

Innovation im Fokus

Informationen zu Forschung, Entwicklung und Validierung



Themenübersicht

- Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung
- Wissenserhalt in der DFS
- LDACS
- Flight- and Flow-Information
- Dynamic Jitter Compensation
- Studentische Abschlussarbeiten



Liebe Leserinnen und Leser,

es freut mich sehr, Ihnen die neue Ausgabe unserer Zeitschrift „Innovation im Fokus“ zu präsentieren. Ich freue mich auf die Zusammenarbeit mit Ihnen, den Experten und Expertinnen für Innovation in der Luftverkehrsbranche. Gemeinsam werden wir unsere Zeitschrift weiter aufblühen lassen.

Der Name unserer Zeitschrift leitet sich vom lateinischen Wort „innovare“ ab, das Erneuern oder Verändern bedeutet. Das ist genau das, was wir in unserer täglichen Arbeit tun: Wir suchen nach neuen Wegen, um die Leistung, Sicherheit und Nachhaltigkeit des Luftverkehrssystems zu verbessern. Dabei orientieren wir uns an den strategischen Zielen von SESAR, dem europäischen Forschungs- und Entwicklungsprogramm für die Modernisierung des Luftraums.



In den kommenden Jahren wird unser Fokus sich noch konsequenter auf die Realisierung von innovativen Lösungen richten, die nicht nur auf dem Papier stehen, sondern auch in der Praxis funktionieren. Dazu brauchen wir Ihre Mitarbeit, Ihr Feedback und Ihre Kreativität. Wir wollen Ihnen mit dieser Zeitschrift eine Plattform bieten, um sich über aktuelle Entwicklungen, Erfahrungen und Herausforderungen auszutauschen.

In dieser Ausgabe finden Sie zwei Artikel, die wesentliche Kernpunkte aus SESAR aufgreifen, deren Realisierung von großer Relevanz für die DFS ist: Flight- and Flow Information for a Collaborative Environment und Künstliche Intelligenz. Diese Themen sind nicht nur technisch anspruchsvoll, sondern erfordern auch ein Umdenken in der Organisation, der Kommunikation und der Zusammenarbeit. Einen wichtigen Aspekt, wie wir diese Veränderungen erfolgreich gestalten können, erfahren Sie in einem weiteren Artikel, der unseren Wirtschaftsstandort zunehmend beschäftigt: Wissenserhalt vor dem Hintergrund des Wandels. Erstmals in dieser Ausgabe enthalten: Eine Zusammenfassung der studentischen Abschlussarbeiten aus dem ersten Halbjahr 2024.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen und freue mich auf Ihre Anregungen, Fragen und Kommentare.

Ihr

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'gz'.

Dr. Gerolf Ziegenhain

Bereichsleiter Planung und Innovation

Inhaltsverzeichnis

Rechtliche Grundlagen der Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung	9
Michael Lüttel, Andrea Gartemann, Elmar M. Giemulla* & Heiko van Schyndel* (*selbständige Rechtsanwälte)	
Wissenserhalt in der DFS – Wissen sichern, gezielt fördern und einsetzen.....	21
Nathalie Waltenberg	
Das L-Band Digital Aeronautical Communication System – LDACS.....	31
Thorsten Kisters & Armin Schlereth	
Flight- and Flow-Information for a Collaborative Environment – FF-ICE	37
Frank Zetsche, Stefan Keller, Robert Winker & Andrea Ribbe	
Dynamic Jitter Compensation Algorithmus.....	43
Rainer Thomas & Andreas Potyka	
Studentische Abschlussarbeiten.....	47
DFS Dual Studierende & in DFS Fachbereichen betreute Studierende	
Impressum	55

Die Autoren sind, soweit nicht anders gekennzeichnet, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der DFS. Die Rechte an den Artikeln liegen bei den jeweiligen Autoren.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Übersicht der Artikel in diesem Heft

Michael Lüttel, Andrea Gartemann, Elmar M. Giemulla* & Heiko van Schyndel* (*selbständige Rechtsanwälte): Rechtliche Grundlagen der Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung – Der Beitrag basiert auf Studien, die im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Verbundprojekts „Künstliche Intelligenz – Europäisch Zertifizieren unter Industrie 4.0“ durchgeführt wurden. Die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH war mit der Entwicklung eines AI Arrival Management Systems (KI-AMAN), das in die Simulationsumgebung des Validierungszentrums Luftverkehr am Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Institut für Flugführung eingebunden war und durch speziell auf die Zertifizierung zugeschnittene Szenarien analysiert und bewertet wurde, an dem Projekt beteiligt. Die Autoren Giemulla und van Schyndel haben im Rahmen des genannten Projekts zum einen Themen untersucht, die nicht unmittelbar die Zertifizierung und ihre Grundlagen betreffen, aber unabdingbare Rahmenbedingungen für die Nutzung von (zertifizierbarer oder zertifizierter) KI schaffen, wie z. B. Haftungsfragen und Fragen der Wahrung gesellschaftlicher Grundwerte und individueller Grundrechte. Zum anderen haben sie juristische Aspekte der Zertifizierbarkeit KI-basierter Systeme und Komponenten analysiert.

