

AUTOMATISCHER START UND LANDUNG EINER DIAMOND DA42, TECHNOLOGIEN DER UNIVERSITÄT STUTTGART

Dries, C.*; Fichter, W.⁺; Joos, A.⁺; Mayerbuch, I.*; Müller, P.[§]; Pinchetti, F.⁺; Reichel, R.[§];
Riebeling, R.-R.[§]; Stephan, J.⁺; Volck, M.*

* *Diamond Aircraft Industries GmbH, Wiener Neustadt, Austria*

⁺ *Institut für Flugmechanik und Flugregelung, Universität Stuttgart, Germany*

[§] *Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, Germany*

Kontakt: ifr@ifr.uni-stuttgart.de

Abstract

In diesem Dokument wird ein Flugsteuerungssystem mit seinen Funktionen für Flugführung und Flugregelung beschrieben, das entwickelt wurde um ein Flugzeug der Kategorie CS-23 vom Start bis zur Landung komplett automatisch zu betreiben. Sämtliche Funktionen werden an Bord und ohne Verwendung von Infrastruktur am Boden ausgeführt. Flugtestergebnisse, die im Sommer 2015 mit einer Diamond DA42 gewonnen wurden, demonstrieren die Funktionsfähigkeit der beschriebenen Entwicklungen unter realen Bedingungen.

Im Rahmen des Projekts FlySmart – FBW23 (Förderung durch LuFo IV/4) entwickelte die Universität Stuttgart, Institut für Flugmechanik und Flugregelung (iFR), Institut für Luftfahrtsysteme (ILS), ein Flugsteuerungssystem für automatischen Start, Reiseflug und Landung von Flugzeugen der Kategorie CS-23. Am 26.08.2015 wurde in Wiener Neustadt, Österreich gemeinsam mit den Partnern Diamond Aircraft Industries GmbH (DAI), Airbus DS Airborne Solutions GmbH, AvioTech GmbH und SET GmbH erfolgreich die erste automatische Landung der zweimotorigen DA42 demonstriert. Der erste vollautomatische Flug bestehend aus automatischem Start, dem automatischen Abflug eines vordefinierten Flugplans und der automatischen Landung bis zum Stillstand fand am 17.09.2015 statt.

Konzept und Umsetzung des Flugsteuerungssystems wurde verantwortlich von den beiden

Stuttgarter Partnern iFR (Entwurf der Flugführung und Flugregelung) und ILS (Entwurf des Flugsteuerungssystems) durchgeführt.



Abbildung 1: FlySmart Versuchsträger Diamond DA42

Flugführung und Flugregelung

Die Funktionen der Flugführung und Flugregelung, welche alle Phasen einer automatischen Mission einschließen, wurden am Institut für Flugmechanik und Flugregelung entwickelt.

Um eine flächendeckende Anwendung zu ermöglichen, wurden sie unter Verzicht bodengestützter Systeme wie die eines Instrumentenlandesystems umgesetzt.

Maßgebliches Ziel im Design der Flugregelung war einerseits das Bestreben den Komplexitätsgrad der Algorithmen zu minimieren und andererseits eine möglichst einfache Übertragbarkeit zwischen verschiedenen Flugzeugen der CS-23 Klasse zu ermöglichen. Dieser Fokus führte auf eine Struktur der Algorithmen mit einer minimalen Anzahl an flugzeugspezifischen Parametern. Die entwickelten Funktionen bestehen aus den Hauptkomponenten

- Bahnplanung,
- Zustandsautomat für Flugphasen,
- Flugführung
- und Flugregelung,

die ausschließlich bordautonom ausgeführt werden.

Der Bahnplanungsalgorithmus berechnet auf der Basis gegebener Wegpunkte global gültige Spline-Kurven, die Standardverfahren des Instrumentenflugs entsprechen (vgl. Abb. 2).

