

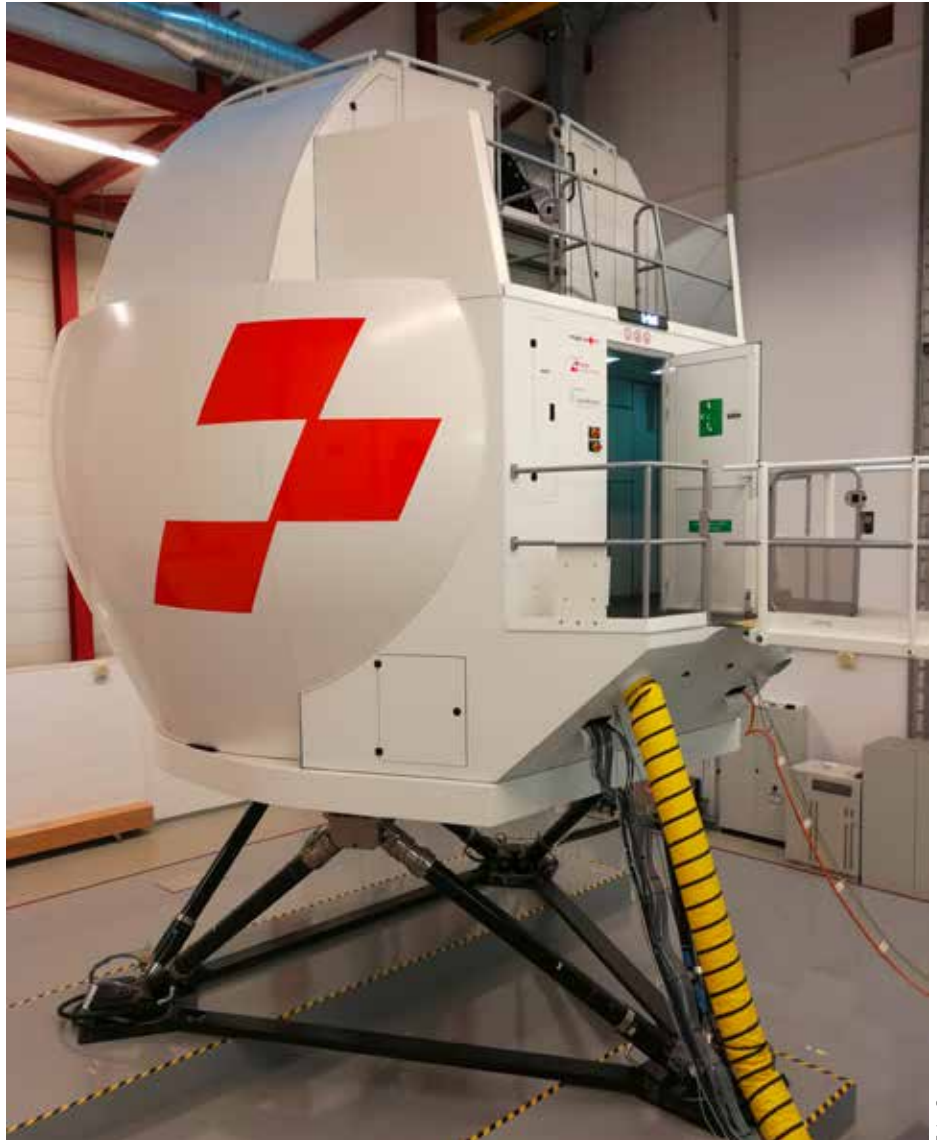
Ausgezeichnete Methode für mehr Sicherheit in der Rettungsfliegerei

Die Schweizerische Vereinigung für Flugwissenschaften (SVFW) verleiht periodisch – in der Regel jährlich – den Jakob Ackeret-Preis zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in der schweizerischen Luftfahrt. Sie würdigt damit herausragende Leistungen junger, von der Fliegerei faszinierter Studentinnen und Studenten oder wissenschaftlicher Mitarbeitenden. Preisträgerin in diesem Jahr ist Roxane Pott.

Die Preisausschreibung der SVFW richtet sich an Studentinnen und Studenten der ETHs, Universitäten, Hochschulen und Fachhochschulen sowie wissenschaftliche Mitarbeitende in Akademie und Industrie, welche jünger sind als 35 Jahre. Der Preis wird vergeben für herausragende Arbeiten mit Bezug zur Schweizer Luftfahrt. Dabei kann es sich um Studentenarbeiten (Semester-, Bachelor- oder Masterarbeiten), Dissertationen oder nichtklassifizierte Forschungsarbeiten aus Akademie und Industrie handeln. Die Themengebiete sind weit gefasst, Bewerbungen können aus Luftfahrttechnologie, Operation, Organisation und Management, Logistik oder Luftfahrtrecht stammen.

