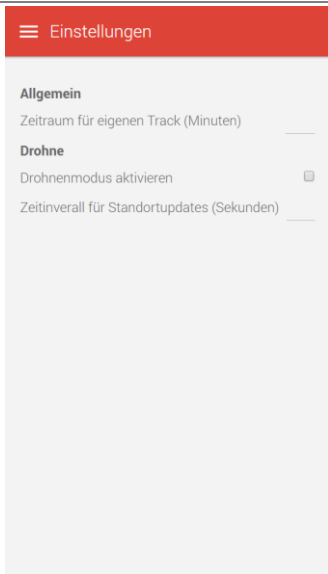
Suchauftragsliste



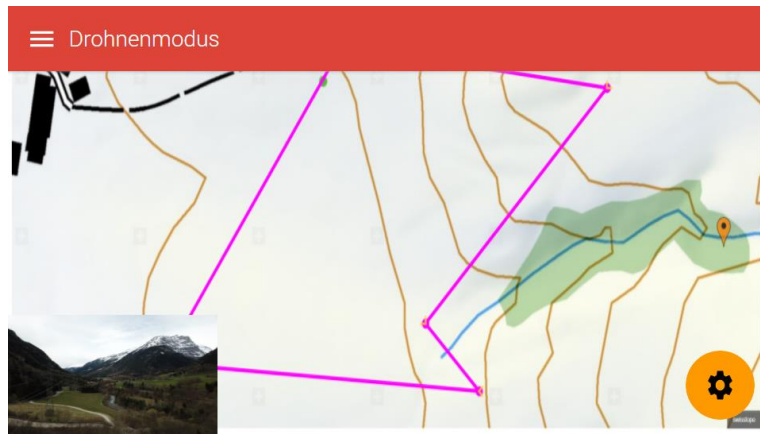
Suchauftragsdetails



Wegsuche



Einstellungen



Drohnenmodus

Tabelle 4.1: UI Mockups Retter-App

5 ERGEBNISSE

5.1 Einsatzplanungstool

In diesem Kapitel werden lediglich die Änderungen zum bestehenden Einsatzplanungstool beschrieben.

5.1.1 Benutzer erstellen

In der bestehenden Applikation wurden Benutzer mittels SQL-Skript im System erfasst. Dies ist nicht nur umständlich, sondern hat auch jedes Mal ein erneutes Deployment der Applikation nach sich gezogen. Alternativ konnte ein Benutzer auch die Tracking-App installieren und falls der Benutzer noch nicht existierte, wurde dieser automatisch im Einsatzplanungstool mit wenig aussagenden Eigenschaften erstellt. Nun ist es möglich, Benutzer mit relevanten Eigenschaften wie Mail, Telefonnummer oder Retter-Typ direkt über das User-Interface zu erfassen.

Wenn man die entsprechenden Berechtigungen hat, so erreicht man die Ansicht für das Erstellen eines Benutzers über das Benutzerprofil – Benutzer erstellen.

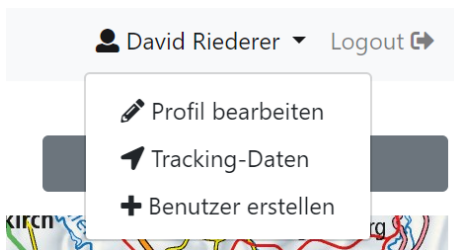


Abbildung 5.1: Benutzerprofilmenü

Die Ansicht zur Erstellung eines neuen Benutzers erlaubt die Angabe aller relevanten Informationen. UserId und UserIdentifier aus dem Datenbankmodell werden vom System vergeben.

tracking-system.ch Home Einsätze Suchaufträge David Riederer Logout

Benutzer erstellen

Vorname

Nachname

E-Mail

Telefon

Retter-Typ

Passwort

Passwort wiederholen

Abbildung 5.2: Benutzer erstellen

5.1.2 Filter für Tracking-Daten

Der Filter für die Tracking-Daten war vorher eine Eigenentwicklung und nicht sehr benutzerfreundlich. Es konnte in Tagen, Stunden oder Minuten ausgewählt werden, wie weit zurück der Track eines Benutzers angezeigt werden soll. Dabei hatte man keine Möglichkeit einen Zeitraum anzugeben, sondern es wurde immer der Track bis zum aktuellen Zeitpunkt gezeichnet, wobei dies dann sehr viele Trackpunkte sein konnten. Unter Umständen dauerte das Laden der Trackpunkte lange und die Ansicht wurde durch die vielen Linien zwischen den Trackpunkte unübersichtlich.

Neu kann ein Zeitraum für den Track definiert werden. Die Auswahl des Datums und der Uhrzeit erfolgt dabei mit Hilfe des Plugins «Bootstrap Datetimepicker» [16]. Dies ist nicht nur für den Anwender einfacher zu bedienen, sondern auch Ladezeiten für Tracks können unter Umständen markant minimiert werden.

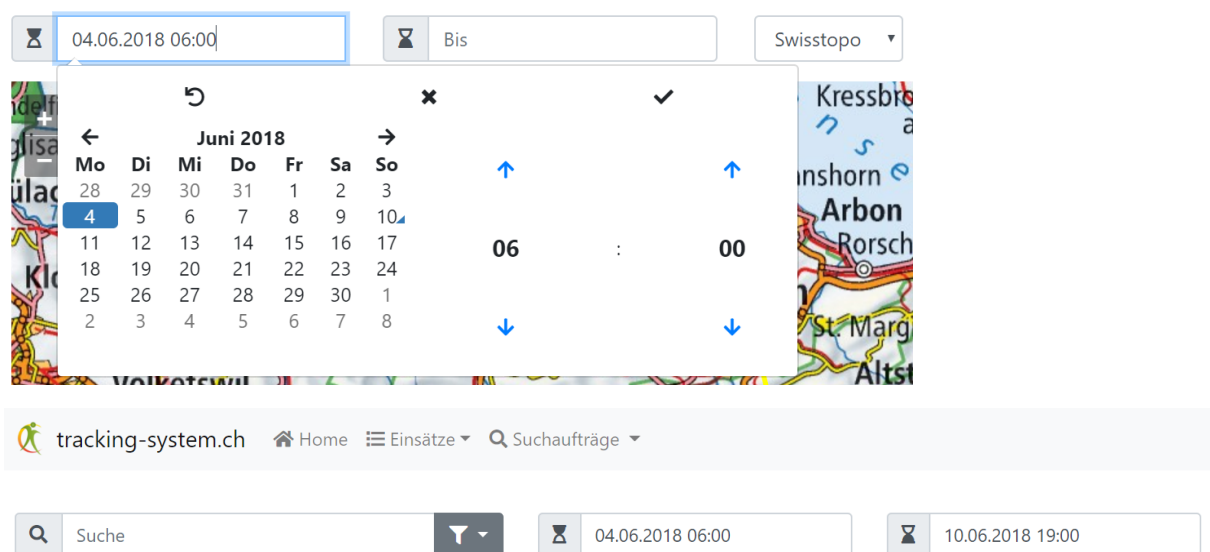


Abbildung 5.3: Filter für Tracking-Daten

5.1.3 Einsatz aktualisieren

Hat sich in einem Einsatz etwas geändert, z.B. die Einsatznummer, so musste der Einsatz bisher gelöscht und neu erstellt werden. Um Mehraufwand bei Änderungen zu vermeiden, können gewisse Eigenschaften bei Einsätzen nun aktualisiert werden. Dazu muss in der Einsatzübersicht auf den zweiten Button mit dem Bleistift-Symbol geklickt werden.



Abbildung 5.4: Einsatzmenü

Anschliessend kann der Einsatz angepasst werden. Eingeschränkt ist einzig noch, dass wenn dem Einsatz keine vermisste Person zugewiesen wurde, kann diese nicht später noch hinzugefügt werden. Für diese Funktion hat die verbleibende Zeit leider nicht ausgereicht.

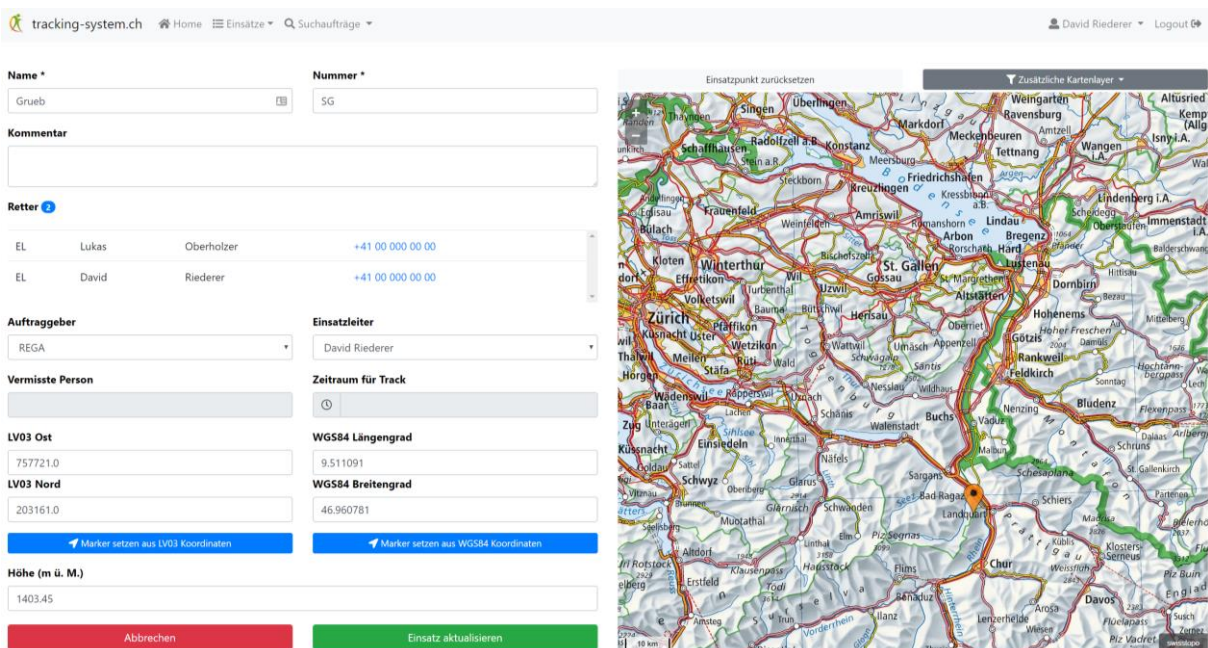


Abbildung 5.5: Einsatz aktualisieren

5.1.4 Hinweis-Markierungen löschen

Die Funktion mit den Hinweis-Markierungen ist im Verlauf der Bachelor-Arbeit neu hinzugekommen. Markierungen werden aus der Retter-App heraus erstellt und im Einsatzplanungstool im Einsatz und den Suchaufträgen angezeigt und können dort wiederum gelöscht werden. Hinweis-Markierungen sind dank der grünen Farbe – Farbe der Hoffnung – schnell sichtbar. Ein Hinweis besteht aus Koordinaten und einer Höhe, wobei diese über die OpenStreetMap Elevation API berechnet wird. Der Kommentar ist die vom Retter in der Retter-App zur Hinweis-Markierung erfasste Mitteilung.

Die Löschfunktion ist dann hilfreich, wenn Retter aus Versehen eine Markierung gesetzt oder zwei Retter unabhängig voneinander den gleichen Hinweis gemeldet haben. Dadurch bleibt Konsistenz gewährleistet und Fehlplanungen durch nicht relevante Markierungen können vermieden werden.

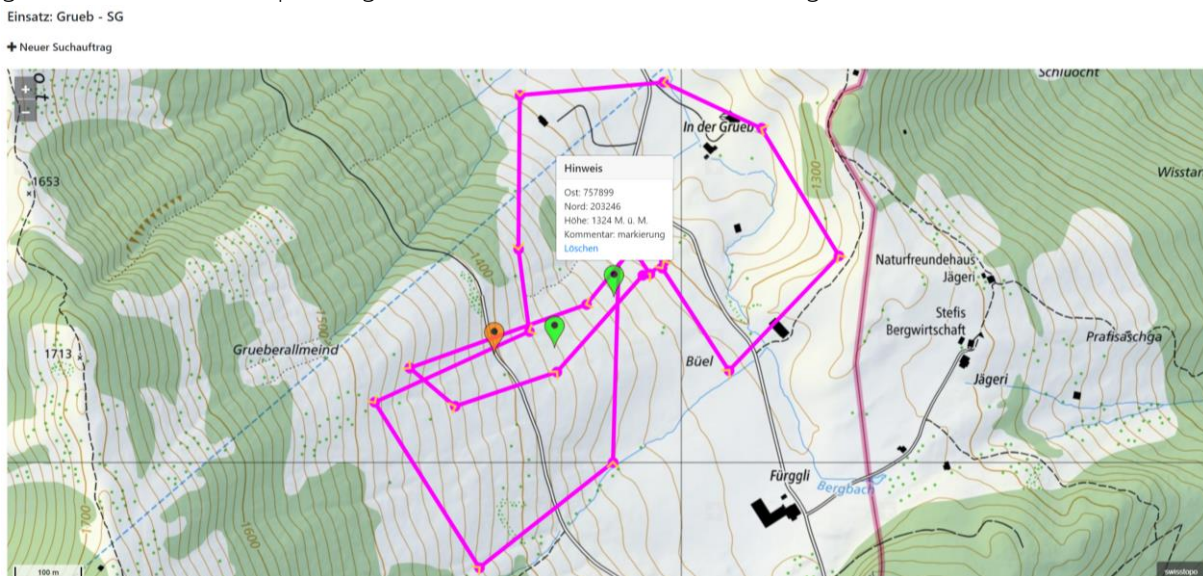


Abbildung 5.6: Hinweis-Markierung löschen

5.1.5 Suchauftrag aktualisieren

Bei den Suchaufträgen war es ähnlich wie bei den Einsätzen. Bei Änderungen mussten diese gelöscht und neu erstellt werden. Nun ist es möglich, Suchaufträge inkl. Weg- oder Reviersuche zu bearbeiten. Dazu muss in die Ansicht mit den Suchauftragsdetails gewechselt werden.

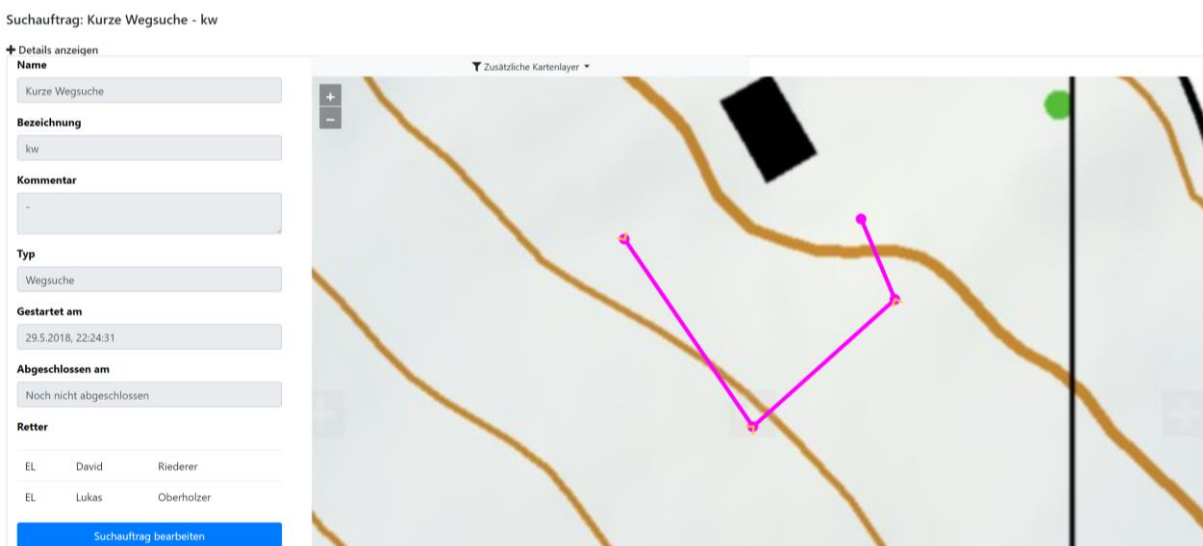


Abbildung 5.7: Suchauftragsdetails

Der Button «Suchauftrag bearbeiten» gibt die Felder zur Bearbeitung frei und anschliessend wechselt der Button-Text zu «Suchauftrag speichern».

Der Typ des Suchauftrages (Weg- oder Reviersuche) kann nicht angepasst werden. Das Einzeichnen der neuen Weg- oder Reviersuche erfolgt direkt auf der Karte.

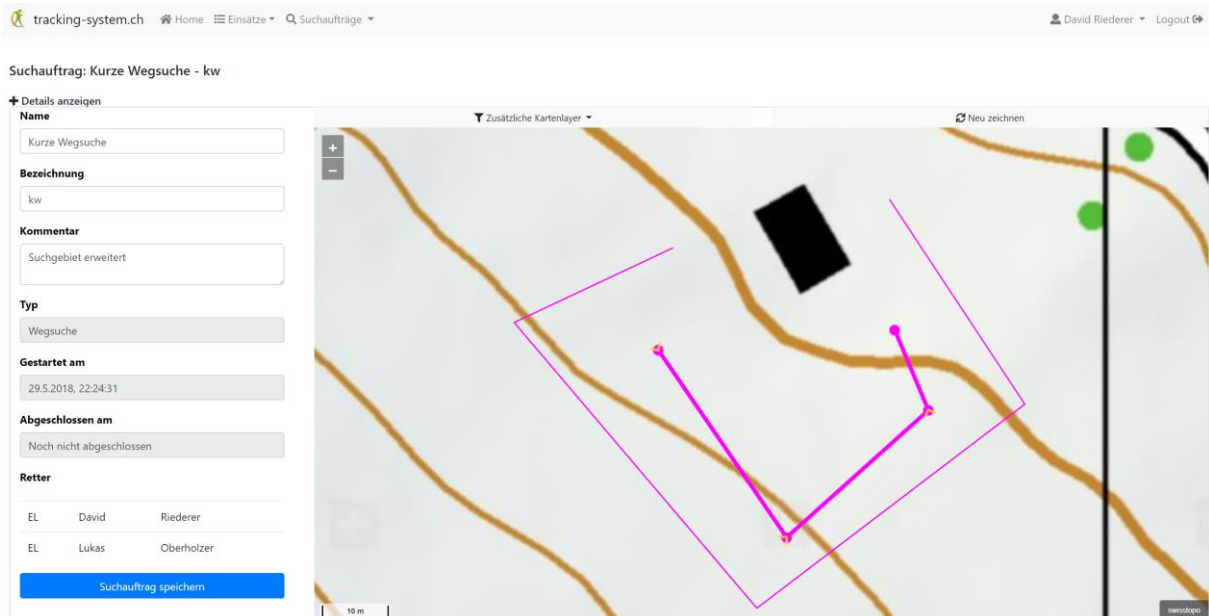


Abbildung 5.8: Suchauftrag bearbeiten

Nach Abschluss der Bearbeitung kann der Suchauftrag gespeichert werden und die Änderungen werden übernommen.