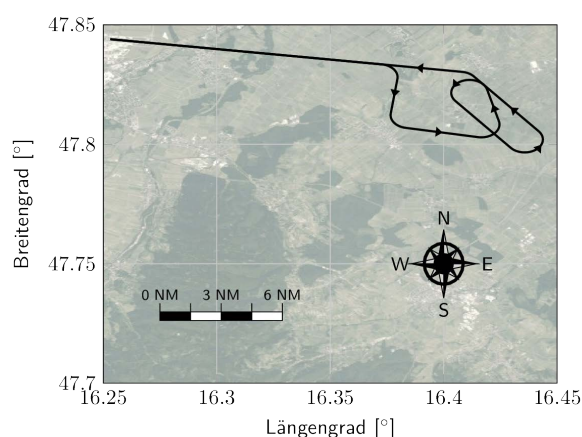


Abbildung 2: Beispielhafte automatisch geplante Flugbahn mit Start und Landung

Die erzeugten Bahnen decken alle Flugphasen einer automatischen Mission inklusive Start und Landung ab. Die Übergänge zwischen

allen Phasen werden durch den Algorithmus als stetige und glatte Manöver geplant. Die Fliegbarkeit der gesamten Bahn wird durch die Berücksichtigung der Flugzeugenveloppe im Planungsprozess erreicht. Dazu werden unter anderem die zulässigen Fluggeschwindigkeiten, die erlaubten Flughöhen, die verfügbare Reichweite und die erforderliche Länge der Landebahn berücksichtigt. Der Zustandsautomat aktiviert die für die aktuelle Phase der Mission benötigten Regelkreise, leitet Änderungen der Konfiguration (Klappen- und Fahrwerkszustand) ein und aktiviert die Bremsen. Weiterhin berücksichtigt er Freigaben für Start und Landung. Die Flugführung und -regelung minimiert die Positions- und Geschwindigkeitsfehler und stellt gleichzeitig ein ruhiges und stetiges Flugverhalten sicher. Als Steuerungen werden neben den aerodynamischen Stellflächen der Schub und der Lenkwinkel des Bugrades verwendet. Die dynamischen Eigenschaften des Flugzeugs, Kopplungen zwischen den Bewegungsachsen werden dabei ebenso berücksichtigt, wie der Flugzustand und die Konfiguration. Durch einen systematischen und automatisierten Entwurf dieser Funktionen ist die Übertragbarkeit auf andere Flugzeugtypen weitestgehend gewährleistet.

Die Funktionen wurden im August und September 2015 in mehreren Flugkampagnen auf und in der Nähe des Flughafens in Wiener Neustadt mit Unterstützung des Flight Test Teams von Diamond Aircraft Industries GmbH demonstriert. Die gemittelten Positionsfehler relativ zur geplanten Bahn lagen bei unter 4m in horizontaler Richtung und bei 2m in vertikaler Richtung. Die mittlere Abweichung von der vorgegebenen Fluggeschwindigkeit lag unter 1m/s.

Der zeitliche Verlauf einer beispielhaften Landung ist in Abbildung 3 dargestellt, wobei die linke Achse den Nickwinkel und die rechte Achse die Flughöhe über Grund repräsentiert.

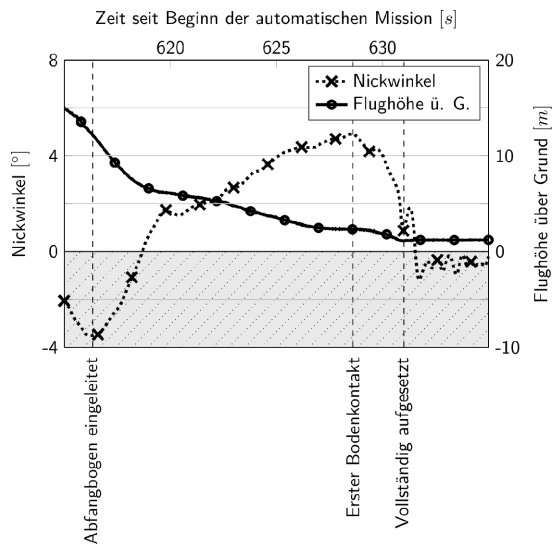


Abbildung 3: Flugergebnis eines Abfangbogens

Flugsteuerungssystem

Das Flugsteuerungssystem basiert auf dem ILS Ansatz der flexiblen Avionikplattform.