Preis für Methode zur Auslegung von optimierten Flugbahnen

Der Preis für das Jahr 2020 wird an Roxane Pott verliehen für ihre Masterarbeit, die sie an der ETH Zürich im Institut für Geodäsie und Photogrammetrie unter der Leitung von Prof. Dr. Alain Geiger als Abschluss ihres Geomatik-Studiums verfasst hat. Im Rahmen ihrer Arbeit entwickelte sie eine Methode zur Auslegung von optimierten Flugbahnen, die beispielsweise bei schwierigen Wetterbedingungen in gebirgigem Gelände für die Rettungsfliegerei zukünftig zur Anwendung kommen können. Die Masterarbeit von Roxane Pott trägt den Titel «Safety Critical Optimization of IFR – Low Level Trajectories in Alpine Areas»



Im Helikoptersimulator der REGA konnten die simulierten Flugbahnen und die berechneten Wahrscheinlichkeiten von Kollisionen mit dem Gelände erfolgreich überprüft werden.

und adressiert die numerische Generierung von nach bestimmten Kriterien optimierten Flugbahnen für Helikopter im alpinen Gelände. Grundsätzlich können Flüge in Alpentälern nach Sichtflugregeln (VFR) oder bei schlechter Sicht unter Instrumentenflugregeln (IFR) durchgeführt werden. Unter VFR-Bedingungen benötigt der Pilot eine Horizontalsicht von mindestens 1,5 Kilometern und hat bestimmte regulatorisch vorgegebene Horizontal- und Vertikaldistanzen zu Wolken einzuhalten. Die Flugwege können in niedriger Höhe und relativ nahe an Hindernissen vorbeiführen und ermöglichen insbesondere in alpinem Gelände optimale Flugzeiten zwischen Start- und Destinationsort. Muss infolge schlechter Meteo-Bedingungen in den Instrumentenflug gewechselt werden, sind aus Sicherheitsgründen Flughöhe und Abstand zu Hindernissen grösser, um die Gefahr von Kollisionen mit dem Gelände oder mit künstlichen Hindernissen wie Stromleitungen oder Seilen von Transportanlagen zu minimieren. Der durch die regulatorischen und auch technischen – durch die Genauigkeit der Navigationseinrichtungen bedingte – Vorgaben resultierende Flugweg

führen und ermöglichen insbesondere in alpinem Gelände optimale Flugzeiten zwischen Start- und Destinationsort. Muss infolge schlechter Meteo-Bedingungen in den Instrumentenflug gewechselt werden, sind aus Sicherheitsgründen Flughöhe und Abstand zu Hindernissen grösser, um die Gefahr von Kollisionen mit dem Gelände oder mit künstlichen Hindernissen wie Stromleitungen oder Seilen von Transportanlagen zu minimieren. Der durch die regulatorischen und auch technischen – durch die Genauigkeit der Navigationseinrichtungen bedingte – Vorgaben resultierende Flugweg

Jakob Ackeret

Jakob Ackeret (1898 – 1981) war von 1931 bis zu seiner Emeritierung 1967 Professor der ETH Zürich, wo er das Institut für Aerodynamik gründete und leitete. Von ihm stammen wichtige theoretische Grundlagen der Strömungslehre, die breite Anwendungen im Maschinenbau und Flugwesen fanden. Zu seinen wichtigsten Arbeiten gehören die Forschungen zum Überschallflug und visionäre Konzepte von Verkehrsflugzeugen. In seiner Habilitationsschrift schlug er den Begriff der Mach-Zahl vor. Unter seiner Leitung entstanden die beiden weltweit ersten Überschall-Windkanäle mit geschlossenem Kreislauf, die ab 1934 an der ETH Zürich und im italienischen Flugversuchszentrum Guidona in Betrieb genommen wurden. Als Antrieb diente ein von Ackeret und Claude Seippel (BBC) konzipierter mehrstufiger Axialverdichter, der als Ursprung der Kompressoren der Jettriebwerke angesehen werden kann. Eingeführt wurden die Axialverdichter in den militärischen Triebwerken ab 1940, nach dem Krieg auch bei Ziviltriebwerken. Die industrielle Nutzung erfolgte erst in den Fünfziger-Jahren. Diese Schweizer Pionierleistung kann nicht hoch genug bewertet werden.

verläuft in grösserer Höhe und ist in der Regel länger als beim Flug auf Sicht. Folgen davon sind eine längere Flugzeit, ein höherer Treibstoffverbrauch und auch eine erhöhte Gefahr von Vereisung. Unter vielen Wetterbedingungen ist der Einsatz von Helikoptern mit den heutigen technischen Möglichkeiten im Gebirge eingeschränkt oder gar unmöglich. Die Generierung von sicheren Flugwegen in geringer Flughöhe auch unter IFR-Bedingungen ist ein grosses Bedürfnis der Rettungsflierei.