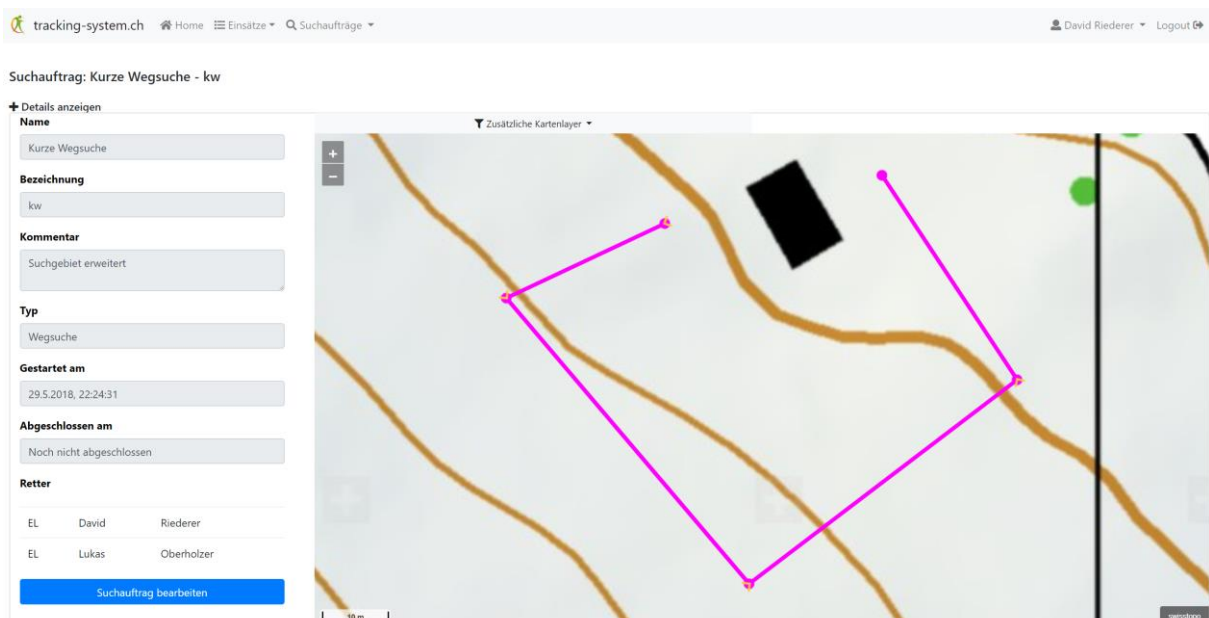


Abbildung 5.9: Bearbeiteter Suchauftrag

5.1.6 Tracking-Daten exportieren

Die Idee zu einer Export-Funktion von Tracking-Daten entstand während einer Sitzung mit den Auftraggebern, als uns eine Visualisierung eines echten Einsatzes in Google Earth [17] präsentiert wurde. Tracking-Daten können als GPX- oder KML-Datei exportiert werden, um anschliessend im gewünschten Programm wie Google Earth oder BaseCamp [18] von Garmin visualisiert zu werden.

Die Ansicht mit den persönlichen Tracking-Daten inkl. Lösch und Exportfunktion wird über das persönliche Benutzerprofil – Tracking-Daten erreicht. Es können die Tracking-Daten der Tracking-App und der Drohne exportiert werden.