Ein in die Software-Architektur integrierter Plattformmanagement-Layer (Middleware) übernimmt sämtliche Belange hinsichtlich Kommunikation, Fehlertoleranz und Redundanz innerhalb des gesamten Flugsteuerungssystems. Dies reduziert den Entwicklungsaufwand für Applikationen deutlich.

Die Regelungsfunktionen können somit in simplex entworfen werden. Sie stellen nur die geforderte Funktionalität bereit. Eine Sicherstellung von Fehlertoleranz und die damit verbundene Komplexität muss nicht berücksichtigt werden, da diese auf Ebene der Avionikplattform bereitgestellt wird.

Die eigentliche Plattformmanagement-Software besteht zum einen aus generischen Mechanismen, die für das jeweilige System flexibel kombiniert werden können. Diese werden durch spezifische Konfigurationsdaten vervollständigt. Entscheidend hierbei ist, dass die Konfigurationsdaten auf Basis eines modellierten Systemdesigns durch ein Software-Werkzeug (Toolsuite) automatisch generiert werden. Dies gilt für die Plattformmanage-

ment-Software aller Module des verteilten Avioniksystems (vgl. Abb. 4).

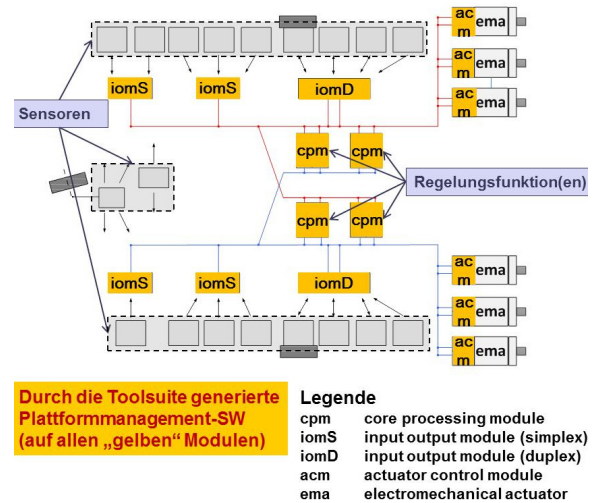


Abbildung 4: FlySmart Avioniksystem

Das Institut für Luftfahrtsysteme verfolgt mit diesem Entwicklungsansatz das Ziel, den hohen Entwicklungs- und Qualifizierungsaufwand von absolut sicherheitskritischen Systemen, im vorliegenden Beispiel Fly-by-Wire Systeme, signifikant zu reduzieren. Aufbauend auf der Automatischen Generierung von Software(-Konfigurationsdaten) umfasst der Ansatz im Weiteren die Automatische Erzeugung zulassungsrelevanter Dokumente (DO178C konform) sowie die Automatische Erzeugung von zugehörigen Testprozeduren (Testfälle + Testskripte) zur Verifikation des Plattformmanagements und somit des gesamten Systemmanagements.

Damit erlaubt dieser als als A³ bezeichnete Entwicklungsprozess die weitgehend automatisierte Umsetzung komplexer, hoch sicherheitskritischer Flugsteuerungssysteme und deren Zulassung.

Industrielle Umsetzung

Nach dem erfolgreiche Nachweis des Einsatzes von Fly-By-Wire Technologien auf Flugzeugen der General Aviation (Technology

Readiness Level TRL 6) wird die Industrialisierung dieser Technologie von Diamond Aircraft Industries GmbH aktiv vorangetrieben. Durch den Einsatz von Fly-By-Wire Technologien wird das Fliegen in der General Aviation sicherer werden. Innovative, hocheffiziente Flugzeugkonfigurationen werden damit möglich sein. Darüber hinaus wird diese Technologie auch im Bereich Optionally/Remotely Piloted Aircraft Systems (OPAS/RPAS) zum Einsatz kommen.

Danksagung

Das Institut für Flugmechanik und Flugregelung sowie das Institut für Luftfahrtsysteme der Universität Stuttgart möchten sich hiermit bei allen genannten Partnern für die gute und erfolgreiche Zusammenarbeit bedanken.

Die Forschungsarbeiten wurden durch die nationalen Luftfahrtforschungsprogramme Deutschlands (LUFO-Programm des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) und Österreichs (TakeOff-Programm des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) unterstützt.