Nathalie Waltenberg: Wissenserhalt in der DFS – Wissen sichern, gezielt fördern und einsetzen – Die DFS verfügt derzeit über ein dezentral organisiertes Wissensmanagement. Der Umgang mit der so wichtigen Ressource Wissen bleibt Mitarbeitern und Vorgesetzten oft selbst überlassen bzw. wird bisher nur punktuell bedient. Selbstverständlich nutzt man hierbei insbesondere im Betrieb und in ausgeprägt technischen Bereichen oft jahrelang erfolgreich angewendete Vorgehensweisen, um umfassendes Fachwissen und Verfahren bestmöglich weitergeben zu können. Je nach Arbeitsfeld ergänzt durch Einweisungen, Lehrgänge und regelmäßige Schulungen. Auch wird kontinuierliche Netzwerkpfege betrieben, doch gilt dies bei weitem nicht für alle Bereiche. Allgemein ansteigende Komplexität, Überalterung der Belegschaft sowie zunehmend steigende Verrentungszahlen in den kommenden Jahren, erschweren diese Aufgabe immens und lassen einen zunehmenden Bedarf an strukturellem Wissensmanagement sichtbar werden. Nach einer Einführung der Autorin in das Thema, in der u.a. auch dessen Bedeutung für die Innovationskraft eines Unternehmens darlegt wird, werden verschiedene Maßnahmen der Vergangenheit in der DFS vorgestellt in deren Rahmen u.a. ein Werkzeugkasten mit verschiedenen Methodiken entstanden ist. Der Beitrag schliesst mit einer Reihe von Empfehlungen, um sichtbare Verbesserungen im Unternehmen zu erzielen.

Thorsten Kisters & Armin Schlereth: Das L-Band Digital Aeronautical Communication System – LDACS – Die Bord-Boden-Kommunikation zwischen Flugsicherung und Flugzeug erfolgt heute über Sprechfunk und Datenfunk (CPDLC – Controller Pilot Data Link Communication). Durch die insbesondere in Zentraleuropa stark anwachsenden Verkehrszahlen, die steigende Anzahl an mit Datalink ausgerüsteten Flugzeugen und die zunehmende Nutzung von CPDLC, wird bereits heute zeitweilig die technologische Kapazitätsgrenze erreicht. Für ca. 2030 wird erwartet, dass das Angebot an Übertragungskapazität die Nachfrage nicht mehr erfüllen kann. Ein höherer Automatisierungsgrad erfordert eine höhere Digitalisierung, welche erhöhte Anforderungen an Übertragungsbandbreite, Latenzen und robuste, cybersichere Datenverbindungen hat. Um diese Anforderungen in Zukunft erfüllen ist u.a. LDACS (Dienst für terrestrische Kommunikation) in der Entwicklung. LDACS ist ein zell-basiertes Punkt- zu Multipunktsystem in der sternförmig die Luftseite mit Bodenseite verbunden ist. Die Zellgröße kann dabei abhängig von Verkehrsdichte und Luftraum festgelegt werden. Neben der Nutzung als Datalink-Technologie bietet LDACS weitere Möglichkeiten. Im Bereich Kommunikation ist dies in erster Linie niedrig-latente Voice-over-IP-Communication (LDACS Digital Voice). Die Notwendigkeit einer terrestrischen breitbandigen cybersicheren Kommunikation nimmt auch aufgrund der Störanfälligkeit der Satellitenkommunikation (Jamming) an Bedeutung zu. Die DFS unterstützt LDACS in ihrer DFS-Strategie.

Frank Zetsche, Stefan Keller, Robert Winker & Andrea Ribbe: Flight- and Flow-Information for a Collaborative Environment – FF-ICE – Die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation ICAO hat mit dem FF-ICE Konzept (Flight- and Flow-Information for a Collaborative Environment) die Grundlagen gelegt für den umfassenden Austausch von Flugdaten in der Planungs- und Flugphase, um allen Beteiligten am Luftverkehr ein aktuelles Bild der Luftlage zu vermitteln. Mit dem FF-ICE Konzept werden neue Austauschmechanismen über SWIM (System Wide Information Management) beschrieben, sowie weitere, detaillierte Flugplaninhalte und neue Austauschformate festgelegt. Diese finden nun Eingang in die relevanten ICAO Dokumente und Annexe, die Ende 2024 offiziell von ICAO veröffentlicht werden. Mit FF-ICE und dem neuen Flugplan eFPL wird der ICAO Flugplan FPL2012 abgelöst werden. Aktuell wird eine Übergangsphase bis ca. 2035 diskutiert. In Europa wird die Umsetzung von FF-ICE bereits vorangetrieben, auch ausgelöst durch eine entsprechende Verordnung der Europäischen Kommission. Lufthansa hat erste FF-ICE konforme Flugpläne aufgegeben und mit dem Network Manager und DFS erfolgreich getestet und nutzt diese nun auch im Regelbetrieb. Die europäischen Airlines und Flugsicherungen sowie der Network Manager arbeiten an einer abgestimmten Umsetzungsplanung. Dafür hat die DFS eine dreistufige Vorgehensweise vorgesehen und bereits erste Werkzeuge entwickelt.