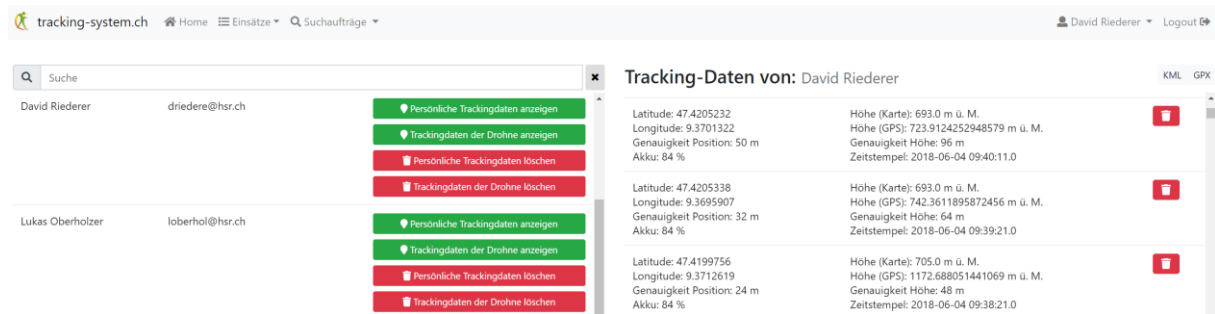


Abbildung 5.10: Benutzer Track-Daten

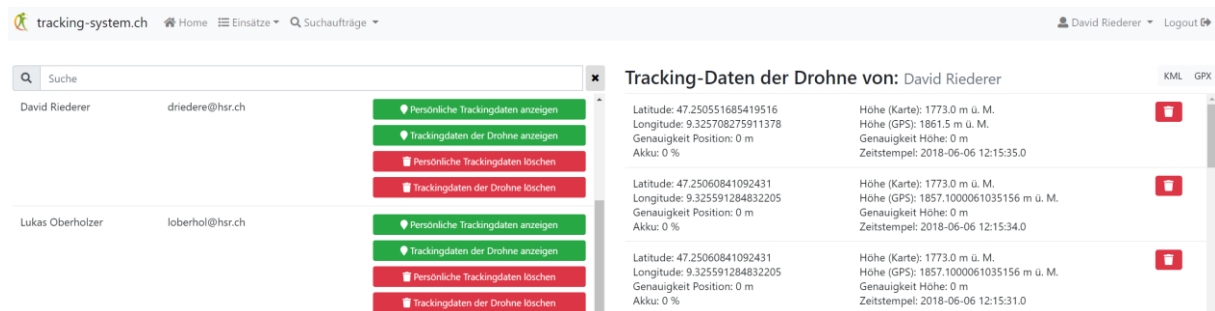


Abbildung 5.11: Drohnen Tracking-Daten

Ausschnitt der heruntergeladenen KML-Datei im XML-Format.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
  <Document>
    <Style id="lineStyle">
      <LineStyle>
        <color>ff00ffff</color>
        <width>2</width>
      </LineStyle>
    </Style>
    <Placemark>
      <name>Track von: David Riederer</name>
      <description>exported from cockpit.tracking-system.ch</description>
      <styleUrl>#lineStyle</styleUrl>
      <LineString>
        <altitudeMode>absolute</altitudeMode>
        <coordinates>
          9.325708275911378,47.250551685419516,1861.5
          9.325591284832205,47.25060841092431,1857.1000061035156
          9.325591284832205,47.25060841092431,1857.1000061035156
          9.325591284832205,47.25060841092431,1857.1000061035156
          9.325591284832205,47.25060841092431,1857.1000061035156
        </coordinates>
      </LineString>
    </Placemark>
  </Document>
</kml>
```

Abbildung 5.12: Exportierte KML-Datei

Die KML-Datei kann anschliessend in Google Earth importiert und visualisiert werden. Die Visualisierung zeigt den Track der Drohnenflüge auf der Schwägalp beim dritten Gebirgstest inkl. des Wanderweges von der Schwägalp auf den Säntis.

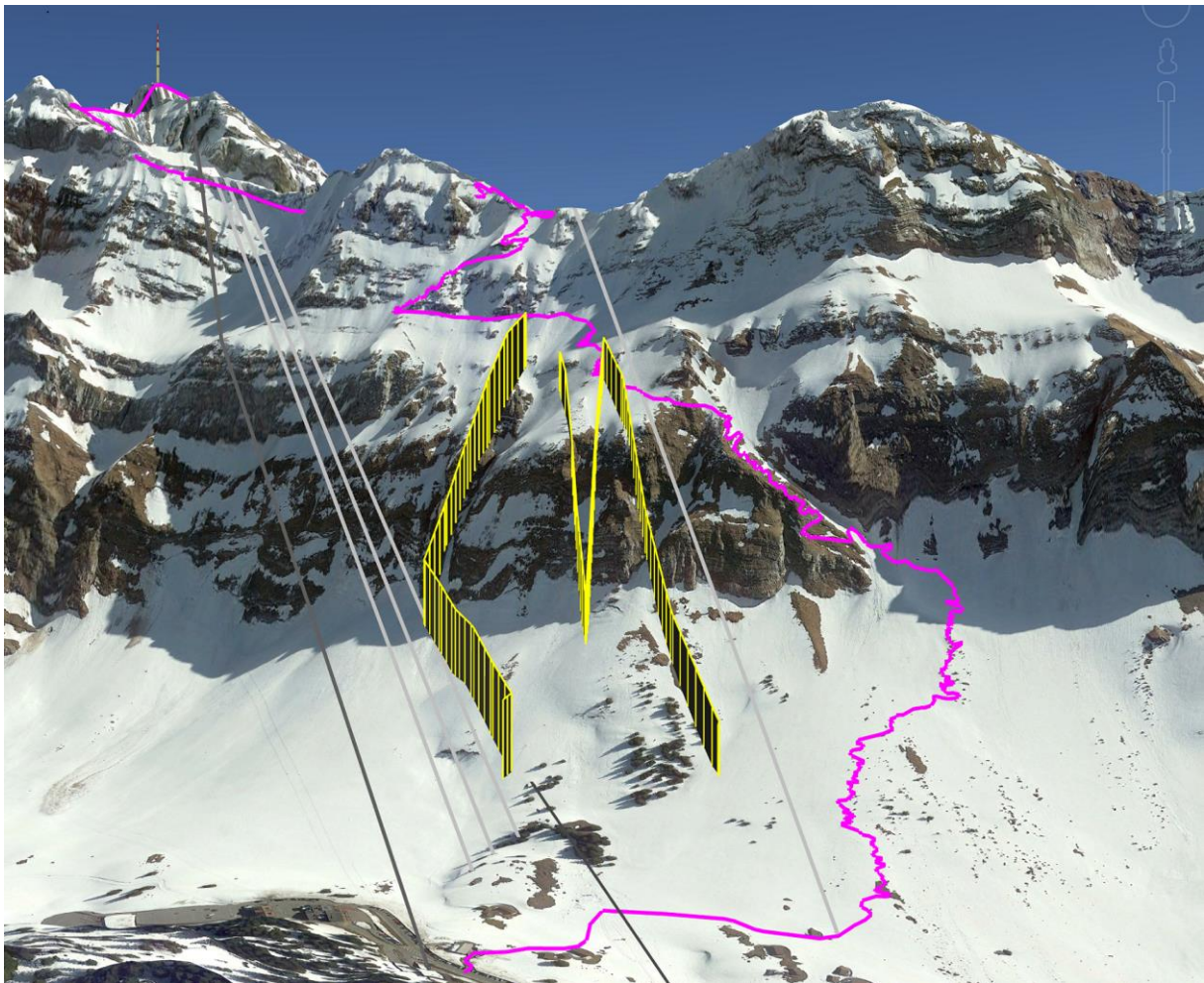


Abbildung 5.13: Importierte KML-Dateien in Google Earth mit Wanderweg von Schwägalp auf Säntis

5.1.7 Code Metriken

Die Code-Metriken wurden mit dem IntelliJ Plugin «MetricsReloaded» [19] analysiert und folgendermassen ausgewertet.

		Vorhanden	Aktuell	Differenz
Non-comment Lines of Code	Java	3'706	4'407	701
	JavaScript	2'481	2'986	505
	Java Server Page	2'059	2'664	605
	SQL	1'174	1'179	5
	Diverses	392	417	25
	Total	9'812	11'653	1'841
Number of Classes	Total	56	61	5

Tabelle 5.1: Code Metriken TRS Cockpit

5.2 Retter-App

5.2.1 Login

Um die Retter-App zu nutzen, werden gültige Zugangsdaten vorausgesetzt. Nur der Einsatzleiter oder Benutzer mit gleichen Berechtigungen können im Einsatzplanungstool weitere Benutzer erstellen und ihnen die Zugangsdaten generieren. Beim ersten Start der App werden Laufzeit-Berechtigungen für Standortzugriff, Internetverbindung und Speicherzugriff angefordert.

5.2.2 Karte

Nach erfolgreichem Login sieht der Benutzer seine aktuelle Position – falls GPS aktiviert ist – auf der Karte und seinen Track der letzten 60 Minuten. Beim der ersten Lokalisation wird automatisch auf die Position des Gerätes gezoomt. Voraussetzung für das Anzeigen des Tracks ist die installierte Tracker-App, welche Standortdaten an das Einsatzplanungstool übermittelt. Der Zeitraum für die Synchronisation des Tracks kann in den App-Einstellungen den eigenen Wünschen angepasst werden. Der Track wird nicht automatisch aktualisiert, sondern muss durch den Benutzer mit Auswahl des entsprechenden UI-Elementes initiiert werden. Als Kartenmaterial kommt Mapbox in der Variante «Outdoors» [20] zum Einsatz. Vorteil dieser Karte sind die eingezeichneten Wanderwege und die Höhenlinien, auch bekannt als Isohypsen.

5.2.3 Suchaufträge

In der Suchauftragsliste werden die vom Einsatzleiter erstellten Suchaufträge für den jeweiligen Retter angezeigt. Retter haben nur Zugriff auf diejenigen Suchaufträge, bei welchen sie der Einsatzleiter explizit hinzugefügt hat. Die Liste beinhaltet eine Übersicht von offenen und gestarteten Suchaufträgen. Mit dem Button «Alle Suchaufträge anzeigen» erscheinen auch bereits abgeschlossene Suchaufträge in der Liste. Die Informationen wurden auf das Wesentliche, sprich Suchauftragsname, Status und Einsatzname beschränkt. Dadurch wirkt die Ansicht auch bei vielen Elementen nicht überladen. Durch Auswahl eines Suchauftrages aus der Liste werden weitere Details angezeigt. Mit Bestätigung von «Suchauftrag anzeigen» wird dieser auf der Karte dargestellt.

5.2.4 Suchauftrag – Suche mit Retter

Es wird automatisch auf den relevanten Bereich mit der Weg- oder Reviersuche gezoomt. Diese sind mit der Farbe Magenta eingefärbt, um sie gut von anderen Elemente auf der Karte unterscheiden zu können. Zusätzlich wird, falls vorhanden, der Track der vermissten Person und / oder eine Einsatzmarkierung angezeigt. Der Einsatzpunkt ist diejenige Position, an welcher die Person vermutet wird oder von welcher sie einen Notruf abgesetzt haben könnte. Der Track der vermissten Person wird in einem kräftigen Rot gezeichnet. Die Einsatzmarkierung ist Orange und mit einem Klick auf diese wird die Höhe in Meter über Meer in einem Popover dargestellt. Der blaue Track des Retters wird anhand vom Startdatum des Suchauftrages und Trackingdaten, die neuer als das Startdatum sind, von der API abgefragt und in der Karte eingezeichnet. Die einzelnen Trackpunkte werden dabei zu einer einzigen Linie verbunden. Der Track muss bei Bedarf selber vom Retter über den dafür vorgesehenen Button aktualisiert werden. Unabhängig vom Status des Suchauftrages kann der Benutzer jederzeit auf seine aktuelle Position zoomen. Die Option zum Setzen einer Hinweis-Markierung ist hingegen nur verfügbar, wenn der Status des Suchauftrages «gestartet» ist. Beim Setzen einer Hinweis-Markierung wird die Markierung zuerst auf die aktuelle Position des Gerätes gesetzt. Mit Klicken auf der Karte kann diese jedoch verschoben werden und an die gewünschte Position gesetzt werden. Mit Bestätigung der Position, wird der Retter aufgefordert, einen Kommentar zur gesetzten Markierung zu verfassen. Dieser kann kurz und prägnant wie beispielsweise «Rucksack»

sein. Die Berechtigung zum Löschen von Hinweisen hat nur der Einsatzleiter. Es sieht diese im Einsatzplanungstool mitsamt ihrem Kommentar und der Option des Löschens.

5.2.5 Suchauftrag – Suche mit Drohne

Beim Laden der View werden im Hintergrund durch einen Algorithmus die einzelnen Wegpunkte berechnet und deren Höhendaten von der Swisstopo- oder OpenStreetMap Elevation API geladen. Sobald dieser Prozess abgeschlossen ist, hat der Drohnenpilot die Möglichkeit, eine autonome oder manuelle Drohnensuche zu starten. Unten links zeigt eine Karte die zu überfliegende Wegsuche mit den einzelnen Wegpunkten und der Home Location der Drohne. Sobald der Drohnenpilot eine manuelle oder autonome Drohnensuche startet, wird in einem in den Einstellungen konfigurierbaren Zeitintervall die aktuelle Position der Drohne an das Einsatzplanungstool übermittelt. Zusätzlich wird die Position der Drohne, unabhängig vom Zeitintervall, auf der Karte aktualisiert. Eine manuelle Suche mit der Drohne wird nach Abschluss gestoppt und der Task für den Upload der Standortdaten automatisch beendet.

Eine autonome Suche mit der Drohne kann pausiert, fortgesetzt, manuell kontrolliert und abgebrochen werden. Vor dem Start einer autonomen Suche muss der Pilot die Parameter Starthöhe, Geschwindigkeit, Aktion nach Abschluss der Suche und Startpunkt festlegen. Nachher werden die einzelnen Wegpunkte auf die Drohne übertragen. Sobald dieser Upload-Prozess abgeschlossen ist hebt die Drohne ab und startet die autonome Suche. Beim Pausieren bleibt die Drohne an der aktuellen Position in der Luft stehen und wartet auf die nächste Anweisung. Eine pausierte Suche wird meist fortgesetzt und dann steuert die Drohne automatisch die nächsten Wegpunkte an. Bei pausierter Suche kann ausserdem der Drohnenpilot die Kontrolle übernehmen. Dies ist hilfreich, falls er etwas entdeckt hat und sich dies genauer anschauen möchte. Beim Fortsetzen der autonomen Suche wird der Drohnenpilot gefragt, ob diese mit der aktuellen Höhe erfolgen soll. Anschliessend fliegt die Drohne an die letzte Position vor Übernahme der Kontrolle durch den Piloten und fährt von dort mit dem autonomen Flug fort.

5.2.6 Einstellungen

Die Einstellungen sind unterteilt in allgemeine Einstellungen und Einstellungen betreffend der Drohne.

Der Zeitraum für den eigenen Track in Minuten definiert, wie lange zurück der Track vom Einsatzplanungstool geladen und auf der Karte angezeigt werden soll. Der geladene Track wird dabei nicht mit der aktuellen Position verbunden.

Der Drohnenmodus muss in den Einstellungen aktiviert sein, damit beim Suchauftrag «Suche mit Drohne» erscheint. Nach der Installation der App ist dieser Modus deaktiviert. Standardmässig wird die aktuelle Position der Drohne während eines Fluges alle 5 Sekunden ans Einsatzplanungstool übermittelt. Die minimale und maximale Distanz zwischen den Wegpunkten hat Einfluss auf den Algorithmus, welcher die Punkte des Suchauftrages in weitere Wegpunkte unterteilt. Ist die Distanz zwischen zwei Wegpunkten 1000 Meter und die minimale Distanz 100 Meter, so berechnet der Algorithmus neun weitere Wegpunkte zwischen den zwei vorgegebenen Wegpunkten. Der Flugradius von Drohnen ist je nach Produkt und Signalleistung mehr oder weniger stark eingeschränkt. Da sich autonome Suchaufträge über mehrere Kilometer erstrecken können, kann das Limit für den Flugradius deaktiviert werden. Das Advanced Pilot Assistance System (APAS) hilft dabei, Hindernisse zu erkennen und Kollisionen zu vermeiden. Laut Dokumentation [21] steht dieses Feature

nur für die DJI Mavic Air zur Verfügung. Trotzdem haben wir APAS mit einer DJI Mavic Pro – ausgestattet mit der aktuellsten Firmware – erfolgreich getestet. Scheint so, als wäre die Dokumentation nicht aktuell und dass DJI dieses Feature mit Firmwareupdates auch für weitere Drohnen kontinuierlich nachliefert. Die Höhe von Koordinaten kann entweder über die Swisstopo- oder OpenStreetMap Elevation API berechnet werden. Vorteil der Swisstopo API ist die höhere Genauigkeit im Gegensatz zu OpenStreetMap.

5.2.7 Zugriff auf Höhendaten.

Swisstopo API

Wir senden unsere Koordinaten an https://api3.geo.admin.ch/rest/services/height?easting={lv95-ost}&elevation_model=COMB&northing={lv95-nord}&sr=2056 um die dazugehörige Höhe zu erhalten. Damit der Request funktioniert, muss im Request die Origin «<https://map.geo.admin.ch>» gesetzt sein. Eigentlich ist dies kein offiziell dokumentierter Weg, um an die Höhendaten zu kommen.

Height

This service allows to obtain elevation information for a point. **Note: this service is not freely accessible (fee required).** Please Contact us See Height models for more details about data used by this service.

URL

<https://api3.geo.admin.ch/rest/services/height>

[22]

Abbildung 5.14: API REST Service Beschreibung geo.admin.ch

Als Response erhalten wir genau die Höhe, wie wenn man auf <https://map.geo.admi.ch> einen Rechtsklick auf der Karte machen würde.

Position
✕

CH1903+ / LV95	2'757'552.9, 1'205'378.1
CH1903 / LV03	757'552.23, 205'378.25
WGS 84 (lat/lon)	46.98076, 9.50965
	46°58'50.732"N 9°30'34.744"E
UTM	538'760, 5'203'152 (zone 32T)
MGRS	32TNT 38760 03152
what3words	voraus.mangels.fässern
Höhe	1193.5 m
	Link mit Fadenkreuz

Abbildung 5.15: Positionsinfo map.geo.admin.ch

Mit dem OWASP Zed Attack Proxy [23] sehen Request und Response folgendermassen aus:

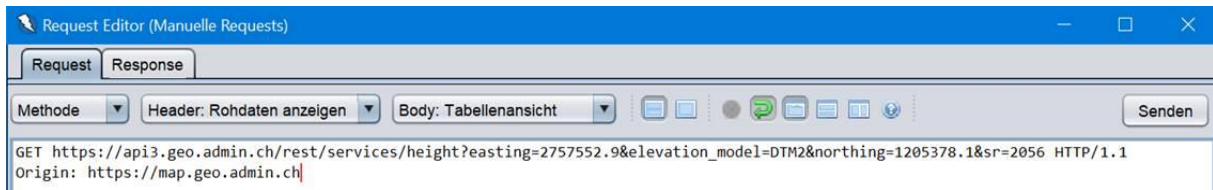


Abbildung 5.16: Swisstopo Elevation Request

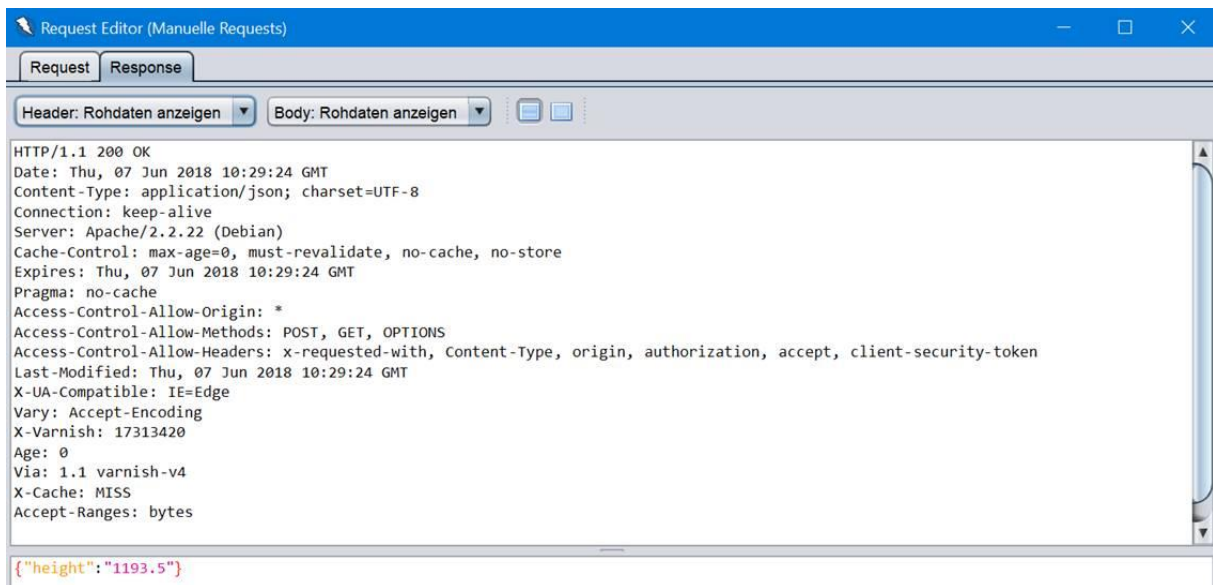


Abbildung 5.17: Swisstopo Elevation Response

OpenStreetMap Elevation API

Wie ursprünglich – in einer Sitzung mit den Auftraggebern – definiert, haben wir zu Beginn des Projektes die OpenStreetMap Elevation API [14] verwendet. Diese kann in den Einstellungen der App aktiviert werden und dient somit als Alternative zur Swisstopo API, falls Anfragen zur Swisstopo API eines Tages nicht mehr funktionieren sollten.

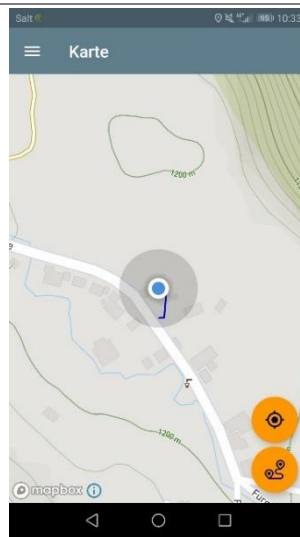
5.2.8 Berechnung von Wegpunkten

Normalerweise wird die Wegsuche, welche die App vom TRS Cockpit lädt, in 99 Wegpunkte unterteilt. Dies ist die maximale Anzahl an Wegpunkten, welche die Drohne speichern kann [24]. Ist die Wegsuche aber sehr kurz, so werden die Abstände zwischen den Punkten wiederum auch sehr klein oder andersrum bei einer sehr grossen Wegsuche wiederum sehr gross. Mit den Einstellungen «minimale und maximale Distanz» kann dieser Abstand begrenzt werden, damit die Drohne nicht zu viele Stopps einlegt. Durch geschickte Wahl der Abstände wird ausserdem die Gefahr gebannt, dass die Drohne einen Hügel zwischen zwei berechneten Wegpunkten übersieht.

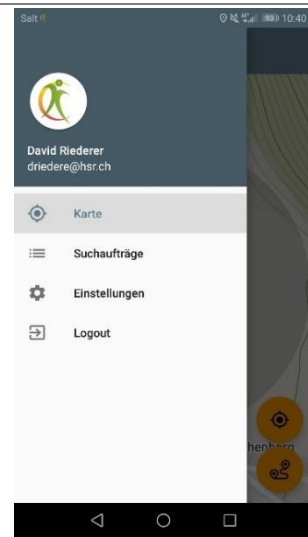
5.2.9 Screenshots Android



Login mit E-Mail und Passwort



Karte mit eigenem Standort und Track



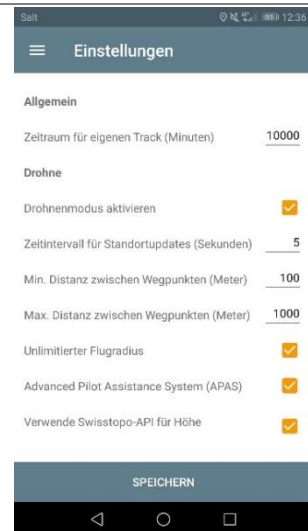
Navigation Drawer



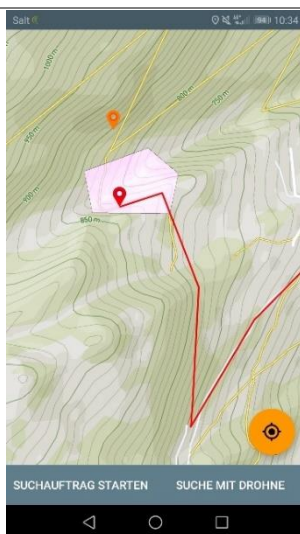
Suchauftragsliste



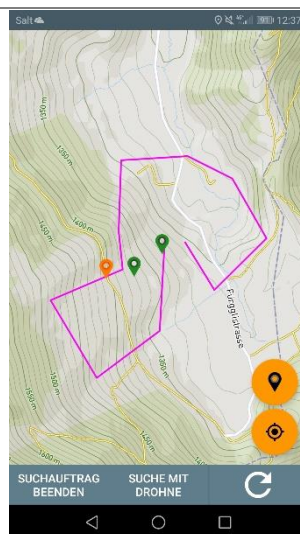
Suchauftragdetails



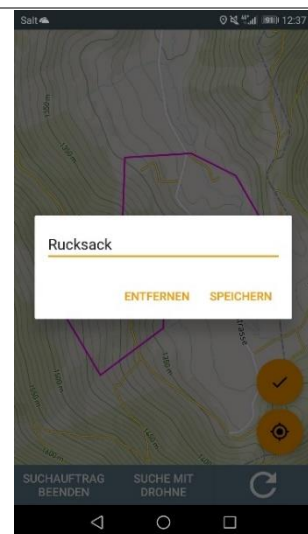
Einstellungen



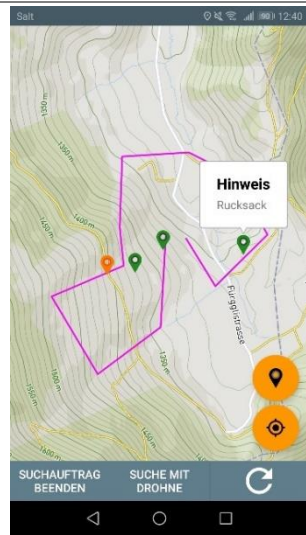
Reversuche



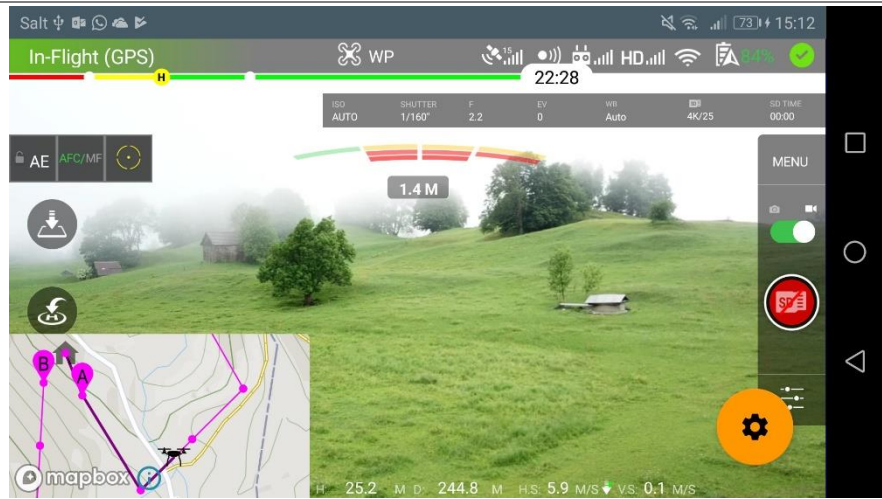
Wegsuche



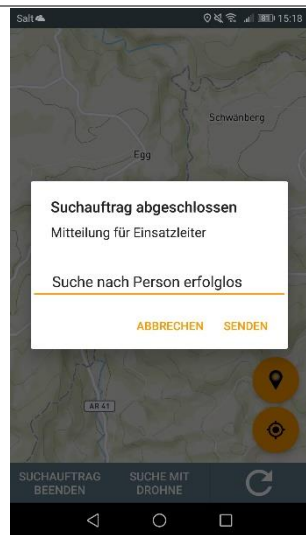
Hinweis-Markierung erstellen



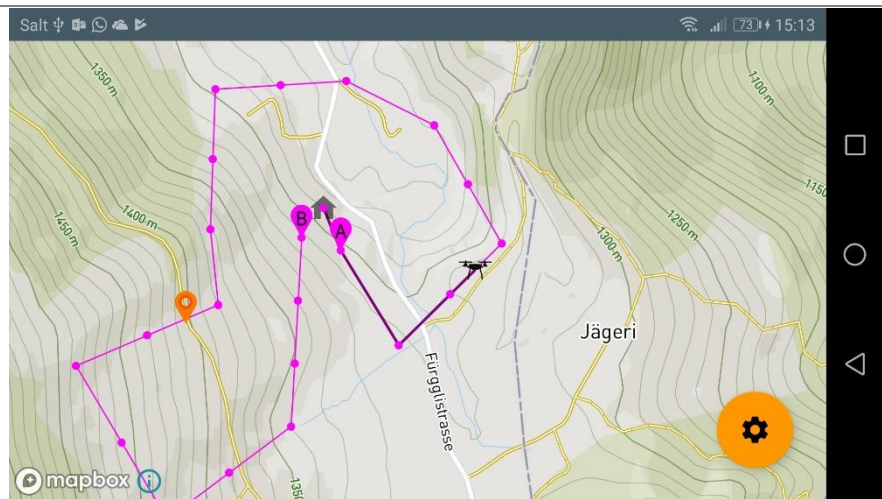
Hinweis-Markierung Snippet



Drohenmodus



Suchauftrag abschliessen



Drohenmodus Karte

Tabelle 5.2: Screenshots TRS Rescuer Android

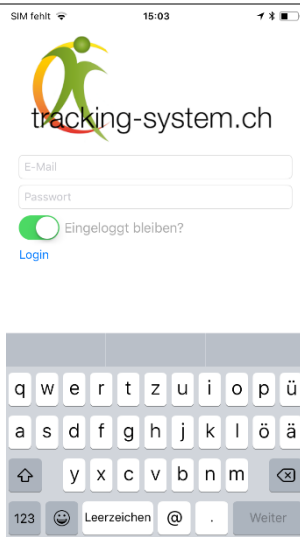
5.2.10 Code Metriken Android

Die Metriken wurden mit dem AndroidStudio Plugin «MetricsReloaded» [19] berechnet.

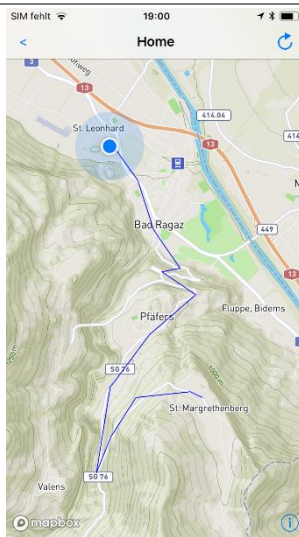
		Aktuell
Non-comment Lines of Code	Java	4'679
	XML	1'874
	Total	6'553
Number of Classes	Total	31

Tabelle 5.3: Code Metriken TRS Rescuer Android

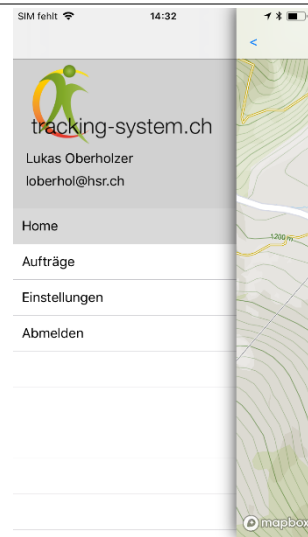
5.2.11 Screenshots iOS



Login mit E-Mail und Passwort



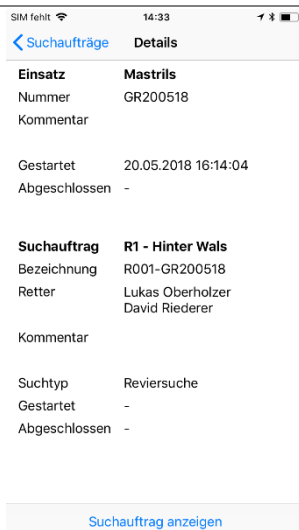
Karte mit eigenem Standort



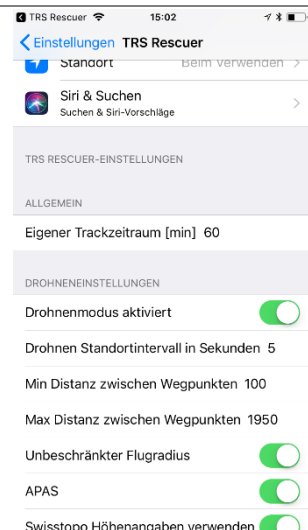
Navigation Drawer



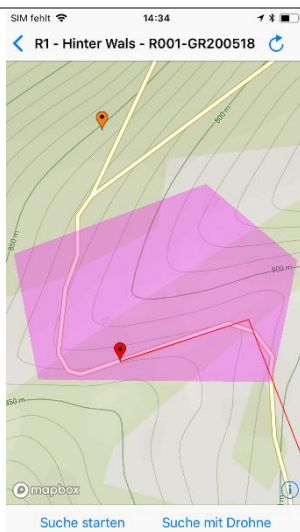
Suchauftragsliste



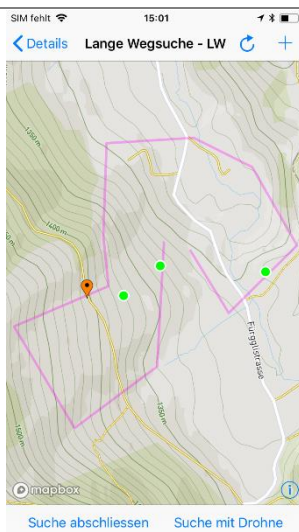
Suchauftragdetails



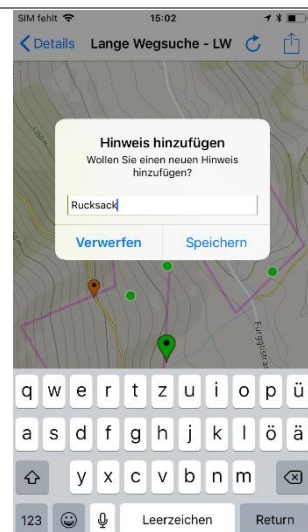
Einstellungen



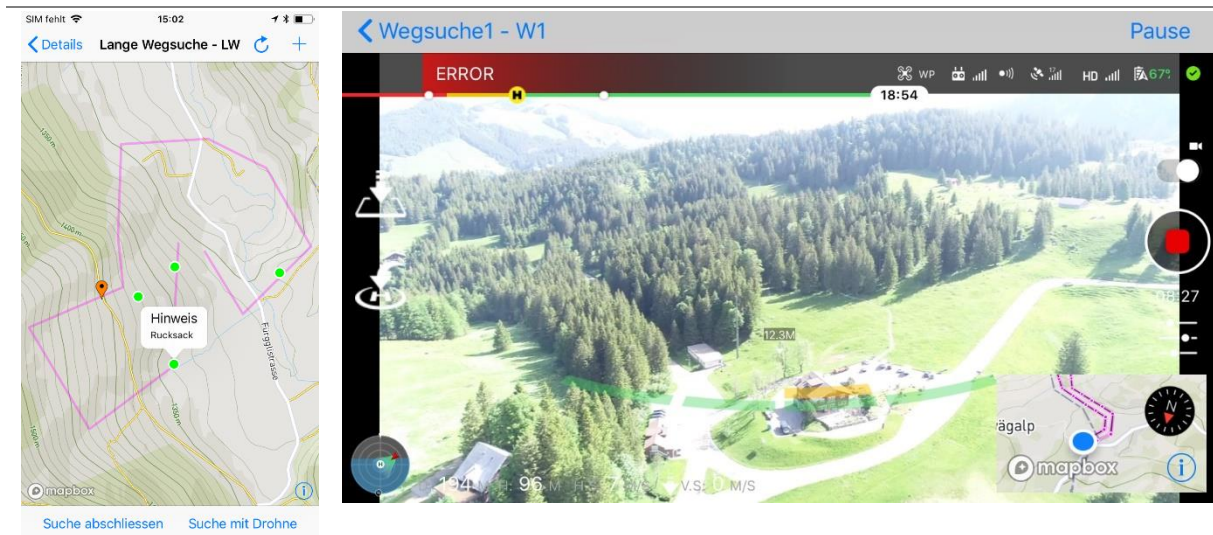
Reversuche



Wegsuche

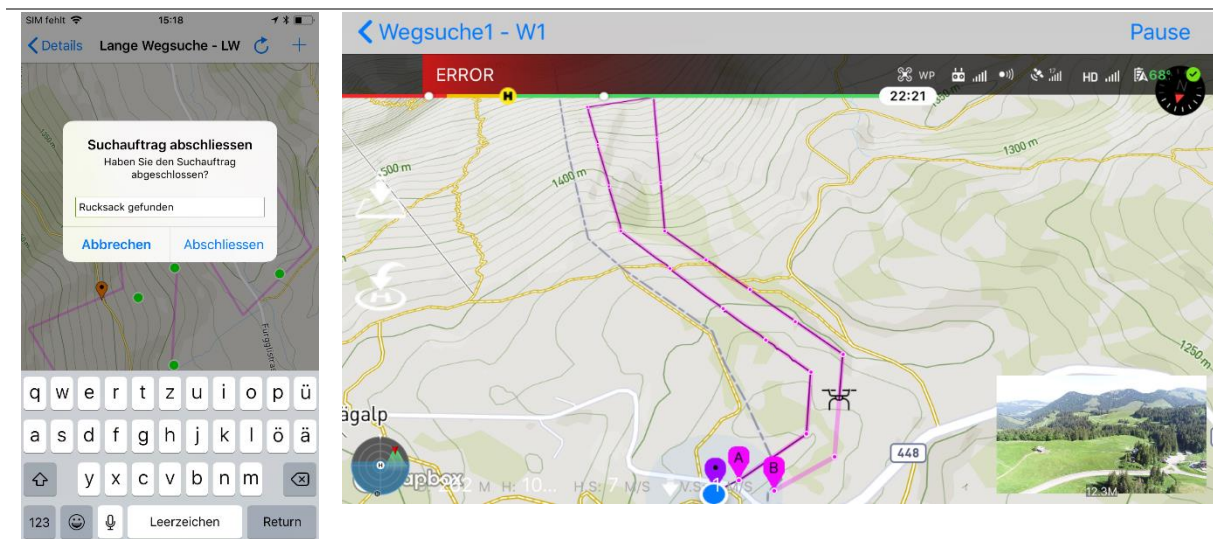


Hinweis-Markierung erstellen



Hinweis-Markierung Snippet

Drohnenmodus



Suchauftrag abschliessen

Drohnenmodus Karte

Tabelle 5.4: Screenshots TRS Rescuer iOS

5.2.12 Code Metriken iOS

Die Anzahl Zeilen reiner Code geschrieben in Swift konnten mit dem Homebrew Plugin «cloc» [25] ausgelesen werden. Die restlichen Daten mussten von Hand zusammengerechnet werden.

		Aktuell
Non-comment Lines of Code	Swift	3'233
	XML	1'179
	Total	4'412
Number of Classes	Total	29

Tabelle 5.5: Code Metriken TRS Rescuer iOS

6 SCHLUSSFOLGERUNG

6.1 Bewertung der Ergebnisse

6.1.1 Einsatzplanungstool

Die Weiterentwicklung der - im Rahmen der Studienarbeit entwickelten - Webapplikation auf Basis von Java Spring Boot hat nach kurzer Eingewöhnungsarbeit erneut super funktioniert. Falls Anpassungen auf dem Programm standen, wussten wir sofort, wo was geändert werden musste um ans Ziel zu kommen. Durch diverse Pilotversuche haben wir regelmässig wertvolles Feedback erhalten und konnten dieses nach Absprache mit den Auftraggebern in die Planung von neuen Releases miteinbeziehen.