Simulationsansatz

Der heute etablierte Ansatz zur Trajektoriengestaltung unter Instrumentenflugbedingungen beruht auf vordefinierten No-go-Zonen und grossen dreidimensionalen Sicherheitsmargen. Das Ergebnis ist eine Flugbahn in grosser Höhe, die die obengenannten Nachteile aufweist und oftmals ein erhöhtes Risiko von Vereisung an den Rotorblättern birgt. Derzeit ist keine Methode der Flugbahnberechnung bekannt, die Kollisionswahrscheinlichkeiten für den Entwurf einer Flugbahn verwendet.

In ihrer Arbeit verfolgt Roxane Pott einen Ansatz, der auf einer vorgegebenen maximal tolerierbaren Terrain- und Hindernis-Kollisionswahrscheinlichkeit und einem Mindestabstand zum Gelände basiert. Im Unterschied auch zu vielen Minimierungsalgorithmen und -programmen wurde die real berechnete Kollisionswahrscheinlichkeit mit dem Gelände auf Grund von Navigations-Unsicherheiten herangezogen. Dies erlaubt es, an jedem Punkt der Trajektorie eine optimale, den tatsächlichen Terrainkollisionswahrscheinlichkeiten entsprechende Flughöhe zu berechnen. Eine Constraint-Linie (Zwangslinie), d.h. eine Linie, die die Vorgaben bezüglich Kollisionswahrscheinlichkeit und Mindestflughöhe einhält, wird rechnerisch modelliert. Die Flugbahn darf nicht unter dieser Constraint-Linie liegen. Der Optimierungsprozess wird durch Flugrestriktionen respektive Flugleistungen

Gemeinsam für eine sichere Schweiz!

Damit wir auch künftig in einem sicheren Land leben: Wir setzen uns als Fach- und Kampagnenorganisation für eine ganzheitliche, integrierte und langfristige Sicherheitspolitik ein!



Werden Sie jetzt Mitglied bei
der Allianz Sicherheit Schweiz:
info@allianzsicherheit.ch

Jetzt spenden:

Verein für eine sichere Schweiz,
Rubrik Allianz Sicherheit, 6000 Luzern
IBAN: CH69 0900 0000 8517 0575 5

Weitere Informationen unter:
www.allianzsicherheit.ch

Allianz
Sicherheit
Schweiz



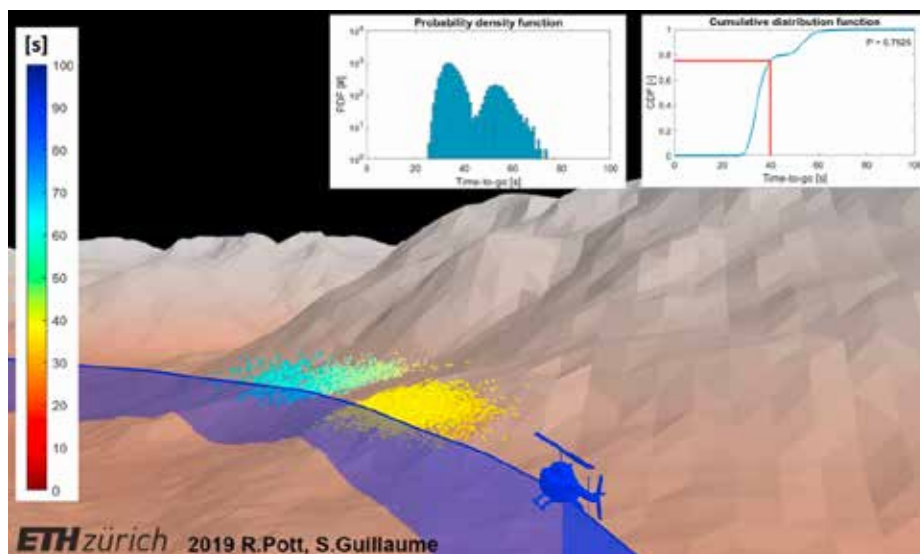
des eingesetzten Helikopters (z.B. maximale Steig- und Sinkraten, Kurvenflug usw.) begrenzt und muss die Zielfunktionen minimieren. Diese Funktionen berücksichtigen die Höhendifferenz zwischen der Trajektorie und der Zwangslinie sowie die Zeit, die zum Fliegen einer Trajektorie benötigt wird. Die resultierende optimale Trajektorie erfüllt jede Nebenbedingung und hat eine glatte Form. Als zusätzliche Neuerung wird eine Vorwärts-Kollisionswahrscheinlichkeit eingeführt, die anhand der System- und Filterfehler der im Helikopter eingebauten Navigationsgeräte ermittelt wird. Die mögliche Geländekollisionszeit (Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit dem Gelände nach z.B. 6 Sekunden) wird zur Validierung der optimierten Trajektorie verwendet. Dabei können kritische Bereiche identifiziert werden. Ein solches Verfahren macht die Abgrenzung von Schutzflächen überflüssig und ermöglicht eine geländeangepasste Flugbahngestaltung.