Rainer Thomas & Andreas Potyka: Dynamic Jitter Compensation Algorithmus – Bei der Übertragung von Sprache über IP basierte Netzwerke (Voice over IP/VoIP) werden Datenpakete mit mehreren Millisekunden Sprachdaten an der Quelle erstellt und dann zur Datensenke übertragen. Zwei wesentliche Qualitätsmerkmale bei der Übertragung stellen Laufzeit und Jitter des Datennetzes dar. Im Artikel wird ein neuartiger Ansatz beschrieben, um dynamischen Jitter, d.h. die zeitliche Schwankung zwischen dem Empfang von zwei Datenpaketen zu kompensieren, womit u.a. auch eine Lücke im ED-137 Standard geschlossen werden kann. Ziel der Lösung ist, dass der Beginn der Aussendung eines Funkspruches nicht mehr vom Jitter abhängig ist. Anstelle eines fest eingestellten Jitterbuffer kommt ein Jitterbuffer zum Einsatz, der sich dynamisch am Jitter Wert des ersten Sprachpakets orientiert. Im Text werden weitere Details der technischen Lösung dargelegt. Das von den Autoren in dem Artikel beschriebene Verfahren wurde zunächst als Arbeitnehmererfindung beschrieben. Mittlerweile ist die Lösung als Patent für die DFS in Deutschland genehmigt und die Patentanmeldung in Europa sowie zehn weiteren Ländern wird aktuell durchgeführt.

Studentische Abschlussarbeiten – Mit dieser neuen Rubrik listen wir die Titel und Autoren von studentischen Abschlussarbeiten. Diese sind in der Zusammenarbeit der DFS mit Hochschulen und Universitäten entstanden und wurden im 1. Halbjahr 2024 abgeschlossen. Da einige Arbeiten einen Sperrvermerk enthalten wurden die akademischen Ansprechpartner ergänzt. Zu jeder Arbeit finden sich weitere Angaben, u.a. auch ein kurzes Abstract in deutscher Sprache.

Rechtliche Grundlagen der Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung

Michael Lüttel, Andrea Gartemann, Elmar M. Giemulla* & Heiko van Schyndel* (*selbständige Rechtsanwälte)

Einleitung

Dieser Beitrag basiert auf Studien, die im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Verbundprojekts „Künstliche Intelligenz – Europäisch Zertifizieren unter Industrie 4.0“ durchgeführt wurden.

Die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH war mit der Entwicklung eines AI Arrival Management Systems (KI-AMAN), das in die Simulationsumgebung des Validierungszentrums Luftverkehr am Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Institut für Flugführung eingebunden war und durch speziell auf die Zertifizierung zugeschnittene Szenarien analysiert und bewertet wurde, an dem Projekt beteiligt. „Im Projekt KIEZ4-0 wurden verschiedene Szenarien entwickelt, die darauf ausgelegt sind, den KI-AMAN sowohl im Nominalbetrieb als auch beim Vorliegen von außergewöhnlichen Situationen zu testen und daher eine besondere Situation in der Anflugplanung repräsentieren. Hierbei handelt es sich um Situationen, die im Regelbetrieb sehr selten auftreten und daher auch kaum in den Trainingsdaten erfasst werden. Zusätzlich zu den Sonder-Situationen wird eine Variation der Verkehrsmenge in vier Stufen implementiert. Jede dieser vier Verkehrsmengen wird einmal ohne Sonder-Situation und einmal mit einer Auswahl der oben genannten Optionen simuliert, so dass insgesamt acht unterschiedliche Szenarien modelliert werden. Das Auftreten der Sonder-Situationen ist dabei so angelegt, dass möglichst viele potentielle Änderungen der geplanten Luftfahrzeug-Sequenz initiiert werden.“[1]

Die Autoren Giemulla und van Schyndel haben im Rahmen des genannten Projekts zum einen Themen untersucht, die nicht unmittelbar die Zertifizierung und ihre Grundlagen betreffen, aber unabdingbare Rahmenbedingungen für die Nutzung von (zertifizierbarer oder zertifizierter) KI schaffen, wie z. B. Haftungsfragen [2] und Fragen der Wahrung gesellschaftlicher Grundwerte und individueller Grundrechte. Zum anderen haben sie juristische Aspekte der Zertifizierbarkeit KI-basierter Systeme und Komponenten analysiert, so zum Beispiel

- eines in das Flight Management System eines Flugzeugs integrierten „TPN Route Planning System“¹,
- eines „Aircraft Trajectory Predictor and Time of Arrival Estimator“²,
- eines „Diversion Assistance System Demonstrator“³ und
- des o. g. KI-AMAN (gemeinsam mit der DFS).

Die drei letztgenannten Werkzeuge haben unmittelbaren Bezug zu Fragen der Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung. Gemäß Artikel 2 Nr. 1 der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 erfasst der Begriff „ATM/ANS-Ausrüstung“ (ATM/ANS equipment) „ATM/ANS-Komponenten im Sinne des Artikels 3 Nummer 6 der Verordnung (EU) 2018/1139 (sog. EASA-Grundverordnung) [3] und ATM/ANS-Systeme im Sinne des Artikels 3 Nummer 7 jener Verordnung, ausgenommen bordseitige Komponenten, die der Verordnung (EU) Nr. 748/2012 der Kommission unterliegen“.