Trotz dem Einsatz von Bootstrap ist die User Experience auf mobilen Geräten noch nicht optimal. Das Zoomen auf der Karte ist teilweise mühsam und das Auffinden von gewissen Funktionalitäten erweist sich oftmals als schwierig. Aufgrund des straffen Zeitplanes konnten wir diese Anforderung leider noch nicht wie gewünscht umsetzen.

6.1.2 Retter-App

Ganz zu Anfang haben wir viel Zeit in die Einarbeitung mit der DJI Mobile SDK investiert, um diese kennenzulernen und zu prüfen was für Möglichkeiten sie bietet. Auf der Entwicklerseite gibt es viele Tutorials und die API ist sehr gut beschrieben. Einziger Negativpunkt ist, dass gewisse Funktionen nur für iOS oder nur Android verfügbar sind. So gibt es unter iOS ein Widget, welches mit einem Klick auf die kleine View, die kleine vergrössert und die grosse View verkleinert. Dies ist zum Beispiel bei der Karte und dem Videobild der Fall. Unter Android mussten wir diese Funktion selber implementieren. Gegen Ende der Bachelor-Arbeit gab es eine Aktualisierung der DJI SDK für Android und das Widget für den Wechsel zwischen den Views ist nun auch verfügbar. Leider reichte die Zeit nicht mehr aus, um unsere Eigenentwicklung mit dem Karten-Widget zu ersetzen.

Das Debugging der Apps gestaltete sich als grösste Herausforderung. Die Fernbedienung der Drohne wird mit dem Smartphone verbunden und das Debugging in der IDE muss dadurch über WiFi, statt per Kabel, erfolgen. Leider lassen aber viele WLANs das Debugging per Wifi gar nicht zu. Somit musste für ein effizientes Arbeiten auch der Arbeitsplatz entsprechend gewählt werden. Als Workaround konnte bei Android das Entwicklergerät als Hotspot konfiguriert werden, um das Debugging via WiFi zu ermöglichen. Bei iOS schaffte auch dieser Weg keine Abhilfe. Ebenfalls ist es bei Android so, dass bei jedem Aus- und Einstecken der Fernbedienung die Verbindung über WiFi-ADB unterbrochen wird. Dadurch ist es nicht möglich ein Log zu erhalten, wenn man sich im Drohnenmodus befindet und die Fernbedienung ein- und aussteckt. Als Workaround haben wir unser Android-Smartphone gerootet und einen Logger [26] aus dem Play Store installiert, um überhaupt ein Log zu erhalten.

Die in der Aufgabenstellung definierten Minimalziele haben wir erreicht. Da während des Projektes laufend neue Anforderungen dazugekommen sind, hat die Zeit für die Implementation der möglichen Erweiterungen aus der Aufgabenstellung nicht mehr gereicht und der Fokus wurde auf Verbesserungen am Einsatzplanungstool und Zusatzfunktionen für den Retter gelegt. Mit dem jetzigen Stand des Produktes haben wir auf jeden Fall eine solide Basis, auf welcher die Erweiterungen zu einem späteren Zeitpunkt aufgebaut werden können.

6.2 Projektverlauf

6.2.1 Zeitplanung

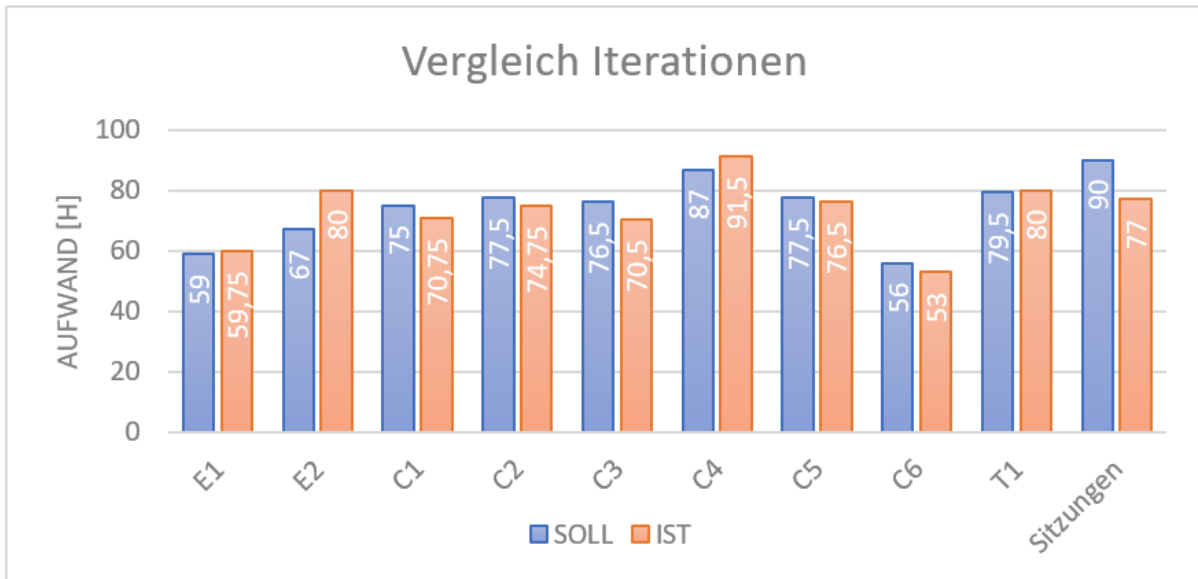


Abbildung 6.1: Vergleich Iterationen

Das Projekt liegt mit einem Totalaufwand von 732.25 Stunden im erwarteten Rahmen einer Bachelorarbeit. Es konnten mehr oder weniger jeweils gleich grosse Sprints durchgeführt werden, wobei durch Feiertage wie Auffahrt, Pfingsten, Ostern und andere Abwesenheiten logischerweise nicht immer exakt derselbe Wert getroffen werden konnte. Dies wurde jedoch bei der Planung der jeweiligen Iteration berücksichtigt. Nebst einer etwas grösseren Abweichung in der zweiten Projektiteration wurde der erwartete Aufwand pro Iteration jeweils ziemlich genau erreicht.

Dass der Aufwand bei der Iteration C6 geringer ist, hat damit zu tun, dass dies aus Zeitgründen nur eine einwöchige Iteration war. Da die Kommunikation und Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber sehr gut funktionierte, mussten nebst den Sitzungen in St. Gallen nicht viele Meetings mit dem Betreuer einberufen werden. Die eingesparte Zeit konnte somit für die Entwicklung weiterer Funktionen eingesetzt werden. Dies erklärt, wieso die Iteration C6 trotz nur einwöchiger Dauer doch recht viel Arbeitszeit beinhaltet.

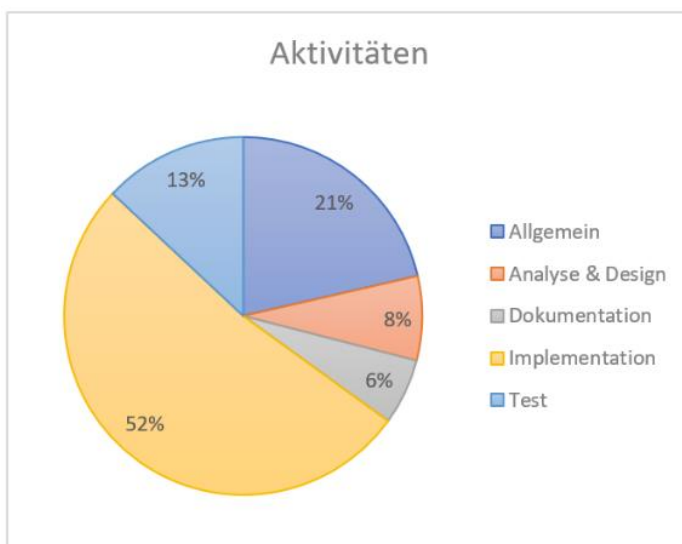


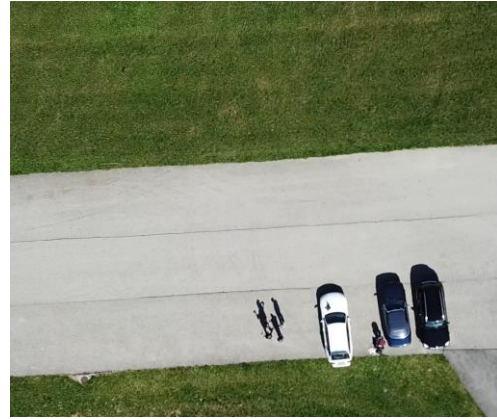
Abbildung 6.2: Aufteilung Aktivitäten

Im nebenstehenden Diagramm ist ersichtlich, aus welchen grob kategorisierten Aufgabenbereichen sich das Projekt zusammensetzte. Der Aufwand von nur 13% für Tests erklärt sich damit, dass sehr viele Feld- und Pilotversuche vom Auftraggeber selbst durchgeführt wurden und diese Zeit somit nicht in nebenstehende Grafik eingeflossen ist. Die Tests wurden im Stil unserer Systemtests durchgeführt und dann zusammen in einem Meeting besprochen und allfällige Anpassungen diskutiert.

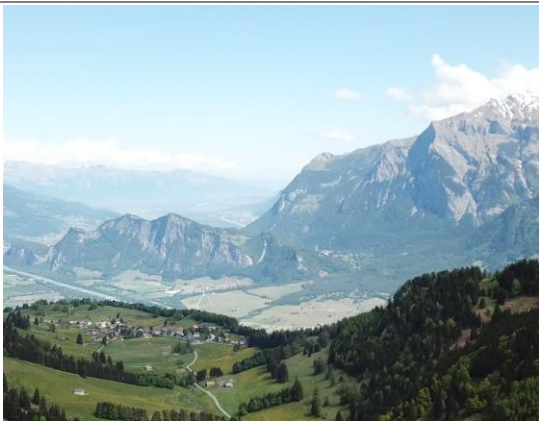
6.2.2 Fotos



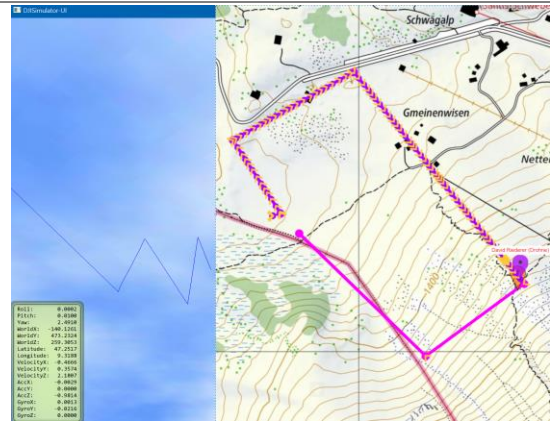
Erste Drohnenversuche in Vättis



Wiesentest auf flachem Gelände in Urnäsch



Test der Sensoren und Limite einer DJI Mavic Pro auf dem St. Margrethenberg



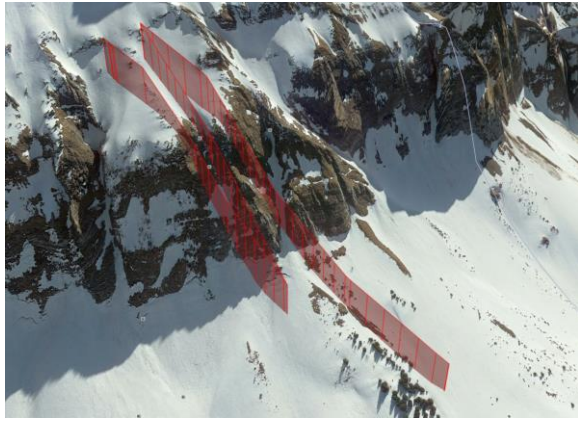
Vorbereitung auf den 1. Gebirgstest im Simulator «DJI Assistant 2»



Letzte Anpassungen während dem spontanen 2. Gebirgstest auf der Schwägalp



End of Construction Gebirgstest auf der Schwägalp mit einer DJI Matrice 200 von Thomas Zimmermann



3D Visualisierung in Google Earth eines im Simulator absolvierten Drohnenfluges als Hilfe für die weitere Planung



Präziser Einsatz einer autonomen Drohne über einem Couloir dank vorgängiger Planung und Visualisierung in 3D



Autonomer Drohnenflug zwischen den Seilen der Säntisbahn und Stromleitungen



Blick über steiles und steinschlaggefährdetes Gebiet unterhalb des Wanderweges von der Schwägalp auf den Säntis



Landeanflug der DJI Matrice 200 von Thomas Zimmermann nach Absolvierung einer autonomen Suche



Alle eingesetzten Drohnen sind unbeschadet geblieben und Flüge fanden nur ausserhalb der Flugverbotszonen [27] statt*

**Bei den Flügen auf der Schwägalp wurde beim Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL eine Bewilligung eingeholt.*

Tabelle 6.1: Fotos Projektverlauf

6.3 Ausblick

6.3.1 Tracking-Daten der Drohne

Beim jetzigen Stand der App werden Standortdaten nur bei aktiver Internetverbindung an das Einsatzplanungstool übermittelt. Beim dritten Gebirgstest hatten wir das Problem, dass während des Drohnenfluges Interferenzen aufgetreten sind und wir dann die Verbindung zur Drohne verloren haben. Die Drohne hat den Suchauftrag fortgesetzt und eine Verbindung konnte anschliessend wiederhergestellt werden. Trotzdem waren die Tracking-Daten des Drohnenfluges nicht komplett und eine Visualisierung des Fluges in Google Earth konnte nicht wie gewünscht erstellt werden. Eine Alternative wäre, die Tracking-Daten lokal auf der SD-Karte der Drohne zu speichern und diese anschliessend ins Einsatzplanungstool zu importieren. Dadurch wäre man nur noch beim Laden der Höhendaten auf eine Internetverbindung angewiesen und bei einem allfälligen Verbindungsverlust mit der Drohne würden keine Tracking-Daten fehlen.

6.3.2 Höhenprofil erstellen und aufteilen

Gegen Ende des Projektes haben wir herausgefunden, dass wir auf map.geo.admin.ch die Daten eines Höhenprofils für eine Route abrufen können. Dies ist offiziell aber, wie oben schon beschrieben, nur gegen Bezahlung möglich.

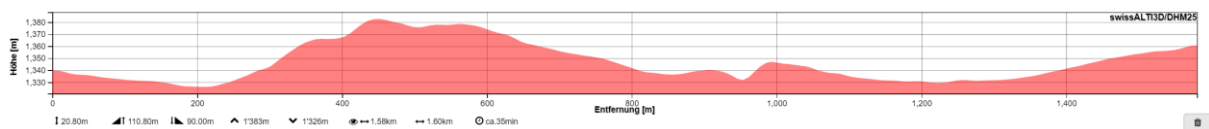


Abbildung 6.3: Höhenprofil Swisstopo

In einer Sitzung mit den Auftraggebern ist die Idee entstanden, dieses Höhenprofil in 98 Sektoren einzuteilen und von jedem Sektor den höchsten Punkt zu nehmen. Dadurch würden wir 98 Koordinaten mit ihrer Höhe erhalten – plus die Home Location der Drohne – und hätten dann 99 Koordinaten. Diese Koordinaten könnte man auf die Drohne übertragen und dort als WaypointMission definieren, welche die Drohne autonom abfliegt. Die maximale Anzahl an Wegpunkten für eine WaypointMission ist auf 99 limitiert. Durch die Aufteilung des Höhenprofils würde man verhindern, dass die Drohne in eine Schlucht fliegt, falls eine von uns berechnete Koordinate in einer Schlucht liegt.

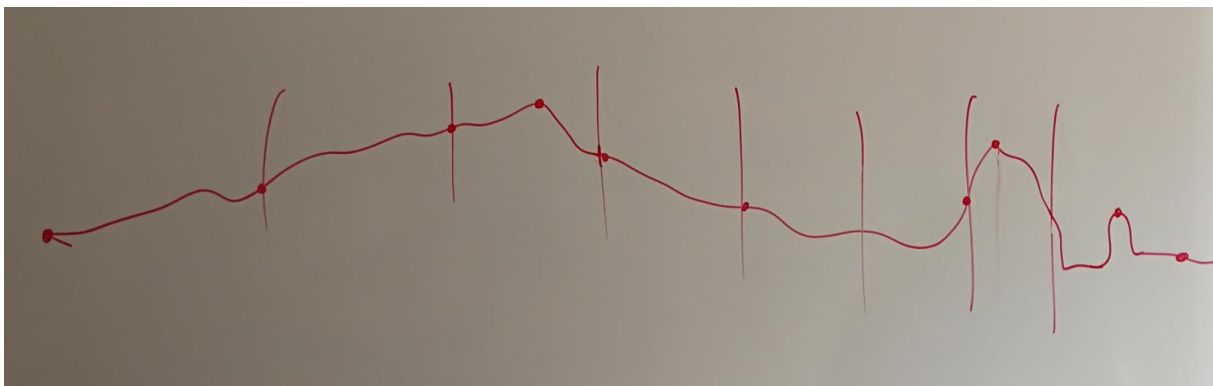


Abbildung 6.4: Aufteilung Höhenprofil

6.3.3 Zugriff auf Höhendaten

Momentan greifen wir über einen nicht offiziell dokumentierten Weg auf die Höhendaten der Swisstopo API zu. Es ist geplant, Kartenmaterial zu kaufen und dadurch noch genauere Höhendaten zu erhalten. Die Daten können mit einer Maschenweite von 2m, 5m oder 10m angefordert werden. [28]

6.3.4 Höhenbeschränkung bei Custom Firmware

Beim dritten Gebirgstest haben wir festgestellt, dass bei einer Drohne mit einer Firmware ohne Beschränkungen das Höhenlimit bei einer autonomen Suche auf 500 Meter und eine dreidimensionale Distanz von 2000 Meter nicht überschritten werden kann. Eigentlich dürfte diese Beschränkung nicht gelten aber vermutlich ist diese von der DJI SDK vorgegeben. Beim manuellen Fliegen greifen diese Beschränkungen nämlich nicht. In einem nächsten Schritt muss mit DJI abgeklärt werden, ob diese Limitierung für spezielle Firmware aufgehoben werden kann.

6.3.5 Fotoaufnahme bei jedem Wegpunkt

Während eines Drohnenfluges auf der Schwägalp entstand die Idee, dass die Drohne bei jedem Wegpunkt ein Foto machen könnte. Die Drohne könnte dann zum Beispiel täglich die gleiche Wegsuche abfliegen und nach einer gewissen Zeit hätte man eine Sammlung an Fotos für jeden Wegpunkt. Diese Fotos könnte man übereinanderlegen und durch spezielle Programme, die Veränderungen automatisch erkennen, auswerten lassen. Mit der DJI SDK wäre die Aufnahme von Fotos bei jedem Wegpunkt mit Hilfe der Trigger-Klasse [29] problemlos möglich.

GLOSSAR

Begriff	Definition / Erklärung
TRS Cockpit	Interner Name des Einsatzplanungstools
TRS Rescuer	Interner Name der Retter App
JPA	Java Persistence API, Schnittstelle für Java-Anwendungen zur Zuordnung und Übertragung von Objekten zu Datenbankeinträgen
JWT	JSON Web Token, Dient dem Verifizieren einer Identität zwischen Identity-Provider und Service-Provider
SDK	Software Development Kit, Sammlung von Werkzeugen und Bibliotheken zur Programmentwicklung
IDE	Integrierte Entwicklungsumgebung, Sammlung von Programmen zur Programmentwicklung
JSP	JavaServer Pages, Web-Programmiersprache zur dynamischen Erzeugung von HTML und XML
HTML	Hypertext Markup Language, Textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung von digitalen Dokumenten
Bootstrap	Open-Source Frontend-CSS-Framework mit Gestaltungsvorlagen
API	Application Programming Interface, Stellt Anwendungsdaten anderen Programmen zur Verfügung
Library	Sammlung von Programmen, die Lösungswege für Problemstellungen anbieten
iOS	Von Apple entwickeltes mobiles Betriebssystem für das iPhone und iPad
Android	Open Source Betriebssystem und Software-Plattform für mobile Geräte wie Smartphones und Tablets.
REST	Representational State Transfer, Programmierparadigma für Webservices
APAS	Advanced Pilot Assistance System, Hilft der Drohne bei der Hinderniserkennung

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] „Studienarbeit,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://eprints.hsr.ch/630/>.
- [2] „Google Maps,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://www.google.ch/maps>.
- [3] „Swisstopo Map,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://map.geo.admin.ch/?topic=ech&lang=de>.
- [4] „JSON Web Token,“ 13 06 2018. [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/wiki/JSON_Web_Token.
- [5] „Typeahead Plugin,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://github.com/twitter/typeahead.js/>.
- [6] „Google Elevation API,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/intro?hl=de>.
- [7] „Redmine,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://www.redmine.org/>.
- [8] „Spring Boot Maven Plugin,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/maven-plugin/usage.html>.
- [9] „Aspectra AG,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://www.aspectra.ch/de>.
- [10] „MySQL,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://www.mysql.com/de/>.
- [11] „Flyway Plugin,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://flywaydb.org/documentation/maven/>.
- [12] „DJI Mobile SDK,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://developer.dji.com/mobile-sdk/>.
- [13] „Mapbox SDK,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://www.mapbox.com/developers/>.
- [14] „OSM Elevation API,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://github.com/Jorl17/open-elevation/blob/master/docs/api.md> .
- [15] „Swisstopo REST Services,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://api3.geo.admin.ch/services/sdiservices.html> .
- [16] „Datetimestpicker Bootstrap Plugin,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://eonasdan.github.io/bootstrap-datetimepicker/> .
- [17] „Google Earth,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://www.google.ch/earth/download/gep/agree.html> .
- [18] „Garmin BaseCamp,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <http://www.garmin.com/de-DE/shop/downloads/basecamp>.

- [19] „MetricsReloaded JetBrains Plugin,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://plugins.jetbrains.com/plugin/93-metricsreloaded> .
- [20] „Mapbox Outdoors,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://www.mapbox.com/maps/outdoors/> .
- [21] „DJI APAS,“ 13 06 2018. [Online]. Available: https://developer.dji.com/api-reference/android-api/Components/IntelligentFlightAssistant/DJIIntelligentFlightAssistant.html#djiintelligentflightassistant_setadvancedpilotassistancesystemenabled_inline .
- [22] „Swisstopo Height Rest Service,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://api3.geo.admin.ch/services/sdiservices.html#height>.
- [23] „OWASP Zed Proxy,“ 13 06 2018. [Online]. Available: https://www.owasp.org/index.php/OWASP_Zed_Attack_Proxy_Project .
- [24] „DJI WaypointMission Limitations,“ 13 06 2018. [Online]. Available: https://developer.dji.com/api-reference/ios-api/Components/Missions/DJIMutableWaypointMission.html?search=waypointmission&i=7&#djiwaypointmission_addwaypoint_inline.
- [25] „Cloc Plugin,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <http://brewformulas.org/Cloc>.
- [26] „aLogcat Logger App,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=rs.pedjaapps.alogcatroot.app> .
- [27] „Flugverbotszonen,“ 13 06 2018. [Online]. Available: https://map.geo.admin.ch/?topic=ech&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers=ch.bazl.einschraenkungen-drohnen&layers_opacity=0.6 .
- [28] „Swisstopo Shop,“ 13 06 2018. [Online]. Available: https://shop.swisstopo.admin.ch/de/products/height_models/alti3D.
- [29] „DJIMissionTrigger,“ 13 06 2018. [Online]. Available: <https://developer.dji.com/api-reference/ios-api/Components/Missions/DJIMissionTrigger.html#djimissiontrigger>.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1.1: Login	1
Abbildung 1.2: TRS Cockpit Übersicht.....	2
Abbildung 1.3: Track eines Benutzers	2
Abbildung 1.4: Letzte Positionen der gefilterten Retter.....	3
Abbildung 1.5: Neuer Einsatz erstellen	3
Abbildung 1.6: Track der vermissten Person und Einsatzmarkierung	4
Abbildung 1.7: Zusätzliche Kartenlayer.....	4
Abbildung 1.8: Einsatzübersicht	5
Abbildung 1.9: Neuer Suchauftrag erstellen	5
Abbildung 1.10: Suchauftragsübersicht.....	6
Abbildung 1.11: Suchauftragsdetails	6
Abbildung 1.12: Profil bearbeiten	6
Abbildung 1.13: Tracking-Daten.....	7
Abbildung 1.14: Domainmodell Ausgangslage	7