Überprüfung im Flugsimulator

Zur Überprüfung der Praxistauglichkeit wurde eine optimierte Flugbahn-Trajektorie im Flugsimulator der REGA nachgeflogen. Die vorgeschlagene Flugbahn erwies sich als gut fliegar, warschneller als die auf bestehenden, konservativen Regeln geplanten Flugwege und verlief genügend tief, um Vereisungen zu vermeiden. Zudem führte die optimierte Flugbahn zu einem geringeren Energiebedarf und somit zu verminderstem Treibstoffverbrauch.

Ausblick

Die Ergebnisse dieses Projekts sind die ersten Schritte in einem umfangreichen Forschungsthema und bieten die Möglichkeit für weitere Untersuchungen. So wurden etwa die Lageunsicherheiten als konstant und unabhängig von der Topografie betrachtet. Es ist jedoch bekannt, dass gerade bei GNSS-Positionen die Unsicherheiten stark durch die geländebedingten, verschlechterten Empfangsbedingungen beeinflusst sind. Die Angaben aus dem GNSS-System sind zeitabhängig und variieren je nach Geländesituation resp. der Anzahl erfasster Satelliten. Der Einbezug dieses Elements in die Simulation würde erhebliche zusätzliche Rechenleistung erfordern und es müsste ein erweiterter Simulationsansatz definiert werden. Nebst der in der vorliegenden Arbeit besprochenen Höhenoptimierung wäre es interessant, auch die planimetrische Optimierung zu berücksichtigen. Dieser Ansatz erfordert die Verwendung von genetischen Algorithmen



Optimierte Trajektorie (blaue Linie) mit Vorwärts-Time-to-go-Kollisionswahrscheinlichkeiten. Die Projektion der Trajektorie auf das Terrain ist ebenfalls dargestellt. Die Farbpunkte in Vorwärtsrichtung zeigen die Kollisionsorte, falls der Helikopter (blau) mit dem gegenwärtigen Flugzustand und den von den Systemen gegebenen Unsicherheiten weiterflöge, wobei die Farbe die Dauer (sec) bis zur Kollision zeigt. Die Wahrscheinlichkeitsdichte und auch die entsprechende kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilung zeigen, dass in diesem Moment in den nächsten etwa 20 Sekunden eine Kollision mit dem Gelände sehr unwahrscheinlich ist.

und bedingt weitere Forschung, um eine effiziente und robuste Methode zu implementieren. Dieser Aspekt ist wichtig, um den Optimierungsprozess zu verallgemeinern und um die Notwendigkeit einer anfänglichen Eingangstrajektorie zu beseitigen. Bei einer solchen Methode wird die Flugbahn eher um ein Hindernis herum als darüber hinweg geführt. Schliesslich muss der Pilot beim Auftreten eines unerwarteten Ereignisses in der Lage sein, umzudrehen (d. h.

ein «Teardrop procedure» durchzuführen) und zum Startpunkt des Flugs zurückzukehren. Das Teardrop procedure ist daher ein wichtiges Element zur Gewährleistung der Flugsicherheit. Dieses Verfahren ist noch nicht in den Optimierungsprozess implementiert, sollte aber in zukünftigen Forschungen berücksichtigt werden. **CP**

Roxane Pott / Jürg Wildi

Zur Person – Roxane Pott

Roxane Pott, in Sitten geboren, hat die Grundschulen im Wallis besucht. Schon früh haben sie Mathematik und literarische Themen angezogen. Die mathematischen Fähigkeiten haben den Weg zum Studium an der EPFL gewiesen, wo sie ihren Bachelor-Abschluss in der Fachrichtung «Sciences et ingénierie de l'environnement» erlangte. Besonderes Interesse brachte sie im Studium der Geomatik entgegen. Nach einem einjährigen Praktikum in einem Vermessungsbüro wechselte sie ins Masterstudium an der ETH Zürich. Am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie schrieb sie ihre Masterarbeit, die mit dem Jakob Ackeret-Preis der Schweizerischen Vereinigung für Flugwissenschaften ausgezeichnet wurde. Heute ist Roxane Pott beim Bundesamt für Landestopografie Swisstopo als Projektleiterin tätig.