¹ Das „Temporal Planning Network (TPN) Route Planning System“ ist ein temporäres Planungsinstrument, das automatisch Navigationsrouten planen kann, wobei zeitliche Beschränkungen berücksichtigt und sowohl statische (z. B. NOTAM) als auch dynamische (z. B. Wetter) Flugverbotszonen vermieden werden.

² Der „Aircraft Trajectory Predictor and Time of Arrival Estimator“ ist ein Werkzeug, das die aktuelle Bewegungssequenz des Flugzeugs und der benachbarten Flugzeuge nutzt, um die nächsten vorhergesagten Punkte der gesam-

ten Route zusammen mit den entsprechenden Zeitangaben zu generieren. Es kann als Werkzeug zur Optimierung der Arbeitsabläufe auf Flughäfen oder als Werkzeug für den Einsatz in der Flugsicherung verwendet werden.

³ Der „Diversion Assistance System Demonstrator“ ist ein Tool, das auf einem elektronischen Flugkoffer (EFB) läuft und Piloten, entweder durch bloße Bereitstellung von relevanten Daten oder aber das Unterbreiten von Vorschlägen für geeignete Flughäfen für eine Umleitung, bei der Entscheidung unterstützt, zu welchem Flughafen sie ausweichen können.

Gemäß Artikels 3 Nummer 6 bzw. Nummer 7 der EASA-Grundverordnung bezeichnet der Begriff „ATM/ANS-Komponente“ wiederum sowohl materielle Objekte wie Geräte als auch immaterielle Objekte wie Software, von denen die Interoperabilität des EATMN abhängt und der Begriff „ATM/ANS-System“ die Zusammenfassung bord- und bodengestützter Komponenten sowie weltraumgestützte Ausrüstung; es bietet Unterstützung für Flugsicherungsdienste in allen Flugphasen.

Gegenstand des vorliegenden Beitrags ist die Darstellung der erst kürzlich durch den Erlass der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 [4] und der Durchführungsverordnung (EU) 2023/1769 [5] detaillierter gefassten rechtlichen Grundlagen für eine solche Zertifizierung resp. Konformitätsbestätigung und deren Anwendung auf den KI-AMAN.

Die grundlegenden Anforderungen: Verordnung (EU) 2018/1139

Artikel 2 Absatz 1 Buchstabe (g) der Verordnung (EU) 2018/1139 bestimmt, dass die Konstruktion, Herstellung, Instandhaltung und der Betrieb von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten der Verordnung und damit der Zuständigkeit der EU unterliegt. Die Zuständigkeit der EU, hier insbesondere der EASA, auf dem Gebiet der Flugsicherheit erstreckt sich dabei auch auf den Bereich der Zertifizierung und Beaufsichtigung in Bezug auf Zulassungen bzw. Zeugnisse für und Erklärungen betreffend bestimmte sicherheitskritische ATM/ANS-Ausrüstung. In Artikel 80 Absatz 2 der EASA-Grundverordnung heißt es:

„In Bezug auf ... ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten, einschließlich der Fälle, in denen sie zur Umsetzung von SESAR beitragen, wird die Agentur ... wie folgt tätig:

- a. sie legt die Einzelspezifikationen für die ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten, die gemäß Artikel 45 Absatz 2 Gegenstand einer Zertifizierung sind, fest und teilt diese dem Antragsteller mit;
- b. sie legt die Einzelspezifikationen für ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten, die gemäß Artikel 45 Absatz 2 Gegenstand einer Erklärung sind, fest und macht diese zugänglich;
- c. sie übernimmt ... die Zuständigkeit für Aufgaben im Zusammenhang mit der Zertifizierung, Aufsicht und Durchsetzung in Bezug auf Zulassungen/Zeugnisse für und Erklärungen

betreffend ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten gemäß Artikel 45 Absatz 2.“

Weiter heißt es in Artikel 45 Absatz 2 Satz 1: „Soweit in den in Artikel 47 genannten delegierten Rechtsakten vorgesehen, unterliegen die ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten der Zertifizierung und erhalten eine Zulassung/ein Zeugnis.“

Artikel 47 Absatz 1 der EASA-Grundverordnung wiederum ermächtigt die Europäische Kommission in Bezug auf die ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten, delegierte Rechtsakte zu erlassen, um detaillierte Vorschriften für Folgendes festzulegen:

- a. die Bedingungen für die Festlegung der für ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten geltenden Einzelspezifikationen für die Zwecke der Zertifizierung gemäß Artikel 45 Absatz 2 und deren Mitteilung an einen Antragsteller;
- a. die Bedingungen für die Erteilung, Aufrechterhaltung, Änderung, Einschränkung, Aussetzung oder den Widerruf der Zulassungen/Zeugnisse nach Artikel 45 Absatz 2 und für die Situationen, in denen im Hinblick auf die Erreichung der in Artikel 1 genannten Ziele und unter Berücksichtigung der Art der betreffenden Tätigkeit und des mit ihr verbundenen Risikos je nach Gegebenheit solche Zulassungen/Zeugnisse erforderlich oder Erklärungen zulässig sind;
- a. die Rechte und Verantwortlichkeiten der Inhaber der in Artikel 45 Absatz 2 genannten Zulassungen/Zeugnisse;
- a. die Rechte und Verantwortlichkeiten der Organisationen, die Erklärungen gemäß Artikel 45 Absätze 1 und 2 abgeben;
- a. die Bedingungen und Verfahren für Erklärungen von ATM/ANS-Anbietern gemäß Artikel 45 Absatz 1 und für die Situationen, in denen im Hinblick auf die Erreichung der in Artikel 1 genannten Ziele und unter Berücksichtigung der Art der betreffenden Tätigkeit und des mit ihr verbundenen Risikos solche Erklärungen erforderlich sind;
- a. die Bedingungen für die Festlegung der Einzelspezifikationen für ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten, die Gegenstand einer Erklärung gemäß Artikel 45 Absätze 1 und 2 sind.“

Die „detaillierten Vorschriften“

Entstehungsprozess

Mit der NPA 2022–09 „Establishment of a regulatory framework on the conformity assessment of ATM/ANS systems and ATM/ANS constituents (ATM/ANS equipment)“ [6] hatte die EASA vorgeschlagen, einen Rechtsrahmen für die Zertifizierung bestimmter ATM/ANS-Ausrüstungen (d. h. ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten) sowie von Organisationen, die an ihrer Entwicklung und/oder Herstellung beteiligt sind, zu schaffen. Der Vorschlag zielte darauf ab, die Fragmentierung des Marktes für ATM/ANS-Ausrüstung (am Boden) zu verringern und die Zusammenarbeit der Branche auf europäischer Ebene zu erleichtern. Infolgedessen würde die Anwendung der vorgeschlagenen Bestimmungen die Entwicklung und Umsetzung neuer Technologien erleichtern und die Einführung neuer Betriebskonzepte beschleunigen, die erforderlich sind, um die Kapazität des ATM-Systems zu erhöhen und seine Leistung zu verbessern. Dabei ging die EASA davon aus, dass

- sie „als zuständige Behörde für die Zulassung von Organisationen (fungiert), die an der Entwicklung und/oder Herstellung von ATM/ANS-Ausrüstung beteiligt sind, sowie für die Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung und die Entgegennahme von Erklärungen für diese Ausrüstung“ (NPA 2022–09, p 13) und
- „das künftige Regulierungssystem ... es ermöglichen (sollte), dass jede in der EU konstruierte oder hergestellte ATM/ANS-Ausrüstung potenziell auch für die Erbringung europaweiter ATM/ANS-Dienste verwendet werden kann; sie würde daher eine vorherige Genehmigung der EASA erfordern“ (NPA 2022–09, p 43).

Im Ergebnis des Rechtsetzungsprozesses sind am 5. Oktober 2023 – nach ihrer Verabschiedung und Veröffentlichung im Amtsblatt der EU – die Delegierte Verordnung (EU) 2023/1768 sowie die Durchführungsverordnungen (EU) 2023/1769 und 2023/1770 [7] in Kraft getreten. Des Weiteren wurden mit den Durchführungsverordnungen (EU) 2023/1771 [8] bzw. 2023/1772 [9] die Durchführungsverordnungen (EU) 2017/373 [10] bzw. Nr. 923/2012 [11] ergänzt.

Derzeit geltender Rechtsrahmen

Während mit der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 gemeinsame technische Anforderungen

und Verwaltungsverfahren für die Zertifizierung und Compliance-Erklärung für die Konstruktion von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten festgelegt werden, ist Gegenstand der Durchführungsverordnung (EU) 2023/1769 die Festlegung von technischen Anforderungen und Verwaltungsverfahren für die Genehmigung von Organisationen, die an der Entwicklung oder Herstellung von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten beteiligt sind, welche einer Zertifizierung nach Artikel 4 der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 unterliegen bzw. eine Compliance-Erklärung für die Konstruktion nach Artikel 5 oder eine Compliance-Bestätigung nach Artikel 6 dieser Verordnung benötigen.

Die Delegierte Verordnung (EU) 2023/1768 enthält in Artikel 4 Bestimmungen zur „Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung“. Dort heißt es u. a., dass für folgende ATM/ANS-Ausrüstung eine Zulassung nach Anhang II dieser Verordnung, d. h. Teil-ATM/ANS.EQMT.CERT (ATM/ANS-Ausrüstungszertifizierung) ausgestellt werden muss:

1. Ausrüstung zur Unterstützung der Lotse-Pilot Kommunikation;
2. Ausrüstung zur Unterstützung von Flugverkehrskontrolldiensten als Voraussetzung für die Stafelung von Luftfahrzeugen oder die Vermeidung von Zusammenstößen.