Abbildung 1.15: Domainmodell	8
Abbildung 1.16: Use Case Diagramm	10
Abbildung 2.1: Projektplan	17
Abbildung 3.1: Konzeption Einsatzplanungstool	22
Abbildung 3.2: Deployment Diagramm	22
Abbildung 3.3: Datenbankmodell	23
Abbildung 3.4: Schnittstellen Retter-App	24
Abbildung 5.1: Benutzerprofilmenü.....	27
Abbildung 5.2: Benutzer erstellen.....	27
Abbildung 5.3: Filter für Tracking-Daten	28
Abbildung 5.4: Einsatzmenü.....	29
Abbildung 5.5: Einsatz aktualisieren.....	29
Abbildung 5.6: Hinweis-Markierung löschen.....	30
Abbildung 5.7: Suchauftragsdetails	30
Abbildung 5.8: Suchauftrag bearbeiten	31
Abbildung 5.9: Bearbeiteter Suchauftrag	31
Abbildung 5.10: Benutzer Track-Daten	32
Abbildung 5.11: Drohnen Tracking-Daten	32
Abbildung 5.12: Exportierte KML-Datei	32
Abbildung 5.13: Importierte KML-Dateien in Google Earth mit Wanderweg von Schwägalp auf Säntis	33
Abbildung 5.14: API REST Service Beschreibung geo.admin.ch	36
Abbildung 5.15: Positionsinfo map.geo.admin.ch	36
Abbildung 5.16: Swisstopo Elevation Request	37
Abbildung 5.17: Swisstopo Elevation Response	37
Abbildung 6.1: Vergleich Iterationen	43
Abbildung 6.2: Aufteilung Aktivitäten	43
Abbildung 6.3: Höhenprofil Swisstopo	46
Abbildung 6.4: Aufteilung Höhenprofil	46

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1: Kurzbeschreibung der Konzepte	9
Tabelle 1.2: Aktoren & Stakeholder	11
Tabelle 1.3: Funktionale Anforderungen	14
Tabelle 1.4: Nicht-funktionale Anforderungen	14
Tabelle 1.5: Systemtests TRS Cockpit.....	16
Tabelle 1.6: Systemtests TRS Rescuer	16
Tabelle 2.1: Projektphasen	17
Tabelle 2.2: Meilensteine	18
Tabelle 2.3: Risiko Code Datenverlust.....	19
Tabelle 2.4: Risiko Dokumentenverlust.....	19
Tabelle 2.5: Risiko Ausfall Redmine	19
Tabelle 2.6: Risiko Datenverlust Redmine	19
Tabelle 2.7: Risiko Technologie Einarbeitung	19
Tabelle 2.8: Risiko Ungenügende Kommunikation	20
Tabelle 2.9: Risiko Unterschätzte Komplexität.....	20
Tabelle 2.10: Risiko Ausfall Entwickler-PC	20
Tabelle 2.11: Risiko DJI SDK Einarbeitung	20
Tabelle 2.12: Risiko Ausfall einer Drohne	21
Tabelle 2.13: Risiko Keine Testgeräte verfügbar.....	21
Tabelle 2.14: Risiko Kein passendes Kartenmaterial	21
Tabelle 4.1: UI Mockups Retter-App.....	26
Tabelle 5.1: Code Metriken TRS Cockpit	33
Tabelle 5.2: Screenshots TRS Rescuer Android.....	39
Tabelle 5.3: Code Metriken TRS Rescuer Android	39
Tabelle 5.4: Screenshots TRS Rescuer iOS	41
Tabelle 5.5: Code Metriken TRS Rescuer iOS	41
Tabelle 6.1: Fotos Projektverlauf	45
Tabelle A.1: UC01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren.....	54
Tabelle A.2: UC02: Drohne einem Einsatz zuweisen.....	54
Tabelle A.3: UC03: Suchauftrag für Drohne definieren	55
Tabelle A.4: UC04: Retter authentifizieren	55
Tabelle A.5: UC05: Track verfolgen	56
Tabelle A.6: UC06: Suchauftrag auswählen	56
Tabelle A.7: UC07: Suchauftrag starten.....	57
Tabelle A.8: UC08: Suchauftrag abschliessen.....	57
Tabelle A.9: UC09: Suchauftrag wieder öffnen	58
Tabelle A.10: UC10: Einsatzhinweis setzen	58
Tabelle A.11: UC11: Suche mit Drohne.....	59
Tabelle A.12: UC12: Drohnenpilot führt Drohnensuche durch	59
Tabelle A.13: UC12a: Autonome Drohnensuche starten	60
Tabelle A.14: UC12b: Autonome Drohnensuche pausieren	60
Tabelle A.15: UC12c: Autonome Drohnensuche fortsetzen.....	61
Tabelle A.16: UC12d: Autonome Drohnensuche abbrechen.....	61
Tabelle A.17: UC12e: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen durch Drohnenpilot... 62	
Tabelle A.18: UC12f: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen.....	62
Tabelle A.19: UC12g: Autonome Drohnensuche beenden	63
Tabelle A.20: UC13: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz	63
Tabelle A.21: UC14: Track exportieren.....	64

Tabelle A.22: UC15: Track löschen	64
Tabelle A.23: UC16: Einsatzhinweis löschen	65
Tabelle A.24: UC17: Einsatz bearbeiten	65
Tabelle A.25: UC18: Suchauftrag bearbeiten	66
Tabelle A.26: ST01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren.....	67
Tabelle A.27: ST02: Drohne einem Einsatz zuweisen.....	67
Tabelle A.28: ST03: Suchauftrag für Drohne definieren.....	68
Tabelle A.29: ST04: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz	68
Tabelle A.30: ST05: KML Track exportieren.....	68
Tabelle A.31: ST06: GPX Track exportieren.....	69
Tabelle A.32: ST07: User-Trackingdaten löschen	69
Tabelle A.33: ST08: Irrelevante User-Trackingdaten löschen	69
Tabelle A.34: ST09: Alle Drohnen-Trackingdaten löschen	70
Tabelle A.35: ST10: Einzelne Drohnen-Trackpoints löschen	70
Tabelle A.36: ST11: Einsatzhinweis löschen.....	70
Tabelle A.37: ST12: Retter authentifizieren	71
Tabelle A.38: ST13: Track verfolgen.....	71
Tabelle A.39: ST14: Suchaufträge anzeigen	72
Tabelle A.40: ST15: Suchauftrag anzeigen.....	72
Tabelle A.41: ST16: Suchauftrag starten.....	73
Tabelle A.42: ST17: Suchauftrag abschliessen	73
Tabelle A.43: ST18: Suchauftrag wieder öffnen.....	73
Tabelle A.44: ST19: Einsatzhinweis erstellen.....	74
Tabelle A.45: ST20: Suche mit Drohne	74
Tabelle A.46: ST21: Suche mit Drohne mit kleinen Abständen	75
Tabelle A.47: ST22: Suchauftrag mit Drohne fliegen	75
Tabelle A.48: ST23: Autonome Drohnensuche durchführen	76
Tabelle A.49: ST24: Autonome Drohnensuche pausieren.....	76
Tabelle A.50: ST25: Autonome Drohnensuche fortsetzen	77
Tabelle A.51: ST26: Autonome Drohnensuche abbrechen.....	77
Tabelle A.52: ST27: Autonome Drohnensuche abbrechen – zurückkehren	77
Tabelle A.53: ST28: Autonome Drohnensuche abbrechen – landen.....	78
Tabelle A.54: ST29: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen	78
Tabelle A.55: ST30: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – ursprüngliche Höhe.....	79
Tabelle A.56: ST31: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – aktuelle Höhe	79
Tabelle A.57: ST32: Autonome Drohnensuche beenden.....	80
Tabelle A.58: Risiko-Analyse in der Elaboration-Phase	83
Tabelle A.59: Risiko-Analyse in der Construction-Phase	83

A ANHANG

A.1 Use Case Details

UC01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren

Description	Ein Retter wird als Drohnenpilot definiert. Es kann auch ein neuer Benutzer im System erstellt werden.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Ein Drohnenpilot soll von den anderen Rettern unterschieden werden können, damit dieser explizit und einfach für einen Drohneneinsatz eingeteilt werden kann.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter; will den Drohnenpiloten über die gewohnte Oberfläche einteilen können und ihm entsprechende Aufträge erteilen.
Priority	1
Preconditions	(Drohnenpilot verwendet Tracker App oder Drohnenpilot hat gültige E-Mail-Adresse)
Postconditions	Der Drohnenpilot ist als Drohnenpilot in der Web-App registriert und kann einem Einsatz und insbesondere einem Drohnensuchauftrag zugeteilt werden.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einsatzleiter öffnet Web App 2. Einsatzleiter registriert einen neuen Benutzer 3. Einsatzleiter definiert den Benutzer mit seiner Drohne als Drohnenpilot

Tabelle A.1: UC01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren

UC02: Drohne einem Einsatz zuweisen

Description	Der Drohnenpilot wird einem Einsatz zugewiesen. Dadurch ist implizit auch seine Drohne im Einsatz.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Ein Drohnenpilot soll wie jeder andere Retter einem Einsatz und einem Suchauftrag zugeordnet werden können.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will gewisse Suchaufträge mit Hilfe des Drohnenpiloten absolvieren.
Priority	1
Preconditions	Der Drohnenpilot wurde in der Web-App registriert.
Postconditions	Der Drohnenpilot ist einem Einsatz zugewiesen und kann innerhalb des Einsatzes einem Suchauftrag zugewiesen werden
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einsatzleiter wählt Einsatz aus 2. Einsatzleiter fügt Drohnenpilot dem Einsatz hinzu

Tabelle A.2: UC02: Drohne einem Einsatz zuweisen

UC03: Suchauftrag für Drohne definieren

Description	Der Einsatzleiter definiert in einem Einsatz eine Suche auf der Karte. Der Suchauftrag wird dabei dem Drohnenpiloten zugewiesen.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Ein Gebiet soll von einer Drohne überflogen werden. Der administrative Aufwand soll wie bei einer «normalen» Suche sein.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will ein Gebiet zur Vorabklärung oder zur Unterstützung der Retter mit Hilfe einer Drohne untersuchen.
Priority	1
Preconditions	Der Drohnenpilot wurde registriert und dem Einsatz zugewiesen.
Postconditions	Für den Drohnenpiloten wurde ein Suchauftrag definiert und steht für den Drohnenpiloten in der App zum «abholen» bereit.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Einsatzleiter wählt Einsatz aus2. Einsatzleiter erstellt einen neuen Suchauftrag<ol style="list-style-type: none">a. Definiert eine Weg- oder Reviersucheb. Weist den Suchauftrag einem Drohnenpiloten zu, der dem Einsatz zugeteilt ist.
Extensions	2. b. a. Aus allen Rettern auswählen und automatisch dem Einsatz hinzufügen

Table A.3: UC03: Suchauftrag für Drohne definieren

UC04: Retter authentifizieren

Description	Der Retter kann sich in der App mit Benutzername und Kennwort anmelden. Er hat auch die Option seine Eingaben zu speichern und muss sich somit nicht jedes Mal neu authentifizieren.
Primary Actor	Retter
Trigger	Damit der Retter seine Suchaufträge laden kann, muss er sich identifizieren.
Stakeholder and Interests	Retter: Möchte bei der Suchaktion helfen und die App als Hilfe verwenden
Priority	1
Preconditions	<ul style="list-style-type: none">- Retter hat die Retter-App installiert- Ist als Retter definiert und besitzt Login Daten
Postconditions	Retter ist eingeloggt und über laufende Suchaktionen informiert
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Retter gibt Benutzernamen und Passwort ein2. Wählt ob seine Login Daten gespeichert werden sollen3. Loggt sich ein
Extensions	1. a. Sind die Login Daten gespeichert, wird der Retter direkt authentifiziert

Table A.4: UC04: Retter authentifizieren

UC05: Track verfolgen

Description	Der Retter kann auf der Karte in der App seinen eigenen Track verfolgen. Wie lange dieser Track zurückgeht ist konfigurierbar.
Primary Actor	Retter
Trigger	Der Retter möchte sich vergewissern, wo er bereits durchgelaufen ist
Stakeholder and Interests	Retter: Die Ansicht seines eigenen Tracks hilft dem Retter allfällige Löcher zu finden und diese nochmals abzusuchen.
Priority	2
Preconditions	Der Retter hat sich erfolgreich authentifiziert
Postconditions	Retter sieht seinen eigenen Track
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retter sieht seinen eigenen Track 2. Aktualisiert die übertragenen Daten manuell um Datenvolumen zu sparen 3. Sieht seine aktuelle Position

Tabelle A.5: UC05: Track verfolgen

UC06: Suchauftrag auswählen

Description	Der Retter hat einen Überblick über die noch nicht erledigten Suchaufträge, die ihm zugeteilt wurden. Er hat aber auch die Möglichkeit bereits abgeschlossene Suchaufträge nach zu laden. Wählt er einen Suchauftrag aus, so sieht er die vom Einsatzleiter definierte Revier- oder Wegsuche, den Track der vermissten Person, den Einsatzpunkt, vorhandene Einsatzhinweise sowie seinen eigenen Track im aktuellen Suchauftrag auf der Karte.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Der Retter möchte mit Hilfe der definierten Route nach der Person suchen
Stakeholder and Interests	Retter: Will genaue Standortdaten für eine effiziente Suche
Priority	1
Preconditions	Dem Drohnenpilot wurde ein Suchauftrag zugewiesen und er ist in der Drohnen App angemeldet
Postconditions	Die vom Einsatzleiter definierte Route/Revier wird auf der Karte angezeigt.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Drohnenpilot öffnet Drohnen App und meldet sich an 2. App aktualisiert die Auftragsliste 3. Alle verfügbaren Aufträge für den Piloten werden angezeigt 4. Drohnenpilot wählt einen Auftrag aus 5. App zeigt Weg- oder Reviersuche auf der Karte an

Tabelle A.6: UC06: Suchauftrag auswählen

UC07: Suchauftrag starten

Description	Sobald der Retter am Startpunkt seines Suchauftrages angelangt ist, bestätigt er, dass der Suchauftrag nun offiziell beginnt.
Primary Actor	Retter
Trigger	Der Retter lädt den Auftrag womöglich bereits in der Basis. Somit gehört der Weg bis zu seiner Route noch nicht zur eigentlichen Suche.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Übersichtshalber will er später den Track der Retter nur innerhalb der Dauer des entsprechenden Suchauftrages analysieren.
Priority	2
Preconditions	Der Suchauftrag wurde vom Retter ausgewählt und ist in der App geöffnet
Postconditions	Der Startzeitstempel für den Suchauftrag wurde gesetzt.
Main Success Scenario	1. Sobald der Retter am Auftragsort angekommen ist, startet er den Suchauftrag

Tabelle A.7: UC07: Suchauftrag starten

UC08: Suchauftrag abschliessen

Description	Sobald die Retter mit dem Suchauftrag fertig sind, schliessen sie den Suchauftrag mit einem Kommentar ab.
Primary Actor	Retter
Trigger	Sind die Retter mit einem Suchauftrag fertig, so sind diese für einen neuen Suchauftrag bereit.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Hat Überblick über laufende Suchaufträge
Priority	2
Preconditions	Suchauftrag wurde gestartet
Postconditions	Der Suchauftrag ist als geschlossen definiert
Main Success Scenario	1. Sobald das Trupp durch ist oder die Suche zu gefährlich wird, meldet es den Auftrag als fertig 2. Dabei wird ein Kommentar hinterlegt

Tabelle A.8: UC08: Suchauftrag abschliessen

UC09: Suchauftrag wieder öffnen

Description	Ein bereits abgeschlossener Suchauftrag kann auf Befehl des Retters wieder in den laufenden Zustand versetzt werden.
Primary Actor	Retter
Trigger	Hat man einen Suchauftrag bereits abgeschlossen, bemerkt aber, dass man etwas ausgelassen hat, möchte man das Abschliessen rückgängig machen.
Stakeholder and Interests	Retter: Hat Suchauftrag ausversehen frühzeitig abgeschlossen
Priority	2
Preconditions	Suchauftrag wurde abgeschlossen
Postconditions	Der Suchauftrag befindet sich wieder im laufenden Zustand
Main Success Scenario	1. Retter öffnet den Suchauftrag wieder

Tabella A.9: UC09: Suchauftrag wieder öffnen

UC10: Einsatzhinweis setzen

Description	In einem laufenden Suchauftrag hat der Retter die Option, Punkte mit einem Kommentar auf der Karte zu setzen. Diese werden an das System übermittelt und auf der Karte angezeigt.
Primary Actor	Retter
Trigger	Erblickt man während einer Suche ein verdächtiges Objekt (z.B. Rucksack, Spur im Gras, etc.) so will man dies festhalten.
Stakeholder and Interests	Retter: Will seine Entdeckung festhalten und dem Einsatzleiter mitteilen.
Priority	2
Preconditions	Suchauftrag befindet sich im laufenden Zustand
Postconditions	Ein Einsatzhinweis wurde erstellt und ins System übertragen
Main Success Scenario	1. Retter setzt einen Punkt auf der Karte 2. Fügt einen Kommentar hinzu 3. Speichert den Hinweis

Tabella A.10: UC10: Einsatzhinweis setzen

UC11: Suche mit Drohne

Description	Hat der Retter in den Einstellungen den Drohnenmodus aktiviert, so hat er die Option «Suche mit Drohne». Dabei versucht die App sich mit der Drohne zu verbinden und es erscheint das Drohnencockpit mit dem entsprechenden Kartenmaterial.
Primary Actor	Retter
Trigger	Der Drohnenpilot soll die definierte Suche im Drohnencockpit sehen und kann diese entsprechend absolvieren.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Möchte, dass der Drohnenpilot den Suchauftrag mit seiner Drohne manuell oder autonom abfliegt Drohnenpilot: Möchte Rettungsaktionen mit seiner Drohne schnellstmöglich unterstützen Einsatzleiter & Drohnenpilot: Der administrative Aufwand soll möglichst klein gehalten werden. Die Rettungsaktion soll im Vordergrund stehen.
Priority	1
Preconditions	In den Einstellungen ist der Drohnenmodus aktiviert
Postconditions	Der Drohnenpilot sieht den definierten Suchauftrag, den aktuellen Standort und Track seiner Drohne, das Livebild der Drohnenkamera sowie diverse Informationen zu Höhe, Batteriestand, etc.
Main Success Scenario	1. Drohnenpilot wählt die Option «Suche mit Drohne»

Tabelle A.11: UC11: Suche mit Drohne

UC12: Drohnenpilot führt Drohnensuche durch

Description	Ist der Suchauftrag im laufenden Zustand, so wird der Track der Drohne aufgezeichnet und ans System übermittelt. Der Drohnenpilot kann den definierten Suchauftrag nun manuell abfliegen oder eine autonome Drohnensuche starten.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Drohnenpilot will Suchauftrag manuell oder autonom abfliegen
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will den Track der Drohne analysieren. Drohnenpilot: Sieht den Suchauftrag auf der Karte.
Priority	1
Preconditions	Retter hat in den Drohnenmodus gewechselt. (UC11)
Postconditions	Der Startzeitstempel für den Suchauftrag wurde gesetzt.
Main Success Scenario	1. Sobald der Drohnenpilot am Auftragsort angekommen ist, startet er die Drohne und hat wie gewohnt die manuelle Kontrolle.

Tabelle A.12: UC12: Drohnenpilot führt Drohnensuche durch

UC12a: Autonome Drohnensuche starten

Description	Beim Starten der autonomen Suche kann der Drohnenpilot einige Parameter wie Höhe, Geschwindigkeit, Startpunkt, Verhalten nach Abschluss, etc. definieren. Anschliessend beginnt die Drohne den definierten Suchauftrag im dreidimensionalen Raum autonom abzufliegen.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Der Drohnenpilot übergibt die Kontrolle über die Drohne an die App
Stakeholder and Interests	Drohnenpilot: Kann sich auf die Kamerabilder statt die Steuerung der Drohne konzentrieren
Priority	1
Preconditions	<ul style="list-style-type: none"> - Retter hat in den Drohnenmodus gewechselt. (UC11) - Alle Information konnten korrekt geladen und berechnet werden (Internetverbindung, GPS-Signal, etc.)
Postconditions	Drohne fliegt autonom den vom Einsatzleiter in der Web-App definierte Suchauftrag im dreidimensionalen Raum ab.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Drohnenpilot startet die autonome Suche 2. Definiert Parameter: Höhe, Geschwindigkeit, Startpunkt, Verhalten nach Abschluss, Kameraneigung. 3. Die Drohne startet vom Ausgangspunkt die Suche autonom
Extensions	1.a) Der Suchauftrag wird gleichmässig in 100 Wegpunkte unterteilt. Der Abstand ist dabei logischerweise abhängig von der Grösse des Suchauftrages. In den Einstellungen kann ein minimaler sowie ein maximaler Abstand definiert werden. Ist der maximale Abstand zu klein, so kann nicht der ganze Suchauftrag absolviert werden. Dies wird aber auf der Karte signalisiert.

Tabelle A.13: UC12a: Autonome Drohnensuche starten

UC12b: Autonome Drohnensuche pausieren

Description	Pausiert der Drohnenpilot die autonome Suche, bleibt die Drohne in der Luft stehen und wartet auf weitere Anweisungen vom Drohnenpiloten.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Der Drohnenpilot hat mit Hilfe der Kamerabilder etwas entdeckt und möchte sich mit der Kamera ein genaues Bild von der Situation machen
Stakeholder and Interests	Drohnenpilot: Kann sich in einer für ihn optimalen Zeitspanne in Ruhe dem Kamerabild widmen und sein weiteres Vorgehen überlegen
Priority	1
Preconditions	Autonome Drohnensuche wurde gestartet (UC12a)
Postconditions	Der Drohnenpilot hat die Kontrolle über die Kamera und kann die Drohnensuche fortsetzen, manuell übernehmen oder abrechen
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Drohnenpilot pausiert die autonome Drohnensuche in der App 2. Drohnenpilot übernimmt mit Fernsteuerung die Kontrolle über die Kamera

Tabelle A.14: UC12b: Autonome Drohnensuche pausieren

UC12c: Autonome Drohnensuche fortsetzen

Description	Beendet der Drohnenpilot die Pause, setzt die Drohne die pausierte Drohnensuche fort.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Der Drohnenpilot möchte, dass die Drohne die autonome Suche fortsetzt
Stakeholder and Interests	Drohnenpilot: Kann sich auf die Kamerabilder statt die Steuerung der Drohne konzentrieren
Priority	1
Preconditions	Autonome Drohnensuche wurde pausiert (UC12b)
Postconditions	Die Drohne setzt die autonome Suche ab dem pausierten Standort fort
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Drohnenpilot setzt die Suche in der App fort2. Drohne setzt die autonome Suche über den vom Einsatzleiter definierten Suchauftrag fort

Tabelle A.15: UC12c: Autonome Drohnensuche fortsetzen

UC12d: Autonome Drohnensuche abbrechen

Description	Wenn der Drohnenpilot den Suchauftrag in der App abbricht, hat er die Möglichkeit erst mal nichts zu unternehmen und die Drohne vor Ort schweben zu lassen, die Drohne direkt zu landen oder zurück zum Ausgangspunkt fliegen zu lassen.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Unter gewissen Umständen wie z.B. Wettereinflüssen kann die Suche mit der Drohne zu gefährliche werden
Stakeholder and Interests	Drohnenpilot: Möchte, dass die Drohne wieder sicher am Boden landet und keinen Schaden nimmt und/oder Schaden an Dritten verursacht
Priority	1
Preconditions	Autonome Drohnensuche wurde pausiert (UC12b)
Postconditions	Je nach gewählter Option schwebt die Drohne vor Ort, ist direkt gelandet oder befindet sich wieder am Ausgangspunkt.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Drohnenpilot bricht die Drohnensuche in der App ab2. Wählt Abbruchoption (Nichts unternehmen, Landen, Go Home)
Extensions	<ol style="list-style-type: none">2. a. Wählt der Drohnenpilot Go Home so fliegt die Drohne auf der aktuellen Höhe zurück. Ist diese Höhe tiefer als die Initialhöhe, so wird die Initialhöhe verwendet.

Tabelle A.16: UC12d: Autonome Drohnensuche abbrechen

UC12e: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen durch Drohnenpilot

Description	Der Drohnenpilot unterbricht via App die autonome Suche mit der Drohne und übernimmt mit seiner Fernsteuerung die Kontrolle über die Drohne.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Der Drohnenpilot hat mit Hilfe der Kamerabilder etwas entdeckt und möchte sich mit der Drohne ein genaues Bild von der Situation machen
Stakeholder and Interests	Drohnenpilot: Kann die Kontrolle über die Drohne übernehmen und durch die manuelle Steuerung die Situation genauer begutachten
Priority	1
Preconditions	Autonome Drohnensuche wurde pausiert (UC12b)
Postconditions	Drohnenpilot hat mit seiner Fernsteuerung die Kontrolle über die Drohne
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Drohnenpilot übernimmt manuell die Kontrolle in der App 2. Die App übergibt die Kontrolle an die Fernsteuerung 3. Der Drohnenpilot hat mit seiner Fernsteuerung die Kontrolle über die Drohne

Tabella A.17: UC12e: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen durch Drohnenpilot

UC12f: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen

Description	Die Drohne fliegt autonom zurück zur Position, an welcher die Drohnensuche unterbrochen wurde und setzt danach die autonome Suche wahlweise in der aktuellen oder ursprünglichen Höhe fort.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Der Drohnenpilot möchte Kontrolle über die Drohne an die App abgeben
Stakeholder and Interests	Drohnenpilot: Kann die Steuerung der Drohne an die App abgeben und sich auf die Kamerabilder konzentrieren
Priority	1
Preconditions	Autonome Drohnensuche wurde unterbrochen (UC12e)
Postconditions	<ul style="list-style-type: none"> - App hat Kontrolle über die Drohne - Je nach Option Höhe für alle Wegpunkte angepasst
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Drohnenpilot setzt die unterbrochene Suche in der App fort 2. Drohne fliegt autonom zurück zur Position, an welcher die autonome Drohnensuche unterbrochen wurde 3. Drohne setzt die autonome Suche über die vom Einsatzleiter definierte Suche fort
Extensions	1. a. Hat die Option aktuelle oder ursprüngliche Höhe zu verwenden. Passt entsprechend für alle Wegpunkte die relative Höhe an.

Tabella A.18: UC12f: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen

UC12g: Autonome Drohnensuche beenden

Description	Sobald die Drohne den Suchauftrag absolviert hat, hat der Drohnenpilot eine Auswahl wie er die Suche abschliessen will. Er hat die Möglichkeit erst mal nichts zu unternehmen und die Drohne vor Ort schweben zu lassen, die Drohne direkt zu landen oder entweder auf dem direkten Weg oder über den zurückgelegten Weg zurück zum Ausgangspunkt fliegen zu lassen.
Primary Actor	Drohnenpilot
Trigger	Die Drohne hat den Suchauftrag erfolgreich absolviert und wartet auf weitere Anweisungen
Stakeholder and Interests	Drohnenpilot: Wählt das weitere Vorgehen.
Priority	1
Preconditions	Autonome Drohnensuche wurde gestartet (UC12a)
Postconditions	Je nach Option schwebt die Drohne vor Ort, ist direkt gelandet oder entweder auf dem direkten Weg oder über den zurückgelegten Weg zurück zum Ausgangspunkt geflogen.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobald die Drohne den Suchauftrag absolviert hat, wählt der Drohnenpilot das weitere Vorgehen. (Nicht unternehmen, Landen, Go Home, Gleicher Weg zurück)

Tabelle A.19: UC12g: Autonome Drohnensuche beenden

UC13: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz

Description	Der Einsatzleiter sieht mindestens den Einsatzstatus der Drohne (offen, gestartet, beendet) in der Web-App. Im besten Fall kann der Einsatzleiter den Standort der Drohne in Echtzeit mitverfolgen inkl. Livebild und bereits absolvierter und geplanter Flugroute.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Der Einsatzleiter möchte über den Status des Suchauftrages informiert sein und gegebenenfalls den Suchauftrag in Echtzeit mitverfolgen
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will über Status des Suchauftrages informiert sein und wissen, wo sich die Drohne befindet
Priority	1
Preconditions	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatzleiter hat Suchauftrag definiert • Drohnenpilot hat Suchauftrag in der App abgeholt und gestartet
Postconditions	Mindestens der Einsatzstatus der Drohne wird in der Web-App angezeigt.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einsatzleiter wählt Einsatz aus 2. Einsatzleiter wählt Suchauftrag des Drohnenpiloten aus 3. Web App zeigt Status der Drohnensuche an
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> 3 a) Web App zeigt neben Status weitere Optionen an 3 b) Einsatzleiter kann auf Kamerabilder zugreifen 3 c) Einsatzleiter sieht absolvierte und geplante Flugroute

Tabelle A.20: UC13: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz

UC14: Track exportieren

Description	Der Einsatzleiter kann den Track einer Person oder einer Drohne im gewünschten Format «KML» oder «GPX» exportieren.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Trackingdaten können anonymisiert weitergegeben werden und gegebenenfalls in andere Applikationen eingebunden werden.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will Trackingdaten für andere Applikationen zur Verfügung stellen.
Priority	2
Preconditions	Es ist ein Track des Users oder dessen Drohne vorhanden.
Postconditions	Es liegt ein KML oder GPX File mit den Trackingdaten des Users vor.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Benutzer wechselt in die Trackingdaten-Übersicht2. Exportiert die Daten im gewünschten Format.

Tabelle A.21: UC14: Track exportieren

UC15: Track löschen

Description	Jeder Benutzer hat die Möglichkeit seine eigenen Trackingdaten zu löschen. Ein Einsatzleiter hat die Möglichkeit dies für jeden Benutzer durchzuführen. Standardmässig werden nur die nicht Einsatzbezogenen Daten gelöscht, durch explizites Löschen könne aber auch diese gelöscht werden.
Primary Actor	Benutzer
Trigger	Aus Datenschutzgründen muss jeder Benutzer seine Trackingdaten löschen können.
Stakeholder and Interests	Benutzer: Wollen ihre gespeicherten Trackingdaten aus privaten Gründen löschen. Einsatzleiter: Will das System von unnötigem Junk befreien.
Priority	2
Preconditions	Es ist ein Track des Users oder dessen Drohne vorhanden.
Postconditions	Alle nicht einsatzbezogenen Trackpoints oder der explizite Trackpoint wird gelöscht.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Benutzer wechselt in die Trackingdaten-Übersicht2. Löscht einen Trackpoint
Extensions	2. a. Kann auch alle nicht-einsatzbezogenen Trackingdaten auf einmal löschen

Tabelle A.22: UC15: Track löschen

UC16: Einsatzhinweis löschen

Description	Die Einsatzhinweise, die in der App erstellt werden, werden auf der Karte angezeigt und können auch wieder entfernt werden.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Fälschlicherweise erstellte Hinweise verwirren mehr als sie nützen.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will unnötige Hinweise wieder löschen können.
Priority	2
Preconditions	Es wurde ein Einsatzhinweis erstellt (UC10)
Postconditions	Der entsprechende Einsatzhinweis wurde entfernt.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter wählt einen Hinweis auf der Karte in der Einsatz- oder Suchauftragsübersicht an2. Der Einsatzleiter löscht den angewählten Hinweis.

Tabelle A.23: UC16: Einsatzhinweis löschen

UC17: Einsatz bearbeiten

Description	Der Einsatzleiter kann einen bestehenden Einsatz bearbeiten um beispielsweise die offizielle Einsatznummer nachzutragen, die allenfalls nicht schon zu Beginn des Einsatzes bekannt ist.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Eine offizielle Einsatznummer ist z.B. nicht von Beginn an vorhanden.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will die offizielle Einsatznummer sobald diese vorhanden ist im Einsatzplanungstool nachtragen
Priority	2
Preconditions	Es wurde ein Einsatz erstellt (UC10)
Postconditions	Die Angaben des Einsatzes wurden entsprechend angepasst.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter navigiert zur Einsatzübersicht2. Auf einem Einsatz wählt er rechts das Bearbeitungssymbol an3. Ändert die entsprechenden Felder4. Klickt auf «Einsatz aktualisieren»

Tabelle A.24: UC17: Einsatz bearbeiten

UC18: Suchauftrag bearbeiten

Description	Bemerkt ein Einsatzleiter, dass er ein Revier für einen Rettungstrupp zu gross eingezeichnet hat oder eine Suche mit der Drohne aus Höhen- und Akkubegrenzungen nicht realistisch ist, kann ein Suchauftrag anhand dieser Erkenntnisse angepasst werden und muss nicht komplett neu erstellt werden.