Daneben enthalten Artikel 5 bzw. Artikel 6 der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 Bestimmungen hinsichtlich nicht der Zertifizierung unterliegender ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten:

„Artikel 5

Compliance-Erklärung für die Konstruktion der ATM/ANS-Ausrüstung

(1) Eine Compliance-Erklärung für die Konstruktion nach Anhang III (d. h. nach Teil-ATM/ANS.EQMT.DEC „Compliance-Erklärung für die Konstruktion der ATM/ANS-Ausrüstung“) wird für folgende ATM/ANS-Ausrüstung ausgestellt, die für die Zwecke einer sicheren und interoperablen Flugsicherung Daten und/oder Signale im Weltraum erzeugt, empfängt und überträgt:

- a. Ausrüstung zur Unterstützung der Boden-Boden-Kommunikation;
- b. Ausrüstung zur Unterstützung der Navigation oder Überwachung. ...“

„Artikel 6

Compliance-Bestätigung

(1) Für folgende ATM/ANS-Ausrüstung muss eine Compliance-Bestätigung ausgestellt werden:

- a. Ausrüstung, die weder einer Zertifizierung nach Artikel 4 noch einer Compliance-Erklärung nach Artikel 5 unterliegt, und
- b. die Flugverkehrsdienste, Kommunikations-, Navigations- oder Überwachungsdienste, Lufttraummanagement, Verkehrsflussregelung, Flugberatungsdienste oder Wetterdienste unterstützt.

In der Compliance-Bestätigung wird bestätigt, dass die ATM/ANS-Ausrüstung den von der Agentur nach Artikel 76 Absatz 3 der Verordnung (EU) 2018/1139 herausgegebenen detaillierten Spezifikationen entspricht. ...“

Es wurden mithin Anforderungen und detaillierte Spezifikationen auf drei verschiedenen Niveaustufen der Konformitätsbestimmung festgelegt:

3. die Zertifizierung durch die Agentur – das strengste Niveau;
4. die Erklärung einer genehmigten Organisation, die an der Entwicklung oder Herstellung von ATM/ANS-Ausrüstung beteiligt ist – das mittlere Niveau;
5. die Compliance-Bestätigung, die vom ATM/ANS-Anbieter, der die ATM/ANS-Ausrüstung in sein funktionales System im Sinne der Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 der Kommission integriert, oder auf Antrag des ATM/ANS-Anbieters von einer genehmigten Organisation, die an der Entwicklung oder Herstellung von ATM/ANS-Ausrüstung beteiligt ist, ausgestellt wird.

Für die ersten beiden Stufen sind mit den Anhängen II (Teil-ATM/ANS.EQMT.CERT) und III (Teil-ATM/ANS.EQMT.DEC) der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 weitergehende Regelungen zum Verfahren für die Erteilung von Zulassungen bzw. für die Compliance-Erklärung für die Konstruktion der ATM/ANS-Ausrüstung sowie die Rechte und Pflichten des Antragstellers und des Inhabers der Zulassungen bzw. der an der Konstruktion von ATM/ANS-Ausrüstung beteiligten und zur Abgabe von Erklärungen befugten Organisationen getroffen worden. Für Ausrüstung der dritten, niedrigsten Stufe, für die die Flugsicherungsorganisation i. d. R. selbst

die Compliance-Bestätigung erteilen muss, gibt es keine weitergehenden Regelungen. Allerdings erlaubt Artikel 6, dass die Compliance-Bestätigung auf Antrag des ATM/ANS-Anbieters auch von einer gemäß der Durchführungsverordnung (EU) 2023/1769 genehmigten Organisation ausgestellt werden kann, die an der Entwicklung oder Herstellung solcher ATM/ANS-Ausrüstung beteiligt war.

Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick der nunmehr auf dem Gebiet der Zulassung von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten geltenden Rechtsvorschriften:

Tabelle 1: Durchführungs- und Delegierte Verordnungen auf dem Gebiet der Zertifizierung von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten.

Regelungsgegenstand	Verordnung
Genehmigung von Organisationen, die an der Entwicklung oder Herstellung von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten beteiligt sind	Durchführungsverordnung (EU) 2023/1769 - Anhang I – Anforderungen an die Agentur (Teil-DPO.AR) - Anhang II – Anforderungen an die an der Entwicklung oder Herstellung von ATM/ANS-Ausrüstung beteiligten Organisationen (Teil-DPO.OR)
Zertifizierung und Compliance-Erklärung von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten	Delegierte Verordnung (EU) 2023/1768 - Anhang I – Anforderungen an die Agentur (Teil-ATM/ANS.EQMT.AR) - Anhang II – ATM/ANS-Ausrüstungszertifizierung (Teil-ATM/ANS.EQMT.CERT) - Anhang III – Compliance-Erklärung für die Konstruktion der ATM/ANS-Ausrüstung (Teil-ATM/ANS.EQMT.DEC)
Konformitätsprüfung von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten	Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 Anhang III (Ergänzung von) ATM/ANS.OR.A.045 – Punkte g) bis j)

Detaillierte Spezifikationen (DS), akzeptierte Nachweisverfahren (AMC) und Leitfäden (GM)

Darüber hinaus finden im Zertifizierungs- bzw. Zulassungsverfahren regelmäßig (Dritte rechtlich nicht bzw. nur mittelbar bindende) Verwaltungsvorschriften („rules“) Berücksichtigung (sog. soft law).