Primary Actor	Einsatzleiter
Trigger	Fehler oder neue Erkenntnisse sollen in der Planung angepasst werden können und nicht komplett neu erstellt werden müssen.
Stakeholder and Interests	Einsatzleiter: Will einen Suchauftrag an seine Erkenntnisse anpassen können
Priority	2
Preconditions	Es wurde ein Suchauftrag erstellt (UC03)
Postconditions	Die Angaben des Suchauftrages oder die Revier- oder Wegsuche wurde entsprechend angepasst.
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter wählt einen Suchauftrag aus2. Er klickt auf «Details anzeigen»3. Wählt «Suchauftrag bearbeiten»4. Ändert Felder, zeichnet Suche neu («Neu zeichnen»)5. Klickt «Suchauftrag speichern»

Tabelle A.25: UC18: Suchauftrag bearbeiten

A.2 Systemtests

6.3.6 TRS Cockpit

ST01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren

Testziel	Der Einsatzleiter kann einen Drohnenpiloten registrieren.
Use Case	UC01
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Persönliche Angaben (mind. Name und Mail) bekannt
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter wählt im Profilmenu den Eintrag «Benutzer erstellen»2. Gibt persönliche Daten, Retter-Typ «DP» und ein Kennwort an.3. Klickt «Benutzer erstellen»
Erwartetes Ergebnis	Wurden die Felder korrekt ausgefüllt, wird der Benutzer auf die Startseite weitergeleitet. Der erstellte Benutzer ist jetzt in der linken Spalte bei den anderen Benutzern zu finden. Mit dem angegebenen Kennwort ist dieser Benutzer nun in der Lage sich in der Web-App sowie in der Retter-App anzumelden.

Tabelle A.26: ST01: Drohne mit Pilot als Einheit registrieren

ST02: Drohne einem Einsatz zuweisen

Testziel	Der Einsatzleiter kann einen Drohnenpiloten einem bestehenden Einsatz zuweisen.
Use Case	UC02
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es wurde bereits ein Einsatz erstellt.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter wechselt über das Navigationsmenü «Einsätze - > Übersicht» in die Einsatzübersicht.2. Wählt im entsprechenden Einsatz die Option «Retter hinzufügen»3. Sucht nach dem entsprechenden Benutzer, wählt diesen an und klick «Speichern»
Erwartetes Ergebnis	Der entsprechende Benutzer ist nun dem Einsatz zugewiesen und findet sich somit in der Liste der zugeteilten Retter.

Tabelle A.27: ST02: Drohne einem Einsatz zuweisen

ST03: Suchauftrag für Drohne definieren

Testziel	Der Einsatzleiter zeichnet auf der Karte eine Suche ein, die später von der Drohne abgeflogen werden soll.
Use Case	UC03
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es wurde bereits ein Einsatz erstellt.▪ Der Drohnenpilot wurde bereits registriert.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter wechselt über das Navigationsmenü «Einsätze -> [Einsatz]» in den entsprechenden Einsatz.2. Wählt die Option «Neuer Suchauftrag»3. Füllt die Felder entsprechend aus, zeichnet eine Wegsuche ein und fügt den Drohnenpiloten dem Suchauftrag hinzu4. Klickt «Suchauftrag erstellen»
Erwartetes Ergebnis	Der entsprechende Benutzer ist nun dem Suchauftrag zugewiesen und findet sich somit in der Liste der zugeteilten Retter. Dieser ist nun auch in der Retter-App des entsprechenden Benutzers ersichtlich.

Tabelle A.28: ST03: Suchauftrag für Drohne definieren

ST04: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz

Testziel	Der Einsatzleiter kann die Drohne aktive auf der Karte verfolgen. Er sieht den zurückgelegten Weg sowie die aktuelle Position.
Use Case	UC13
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es wurde ein Suchauftrag definiert.▪ Der Drohnenpilot absolviert aktuell den entsprechenden Suchauftrag.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter wechselt über das Navigationsmenü «Suchaufträge -> [Suchauftrag]» in den entsprechenden Suchauftrag.
Erwartetes Ergebnis	Der Einsatzleiter sieht den Track und die letzte Position von jedem beteiligten Retter und falls vorhanden dessen Drohne. Die Tracks werden in Echtzeit aktualisiert.

Tabelle A.29: ST04: Einsatzleiter verfolgt Drohneneinsatz

ST05: KML Track exportieren

Testziel	Der Einsatzleiter kann den Track eines Retters oder einer Drohne im KML File exportieren. Er kann diese Daten z.B. bei Google Earth importieren.
Use Case	UC14
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es ist ein Track eines Benutzers oder einer Drohne vorhanden.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter navigiert über einen Benutzer zu dessen Tracking-Daten2. Oberhalb der Trackingdaten klickt er auf «KML»
Erwartetes Ergebnis	Es wird eine Datei im KML-Format generiert und heruntergeladen. Dieses kann nun in Google Earth importiert und begutachtet werden.

Tabelle A.30: ST05: KML Track exportieren

ST06: GPX Track exportieren

Testziel	Der Einsatzleiter kann den Track eines Retters oder einer Drohne im GPX File exportieren. Somit kann er diese Daten z.B. bei Garmin Connect wieder importieren.
Use Case	UC14
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es ist ein Track eines Benutzers oder einer Drohne vorhanden.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter navigiert über einen Benutzer zu dessen Tracking-Daten2. Oberhalb der Trackingdaten klickt er auf «GPX»
Erwartetes Ergebnis	Es wird eine Datei im GPX-Format generiert und heruntergeladen. Dieses kann nun in Garmin Connect importiert und begutachtet werden.

Tabella A.31: ST06: GPX Track exportieren

ST07: User-Trackingdaten löschen

Testziel	Ein Benutzer kann seine Trackingdaten löschen. Dies aus Datenschutz-technischen Gründen, sowie auch die Möglichkeit allfällige Ausreisser löschen zu können.
Use Case	UC15
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es ist ein Track des Benutzers vorhanden.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Benutzer navigiert über das Profilmenu zu seinen Trackingdaten2. Auf einem Trackpoint klickt er das Trash-Symbol an.3. Er bestätigt die Warnung
Erwartetes Ergebnis	Der Trackpoint verschwindet aus der Liste und somit aus dem System.

Tabella A.32: ST07: User-Trackingdaten löschen

ST08: Irrelevante User-Trackingdaten löschen

Testziel	Ein Einsatzleiter kann unnötige Trackingdaten löschen.
Use Case	UC15
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es ist ein Track eines Benutzers vorhanden. Dieser hat sowohl Trackingdaten während eines ihm zugewiesenen Suchauftrages sowie auch nicht einsatzbezogene Daten.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter navigiert über einen Benutzer zu dessen Tracking-Daten2. In der Liste klickt er auf «Persönliche Trackingdaten löschen»3. Er bestätigt die Warnung
Erwartetes Ergebnis	Diejenigen Trackingdaten, die für den Suchauftrag nicht relevant sind werden gelöscht. Die relevanten Daten bleiben bestehen. Somit sieht der Track des Users in der Suchauftragsübersicht nach dem Löschen immer noch gleich aus.

Tabella A.33: ST08: Irrelevante User-Trackingdaten löschen

ST09: Alle Drohnen-Trackingdaten löschen

Testziel	Ein Benutzer kann alle seine Drohnen-Trackingdaten löschen.
Use Case	UC15
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es ist ein Drohnen-Track des Benutzers vorhanden.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Benutzer navigiert über das Profilmenu zu seinen Trackingdaten2. In der Liste wählt er «Trackingdaten der Drohne löschen»3. Er bestätigt die Warnung
Erwartetes Ergebnis	Alle Trackpoints der Drohne werden aus dem System gelöscht.

Tabella A.34: ST09: Alle Drohnen-Trackingdaten löschen

ST10: Einzelne Drohnen-Trackpoints löschen

Testziel	Ein Benutzer kann seine Drohnen-Trackingdaten löschen. Dies aus Datenschutztechnischen Gründen, sowie auch die Möglichkeit allfällige Ausreisser löschen zu können.
Use Case	UC15
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es ist ein Drohnen-Track des Benutzers vorhanden.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Benutzer navigiert über das Profilmenu zu seinen Trackingdaten2. In der Liste wählt er «Trackingdaten der Drohne anzeigen»3. Auf einem Trackpoint klickt er das Trash-Symbol an.4. Er bestätigt die Warnung
Erwartetes Ergebnis	Der entsprechende Trackpoint der Drohne wird aus dem System gelöscht.

Tabella A.35: ST10: Einzelne Drohnen-Trackpoints löschen

ST11: Einsatzhinweis löschen

Testziel	Ein Einsatzleiter kann einen bestehenden Einsatzhinweis wieder löschen.
Use Case	UC16
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Es ist ein Hinweis in einem Einsatz vorhanden.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Einsatzleiter navigiert zu einem Einsatz, der einen Hinweis enthält.2. Der Einsatzleiter wählt den grünen Hinweismarker auf der Karte an3. Im Tooltip klickt er auf «Löschen»
Erwartetes Ergebnis	Der entsprechende Hinweis wird im System gelöscht und verschwindet von der Karte.

Tabella A.36: ST11: Einsatzhinweis löschen

6.3.7 TRS Rescuer

ST12: Retter authentifizieren

Testziel	Ein Retter kann sich in der App anmelden. Durch das Speichern der Login Daten wird er beim nächsten Start automatisch wieder eingeloggt.
Use Case	UC04
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Retter besitzt einen Username und ein Passwort.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Retter öffnet die App2. Er gibt Username, Passwort ein und bestätigt, dass er die Login Daten speichern will.3. Klickt auf «Login»4. Nach dem erfolgreichen Login schliesst er die App komplett5. Öffnet die App erneut
Erwartetes Ergebnis	Nach dem ersten Login erscheint die Startseite der App mit dem aktuellen Track des Users. Schliesst und öffnet er die App erneut, so gelangt er direkt zu diesem Screen ohne seine Login Daten erneut angeben zu müssen.

Tabella A.37: ST12: Retter authentifizieren

ST13: Track verfolgen

Testziel	Ein Retter sieht in der App seinen aktuellen Track und seine aktuelle Position.
Use Case	UC05
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Retter ist authentifiziert▪ Für das konfigurierte Zeitintervall existieren Trackingdaten des Users
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Retter navigiert in der App zum Menüpunkt «Karte»2. Aktualisiert den Track mit Klick auf den Refresh-Button
Erwartetes Ergebnis	Beim Start der View wird der Track sowie die aktuelle Position angezeigt. Ist in der Zwischenzeit ein neuer Trackpoint im System eingetroffen und man aktualisiert den Track, so wird dieser entsprechend neu gezeichnet.

Tabella A.38: ST13: Track verfolgen

ST14: Suchaufträge anzeigen

Testziel	Ein Retter sieht die ihm zugewiesenen, zu erledigenden Suchaufträge. Er hat aber auch die Möglichkeit, bereits abgeschlossene Suchaufträge nachzuladen.
Use Case	UC06
Vorbedingungen	▪ Der Retter ist authentifiziert
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Retter navigiert in der App zum Menüpunkt «Suchaufträge»2. Wählt «Alle Suchaufträge anzeigen»3. Aktualisiert die Liste über den Refresh-Button4. Wählt «Nur offene Suchaufträge anzeigen»5. Aktualisiert die Liste über den Refresh-Button»
Erwartetes Ergebnis	Dem Retter werden standardmässig alle offenen und laufenden Suchaufträge, die ihm zugewiesen wurden, angezeigt. Nach dem Klick auf «Alle Suchaufträge anzeigen» werden ebenfalls die abgeschlossenen Suchaufträge angezeigt. Wählt er wieder «Nur offene Suchaufträge» so verschwinden diese wieder. Beim Refresh wird die Liste entsprechend mit nur offenen/laufenden oder allen Suchaufträgen aktualisiert.

Tabella A.39: ST14: Suchaufträge anzeigen

ST15: Suchauftrag anzeigen

Testziel	Ein Retter kann zu einem Suchauftrag die Details begutachten.
Use Case	UC06
Vorbedingungen	▪ Der Retter hat eine Liste mit Suchaufträgen vor sich
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Retter wählt einen Suchauftrag aus der Liste aus.2. In den Details wählt er «Suchauftrag anzeigen»
Erwartetes Ergebnis	Nachdem er einen Suchauftrag aus der Liste ausgewählt hat, sieht er die Details zum entsprechenden Einsatz sowie dem Suchauftrag. Wählt er «Suchauftrag anzeigen» erscheint das Revier oder die Wegsuche auf der Karte. Ebenso erscheint der eigene Track seit dem Startzeitpunkt des Suchauftrages, die aktuelle eigene Position, falls vorhanden der Track der vermissten Person, falls vorhanden der Einsatzpunkt sowie allfällige Einsatzhinweise. Die Karte zoomt dabei auf den Suchauftrag.

Tabella A.40: ST15: Suchauftrag anzeigen

ST16: Suchauftrag starten

Testziel	Ein Retter kann einen Suchauftrag starten
Use Case	UC07
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">Der Retter hat einen offenen Suchauftrag aus der Liste ausgewählt und auf der Karte angezeigt.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">Der Retter wählt in der Bottom-Bar die Option «Suche starten»Er bestätigt die Meldung mit «Start»
Erwartetes Ergebnis	Dem Suchauftrag wurde nun das aktuelle Datum als Startzeitpunkt gesetzt. Die Option in der Bottom-Bar ändert sich zu «Suche abschliessen»

Tabella A.41: ST16: Suchauftrag starten

ST17: Suchauftrag abschliessen

Testziel	Ein Retter kann einen Suchauftrag abschliessen
Use Case	UC08
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">Der Retter hat einen laufenden Suchauftrag aus der Liste ausgewählt und auf der Karte angezeigt.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">Der Retter wählt in der Bottom-Bar die Option «Suche abschliessen»Er bestätigt die Meldung mit einem Kommentar und «Abschliessen»
Erwartetes Ergebnis	Dem Suchauftrag wurde nun das aktuelle Datum als Endzeitpunkt gesetzt. Die Option in der Bottom-Bar ändert sich zu «Suche wieder öffnen»

Tabella A.42: ST17: Suchauftrag abschliessen

ST18: Suchauftrag wieder öffnen

Testziel	Ein Retter kann einem abgeschlossenen Suchauftrag wieder öffnen
Use Case	UC09
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">Der Retter hat einen abgeschlossenen Suchauftrag aus der Liste ausgewählt und auf der Karte angezeigt.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">Der Retter wählt in der Bottom-Bar die Option «Suche wieder öffnen»Er bestätigt die Meldung mit «Öffnen»
Erwartetes Ergebnis	Dem Suchauftrag wurde nun der Endzeitpunkt entfernt. Die Option in der Bottom-Bar ändert sich zu «Suche abschliessen»

Tabella A.43: ST18: Suchauftrag wieder öffnen

ST19: Einsatzhinweis erstellen

Testziel	Ein Retter kann in einem laufenden Suchauftrag einen Einsatzhinweis erstellen.
Use Case	UC10
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">Der Retter hat einen laufenden Suchauftrag aus der Liste ausgewählt und auf der Karte angezeigt.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">Der Retter fügt einen Hinweismarker auf der Karte hinzu.Er verschiebt den Marker an die gewünschte StelleEr bestätigt den HinweisSchreibt einen KommentarBestätigt den Kommentar mit «Speichern»
Erwartetes Ergebnis	Dem Einsatz wurde nun ein Hinweis hinzugefügt. Dieser ist in der App sowie der Web-App ersichtlich.

Tabella A.44: ST19: Einsatzhinweis erstellen

ST20: Suche mit Drohne

Testziel	Ein Retter kann den Suchauftrag im Drohnencockpit begutachten.
Use Case	UC11
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">Der Retter hat einen Suchauftrag aus der Liste ausgewählt und auf der Karte angezeigt.In den Settings ist «Drohnenmodus» aktiviert.