Mit den Entscheidungen 2023/015/R [12] und 2023/016/R [13] des Exekutiv-Direktors der EASA vom 26. Oktober 2023 wurden von der EASA solche Verwaltungsvorschriften bekannt gemacht. Diese sollen bei der Anwendung des Konformitätsbewertungsrahmens für ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten unterstützen.

Im Anhang der Entscheidung 2023/016/R sind die die Artikel der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 betreffenden akzeptierten Nachweisverfahren (Acceptable Means of Compliance – AMC) und Leitfäden (Guidance Material – GM) festgelegt. So enthält GM1 zu Artikel 4 (Zertifizierung von ATM/ANS-Ausrüstung), Artikel 5 (Compliance-Erklärung für die Konstruktion der ATM/ANS-Ausrüstung) und Artikel 6 (Compliance-Bestätigung) der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 eine Tabelle (siehe Tabelle 2) mit Angaben dazu, welches Konformitätsverfahren für die verschiedenen Arten bzw. Niveaustufen von ATM/ANS-Ausrüstung einschlägig ist:

Tabelle 2: ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten und Art des Konformitätsverfahrens.

#	Punkt 3 des Anhangs VIII „Grundlegende Anforderungen an ATM/ANS und Fluglotsen“ der Verordnung (EU) 2018/1139	Artikel		
		4	5	6
	Die Ausrüstung sollte insbesondere die Ausrüstung umfassen, die zur Unterstützung der folgenden Funktionen und Dienste erforderlich ist:			
1.	Luftraummanagement (Airspace Management - ASM)			X
2.	Verkehrsflussregelung (Air Traffic Flow Management – ATFM)			X
3.	Flugverkehrsdienste (Air Traffic Services – ATS), insbesondere Flugdaten			

	verarbeitungs- (flight data processing), Überwachungsdatenverarbeitungs- (surveillance data processing) und Mensch-Maschine-Schnittstellen-Systeme			
	3a. Lotse-Pilot Kommunikation (controller-pilot communications)	X		
	3b. Flugverkehrskontrolldienste (Air Traffic Control (ATC) services) wenn die Separierung von Luftfahrzeugen oder die Verhinderung von Kollisionen ermöglicht wird	X		
	3c. anderes ATS-Gerät, das nicht von Punkt 3a und 3b erfasst ist			X
4.	Kommunikation (COM) einschließlich Boden-Boden-/Raum-, Luft-Boden- und Luft-Luft-/Raum-Kommunikation			
	4a. Boden-Boden-Kommunikation		X	
	4b. Luft-Boden-Kommunikation (d. h. Controller-Piloten-Kommunikation)	X		
5.	Navigation (NAV)		X	
6.	Überwachung (Surveillance – SUR)		X	
7.	Flugberatungsdienste (Aeronautical Information Services – AIS)			X
8.	Wetterdienste (Meteorological Services – MET)			X

Mit der Entscheidung 2023/015/R wiederum werden Detaillierte Spezifikationen (Detailed Specifications – DS) sowie die zugehörigen annehmbaren Nachweisverfahren (AMC) und Leitfäden (GM) für die Konstruktion oder Konstruktionsänderungen von ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten,

- für die gemäß der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 eine Zertifizierung erforderlich ist oder für die ein zugelassener Betrieb, der an der Konstruktion oder Herstellung von ATM/ANS-Ausrüstung beteiligt ist, gemäß der

Durchführungsverordnung (EU) 2023/1769 eine Erklärung abgeben muss, bzw.

- für die „nur“ eine Compliance-Bestätigung nach Artikel 6 der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 erforderlich ist

bekannt gemacht. Im Einzelnen sind dies:

- Anhang I, DS-GE.CER/DEC – Issue 1 [14] und
- Anhang II, DS-GE.SoC – Issue 1 [15].

Hinzuweisen ist darauf, dass AMCs oder GMs gelegentlich auf Industriestandards Bezug nehmen. So verweisen z. B. GM2 GE.GEN.003 „Software“ und GM1 SoC.GEN.005(b) „Standards to meet technical conditions“ jeweils auf

- EUROCAE ED-109A including Corrigendum 1 – Software Integrity Assurance Considerations for CNS/ATM Systems bzw.
- EUROCAE ED-153 – Guidelines for ANS Software Safety Assurance.

Solche Industriestandards werden damit zu einer (ergänzenden) Grundlage für den Zertifizierungs- oder Zulassungsprozess.

Schließlich können neben den Akzeptierten Nachweisverfahren (AMC) ggf. auch andere Mittel für den Nachweis der Einhaltung der wesentlichen Anforderungen nach der EASA-Grundverordnung zum Einsatz kommen. Diese als Alternative Nachweisverfahren (Alternative Means of Compliance – AltMoC) bezeichneten Mittel schlagen eine Alternative zu bestehenden AMC vor oder neue Mittel, für die (bisher) keine entsprechenden AMC verabschiedet wurden.