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">Der Retter wählt in der Bottom-Bar die Option «Suche mit Drohne»
Erwartetes Ergebnis	Die Ansicht wechselt ins Drohnencockpit. Die Karte wird nun im Kleinformat dargestellt. Der Inhalt ist grundsätzlich identisch mit demjenigen der vorherigen Ansicht. Zusätzlich wird nun aber ein Marker A und B an beiden Enden des Suchauftrages angezeigt. Auf dem Suchauftrag selber sind nun mehrere Punkte zu sehen. Diese befinden sich mindestens an jedem Ecken und je nach Min/Max Einstellungen und Grösse des Suchauftrages auch dazwischen. Es existieren aber nicht mehr als 100 Punkte.

Tabella A.45: ST20: Suche mit Drohne

ST21: Suche mit Drohne mit kleinen Abständen

Testziel	Ein Retter kann den Suchauftrag im Drohnencockpit begutachten. Ist der Suchauftrag in einem Gebiet mit sehr vielen spitzen Höhen und Tiefen, macht es Sinn, die Abstände der Wegpunkte klein zu halten.
Use Case	UC11
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Retter hat einen Suchauftrag aus der Liste ausgewählt und auf der Karte angezeigt.▪ In den Settings ist der «Drohnenmodus» aktiviert. Minimale und maximale Distanz sind auf 3m eingestellt
Durchführung	1. Der Retter wählt in der Bottom-Bar die Option «Suche mit Drohne»
Erwartetes Ergebnis	Selbes Ergebnis wie bei Systemtest «ST20: Suche mit Drohne». Zusätzlich ist nach etwa 300m (100 Punkten) ein Marker A' sowie B' vorhanden.

Tabella A.46: ST21: Suche mit Drohne mit kleinen Abständen

ST22: Suchauftrag mit Drohne fliegen

Testziel	Ein Retter kann sich in der App mit der Drohne verbinden und mit dieser interagieren. Der Track der Drohne wird dabei an das System übermittelt.
Use Case	UC12
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Retter hat einen laufenden Suchauftrag aus der Liste ausgewählt und auf der Karte angezeigt.▪ Der Retter hat in den Drohnenmodus gewechselt▪ Es ist eine Drohne mit der Fernsteuerung und das Smartphone mit der Fernsteuerung verbunden.
Durchführung	1. Der Retter hebt mit der Drohne ab und fliegt manuell
Erwartetes Ergebnis	Der Drohnenpilot kann mit der Drohne in seiner gewohnten Umgebung fliegen und hat stets die aktuelle Position der Drohne sowie das Kamerabild zur Verfügung. Der Track der Drohne wird dabei ans System übermittelt und ist in den Suchauftragsdetails ersichtlich.

Tabella A.47: ST22: Suchauftrag mit Drohne fliegen

ST23: Autonome Drohnensuche durchführen

Testziel	Ein Retter kann einen Suchauftrag autonom von einer Drohne abfliegen lassen.
Use Case	UC12a
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Retter hat einen Suchauftrag aus der Liste ausgewählt, auf der Karte angezeigt und in den Drohnenmodus gewechselt▪ Es ist eine Drohne mit der Fernsteuerung und das Smartphone mit der Fernsteuerung verbunden.▪ Die Drohne hat GPS Signal
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Drohnenpilot klickt auf «Autonom Starten»2. Er kann die Parameter Höhe (75m), Geschwindigkeit (15km/h), Startpunkt (Nächster), Aktion nach Ende (Später fragen) und Kameraneigung (-45°) anpassen.3. Bestätigt mit «Start» den Start der autonomen Suche
Erwartetes Ergebnis	Die App lädt alle Daten auf die Drohne, was einige Sekunden dauern kann. Anschliessend hebt die Drohne ab und fliegt zunächst senkrecht auf die eingestellte Höhe. Anschliessend fliegt sie die Wegpunkte selbstständig ab und behält dabei immer den ungefähren Abstand der eingestellten Höhe zum Boden. Ist der Suchauftrag absolviert, wird der Drohnenpilot informiert und kann das weitere Vorgehen definieren.

Tabella A.48: ST23: Autonome Drohnensuche durchführen

ST24: Autonome Drohnensuche pausieren

Testziel	Ein Retter kann einen autonomen Suchauftrag pausieren. Dies bietet ihm die Möglichkeit bei kritischen Situationen einzugreifen und sich ohne Hektik das weitere Vorgehen zu überlegen.
Use Case	UC12b
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag gestartet
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Währendem die Drohne fliegt, klickt der Drohnenpilot auf «Pause»2. Er kann die Drohne um die horizontale Achse drehen und auf dem definierten Pfad manuell zurück oder nach vorne fliegen.
Erwartetes Ergebnis	Sobald der Drohnenpilot auf «Pause» drückt, bremst die Drohne augenblicklich ab und bleibt in der Luft stehen. Der Pilot kann die Drohne um die horizontale Achse bewegen, auf dem definierten Pfad manuell vor und zurück fliegen und die Kamera bedienen.

Tabella A.49: ST24: Autonome Drohnensuche pausieren

ST25: Autonome Drohnensuche fortsetzen

Testziel	Ein Retter kann einen pausierten Suchauftrag fortsetzen.
Use Case	UC12c
Vorbedingungen	▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag pausiert
Durchführung	1. Der Pilot klickt auf die Option «Pause beenden» 2. Im Menü wählt er den Punkt «Fortsetzen»
Erwartetes Ergebnis	Die Drohne setzt die Suche auf demselben Pfad fort.

Tabella A.50: ST25: Autonome Drohnensuche fortsetzen

ST26: Autonome Drohnensuche abbrechen

Testziel	Ein Retter kann einen Suchauftrag abbrechen und die volle Kontrolle über die Drohne zurückerlangen, falls das zu überfliegende Gebiet an Bedeutung verloren hat oder die Situation zu heikel wird.
Use Case	UC12d
Vorbedingungen	▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag pausiert
Durchführung	1. Der Pilot klickt auf die Option «Pause beenden» 2. Im Menü wählt er den Punkt «Beenden» 3. Im Menü wählt er eine Option Nichts unternehmen
Erwartetes Ergebnis	Die Drohne bricht den autonomen Suchauftrag ab. Somit bleibt sie weiterhin in der Luft stehen, der Drohnenpilot hat jetzt aber wieder volle Kontrolle über die Drohne und kann frei fliegen. Die Drohne ist bereit einen neuen Suchauftrag zu starten.

Tabella A.51: ST26: Autonome Drohnensuche abbrechen

ST27: Autonome Drohnensuche abbrechen – zurückkehren

Testziel	Ein Retter kann einen Suchauftrag abbrechen falls das zu überfliegende Gebiet an Bedeutung verloren hat oder die Situation zu heikel wird. Die Drohne kehrt auf direktem Weg zurück zur Basis.
Use Case	UC12d
Vorbedingungen	▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag pausiert
Durchführung	1. Der Pilot klickt auf die Option «Pause beenden» 2. Im Menü wählt er den Punkt «Beenden» 3. Im Menü wählt er eine Option Go Home
Erwartetes Ergebnis	Falls sich die Drohne unter der konfigurierten Starthöhe befindet, steigt diese zuerst auf diejenige Höhe. Ist sie bereits höher, verwendet sie die aktuelle Höhe. Anschliessend fliegt sie auf direktem Weg zurück zur Basis und landet präzise mit nur minimaler Abweichung (1x1m) an der gestarteten Stelle. Die Drohne ist bereit einen neuen Suchauftrag zu starten.

Tabella A.52: ST27: Autonome Drohnensuche abbrechen – zurückkehren

ST28: Autonome Drohnensuche abbrechen – landen

Testziel	Ein Retter kann einen Suchauftrag abbrechen falls das zu überfliegende Gebiet an Bedeutung verloren hat oder die Situation zu heikel wird. Befindet sich die Drohne gerade über einer zweiten Basis, kann der Pilot die Drohne auch direkt vor Ort landen lassen um beispielsweise einen Akkuwechsel durchführen zu lassen.
Use Case	UC12d
Vorbedingungen	▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag pausiert
Durchführung	1. Der Pilot klickt auf die Option «Pause beenden» 2. Im Menü wählt er den Punkt «Beenden» 3. Im Menü wählt er eine Option Landen
Erwartetes Ergebnis	Die Drohne beginnt direkt sich zu senken und landet automatisch vor Ort.

Tabelle A.53: ST28: Autonome Drohnensuche abbrechen – landen

ST29: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen

Testziel	Ein Retter kann einen autonomen Suchauftrag unterbrechen und die volle Kontrolle über die Drohne zurückerlangen, wenn er sich ein Gebiet genauer ansehen möchte, dass etwas vom definierten Pfad abweicht. Eventuell möchte er die Situation auch nur von geringerer Höhe betrachten.
Use Case	UC12e
Vorbedingungen	▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag pausiert
Durchführung	1. Der Pilot klickt auf die Option «Pause beenden» 2. Im Menü wählt er den Punkt «Manuell übernehmen»
Erwartetes Ergebnis	Der Drohnenpilot hat volle Kontrolle über die Drohne und kann frei fliegen. Anstatt die Möglichkeit eine neue autonome Suche zu starten, hat er die Möglichkeit den aktuellen Suchauftrag wieder fortzusetzen.

Tabelle A.54: ST29: Autonome Drohnensuche unterbrechen und manuelles Fliegen

ST30: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – ursprüngliche Höhe

Testziel	Nachdem ein Drohnenpilot die autonome Suche unterbrochen hat und manuell geflogen ist, sich eine Position z.B. von sehr tiefer Höhe ansehen wollte, kann er den Suchauftrag wieder auf der ursprünglichen Höhe fortsetzen.
Use Case	UC12f
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag unterbrochen und manuell übernommen
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Drohnenpilot fliegt weiter nach unten um sich etwas genauer anzusehen2. Er wählt die Option «Autonom fortsetzen»3. Im Menü wählt er «Ursprüngliche Höhe»
Erwartetes Ergebnis	Sobald er die autonome Suche fortsetzt, steigt die Drohne wieder auf die ursprüngliche Höhe und fliegt dann zu dem Standort zurück, wo die autonome Suche unterbrochen wurde. Anschliessend setzt sie die Suche wie gewohnt fort.

Tabelle A.55: ST30: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – ursprüngliche Höhe

ST31: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – aktuelle Höhe

Testziel	Kommt die Drohne bei einer autonomen Suche z.B. einem Berghang zu nahe und der Drohnenpilot möchte auf Nummer sicher gehen, kann er die autonome Suche unterbrechen, die Höhe anpassen und den Suchauftrag auf der angepassten Höhe fortsetzen.
Use Case	UC12f
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag unterbrochen und manuell übernommen
Durchführung	<ol style="list-style-type: none">1. Der Drohnenpilot fliegt weiter nach oben um sich zusätzlichen Abstand zum Boden zu verschaffen2. Er wählt die Option «Autonom fortsetzen»3. Im Menü wählt er «Aktuelle Höhe»
Erwartetes Ergebnis	Sobald er die autonome Suche fortsetzt, fliegt die Drohne direkt auf der aktuellen Höhe zu dem Standort zurück, wo die autonome Suche unterbrochen wurde. Anschliessend setzt sie die Suche wie gewohnt, einfach mit grösserem Abstand zum Boden fort.

Tabelle A.56: ST31: Unterbrochene Drohnensuche fortsetzen – aktuelle Höhe

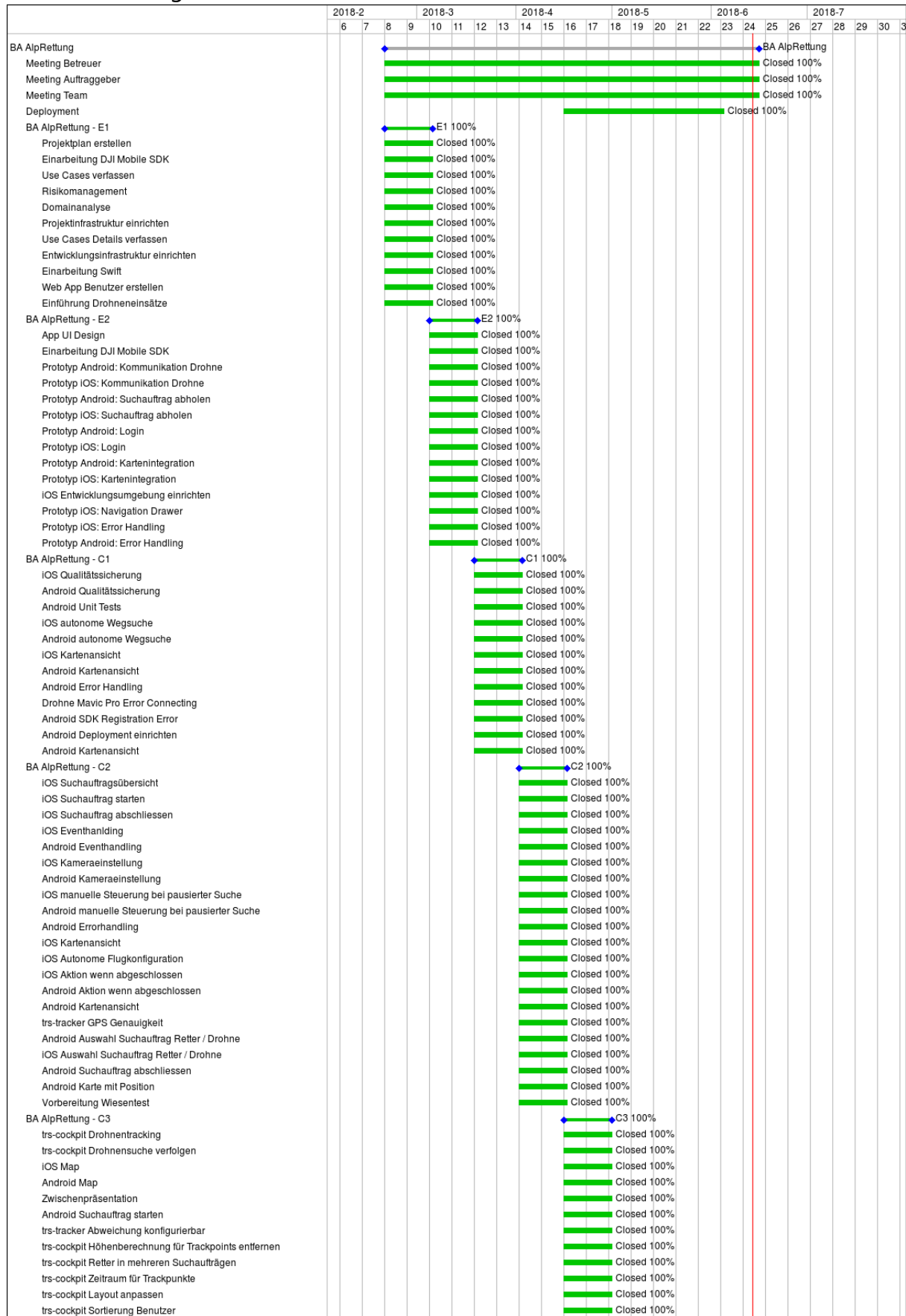
ST32: Autonome Drohnensuche beenden

Testziel	Hat die Drohne einen Suchauftrag komplett absolviert, kann eine Abschlussaktion gewählt werden. Diese kann aber auch bereits beim Konfigurieren der Startparameter definiert werden. Nebst den drei Optionen Nichts unternehmen, Go Home und Landen die bereits beim Abbrechen verfügbar sind, gibt es auch die Möglichkeit «Gleicher Weg zurück» um denselben Suchauftrag nun retour nochmals abzufliegen.
Use Case	UC12g
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none">▪ Der Drohnenpilot hat einen autonomen Suchauftrag gestartet und komplett absolviert.
Durchführung	1. Der Drohnenpilot wählt die Option «Gleicher Weg zurück»
Erwartetes Ergebnis	Die Drohne fliegt denselben Suchauftrag nun in die entgegengesetzte Richtung. Während dem Rückflug können alle Interaktionen mit der Drohne vorgenommen werden. Am Ziel angekommen, ist die Drohne bereit für eine neue autonome Suche.

Tabelle A.57: ST32: Autonome Drohnensuche beenden

A.3 Projektmanagement Detail

A.3.1 Gant Diagramm



Wiesentest	Closed 100%
Deployment trs-drone Apps	Closed 100%
iOS Drohnentracking	Closed 100%
Android Drohnentracking	Closed 100%
trs-cockpit: Layout anpassen	Closed 100%
iOS Drohnensettings	Closed 100%
Android Drohnensetting	Closed 100%
trs-cockpit: Altitude	Closed 100%
BA AlpRettung - C4	C4 100%
iOS Höhenhandlung	Closed 100%
Android Höhenhandlung	Closed 100%
Android 8 Mapbox wird nicht angezeigt	Closed 100%
trs-cockpit: LV03 zu LV95	Closed 100%
trs-cockpit Suchaufträge ändern	Closed 100%
iOS Offene Suchaufträge separat laden	Closed 100%
Android Offene Suchaufträge separat laden	Closed 100%
iOS Gleicher Weg zurück	Closed 100%
iOS Startauswahl	Closed 100%
Android Startauswahl	Closed 100%
trs-cockpit Einsätze ändern	Closed 100%
iOS MapController	Closed 100%
Vorbereitung Gebirgstest	Closed 100%
Gebirgstest	Closed 100%
Höhentest	Closed 100%
Systemtests definieren	Closed 100%
Systemtests durchführen	Closed 100%
Wegaufteilung	Closed 100%
BA AlpRettung - C5	C5 100%
iOS Timeout Bug	Closed 100%
iOS CleanCode	Closed 100%
Android CleanCode	Closed 100%
iOS APAS und Precision Landing	Closed 100%
Android APAS und Precision Landing	Closed 100%
iOS Credentials speichern	Closed 100%
iOS mehrere Einsatzpunkte	Closed 100%
Android mehrere Einsatzpunkte	Closed 100%
iOS Trackaufzeichnung	Closed 100%
trs-cockpit: mehrere Einsatzpunkte	Closed 100%
Android Drohnentrackpoints laden	Closed 100%
trs-cockpit Drohnenlöschen	Closed 100%
trs-cockpit Hinweismarker grün	Closed 100%
Android Rettertrack aktualisieren	Closed 100%
Android eingeloggt bleiben	Closed 100%
trs-cockpit Letzte Positionen unterschiedlich	Closed 100%
Android Fehlermeldungen in Suchauftragsliste	Closed 100%
trs-cockpit Trackpoint Export	Closed 100%
Android eigener Track aktualisieren	Closed 100%
Android Hinweis-Marker Kommentar nicht sichtbar	Closed 100%
Sensorentest	Closed 100%
Swisstopo Höhenangaben	Closed 100%
BA AlpRettung - C6	C6 100%
iOS Unit Tests	Closed 100%
Android Unit Tests	Closed 100%
trs-cockpit Trackpoint Export als KML	Closed 100%
Vorbereitung 2.Gebirgstest	Closed 100%
iOS Swisstopo Höhenangaben	Closed 100%
iOS Home Track	Closed 100%
Android GoHome via Wegpunkte	Closed 100%
Android Retter-Track auf Startseite	Closed 100%
2. Gebirgstest	Closed 100%
iOS Erster Wegpunkt	Closed 100%
trs-cockpit Hinweis-Marker löschen	Closed 100%
Android Kartenzoom	Closed 100%
Android erster Wegpunkt	Closed 100%
Domainmodell überarbeiten	Closed 100%
Use Cases überarbeiten	Closed 100%
Android Missionhandling	Closed 100%
Android Clean Code und Testing	Closed 100%
Drohnentrack absolute Höhe	Closed 100%
BA AlpRettung - T1	T1 100%
Systemtests nachtragen	Closed 100%
Abstract	Closed 100%
Poster	Closed 100%
Präsentation vorbereiten	Closed 100%
Abgabe	Closed 100%
Schlussbericht zusammenstellen	Closed 100%
Persönliches Fazit	Closed 100%
Ergebnisdokumentation	Closed 100%
Ausstellung	Closed 100%
Abschliessender Ersteininsatz	Closed 100%
Test Exportfunktion Trackingdaten	Closed 100%

A.4 Risikomanagement Detail

A.4.1 Risiko-Analyse in der Elaboration-Phase

Risiko	Max. Schaden [h]	Eintrittswahrscheinlichkeit in %	Gewichteter Schaden [h]
R1	8	5	0.4
R2	8	5	0.4
R3	6	10	0.6
R4	4	10	0.4
R5	32	40	12.8
R6	16	10	1.6
R7	32	40	12.8
R8	16	5	0.8
R9	32	25	8
R10	4	15	0.6
R11	4	15	0.6
R12	16	40	6.4
Total	176		45.4

Tabella A.58: Risiko-Analyse in der Elaboration-Phase

A.4.2 Risiko-Analyse in der Construction-Phase

Risiko	Max. Schaden [h]	Eintrittswahrscheinlichkeit in %	Gewichteter Schaden [h]
R1	8	5	0.4
R2	8	5	0.4
R3	6	10	0.6
R4	4	10	0.4
R5	32	5	1.6
R6	32	5	1.6
R7	32	10	3.2
R8	16	5	0.8
R9	32	10	3.2
R10	8	15	1.2
R11	4	5	0.2
R12	32	5	1.6
Total	214		15.2

Tabella A.59: Risiko-Analyse in der Construction-Phase