Anwendungsfall: Arrival Manager (AMAN)

AMAN

Der Arrival Manager (AMAN) berechnet sowohl im Weitverkehrsbereich als auch im Nahverkehrsbereich eines Flughafens eine Anflugreihenfolge der Luftfahrzeuge. Die Ermittlung der Reihenfolge und der passenden Zielzeiten - so genannte „Estimates“ - erfolgt auf der Basis der Positionsdaten und den daraus ermittelten Zeiten am Metering Fix oder der Landebahnschelle.

Bisher musste bei der Entwicklung eines AMAN die Reihenfolgeplanung regelmäßig an die speziellen operationellen Anforderungen des jeweiligen Standorts und die Arbeitsweisen der Lotsen angepasst werden. Um die korrekte Funktionsweise der Planung in einer realistischen Umgebung zu validieren,

wurden aufwendige Realzeitsimulationen durchgeführt. Für die Anpassung an die operationellen Arbeitsweisen waren immer wieder Veränderungen im Code der Anflugplanungs-Software notwendig.

Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens erlauben es nun, dass nicht mehr aufwendig simuliert und manuell angepasst werden muss, sondern Änderungsnotwendigkeiten durch selbstlernende Algorithmen aus Daten extrahiert werden können. Das Ergebnis kann dann in einer Software zur Erstellung von Anflugsequenzen genutzt werden.

Die Funktionen Reihenfolgeplanung und Estimate-Berechnung können im KI-basierten AMAN mit Verfahren des maschinellen Lernens realisiert werden [16].

Durch Verwendung von maschinellem Lernen (ML-Verfahren) im AMAN kann eine große Reduzierung des Codes erreicht werden. So haben die Funktionen Sequenz- und Estimate-Berechnung einen Umfang von 3 % gegenüber den gleichen Funktionen in einem konventionellen AMAN. Dies bedeutet eine bessere Wartbarkeit (Maintenance) und damit eine Reduzierung der Wartungs- und Pflegekosten. Außerdem werden für die Implementierung keine Flugsicherungskennnisse mehr benötigt, da diese vollständig in den trainierten Modellen enthalten sind. Ein anderer erwartbarer Effekt ist eine höhere Qualität der Planungsergebnisse, da die Trainingsdaten aus dem operativen System genutzt werden können, während ein Algorithmus auf Basis von begrenzten Testfällen umgesetzt wird.

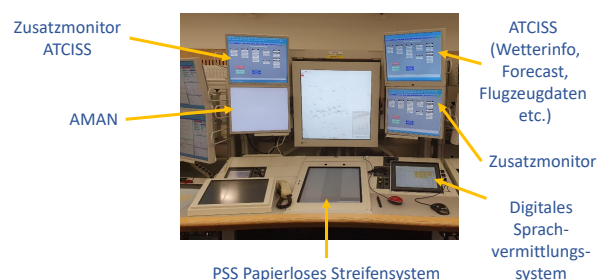


Abbildung 1: Lotsenarbeitsplatz mit KI-AMAN.

Abbildung 2 zeigt den KI-AMAN, auf Basis von maschinellem Lernen, mit seinen Funktionen Sequenz Planung und Estimate-Berechnung.

Die Flugplandaten (OLDI-Meldungen) und die Radar-daten (ASTERIX CAT62) werden für die Sequenzplanung benötigt, um die Anflugreihenfolge bestimmen zu können.

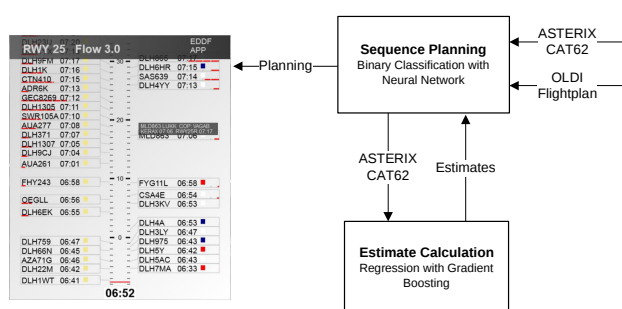


Abbildung 2: Reihenfolge-Planung.

Zertifizierungsnotwendigkeit des KI-AMAN

Gemäß Artikel 4 der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 muss für

- Ausrüstung zur Unterstützung der Lotse-Pilot Kommunikation bzw.
- Ausrüstung zur Unterstützung von Flugverkehrskontrolldiensten als Voraussetzung für die Staffelung von Luftfahrzeugen oder die Vermeidung von Zusammenstößen

eine Zertifizierung durchgeführt und eine Zulassung ausgestellt werden.

Der AMAN ist ein Hilfsmittel für die Flugsicherung, unterstützt aber weder die Kommunikation zwischen Fluglotsen und Piloten noch wird er für die Staffelung von Luftfahrzeugen oder die Vermeidung von Zusammenstößen berücksichtigt. Er berechnet die Reihenfolge der Luftfahrzeuge für den Anflug, die aber jederzeit von dem Fluglotsen geändert werden kann.

Daher unterliegt der AMAN nicht der Zertifizierung nach dem ATM/ANS-Zertifizierungsrecht.

Es bedarf aber auch keiner Compliance-Erklärung für die Konstruktion der ATM/ANS-Ausrüstung nach Artikel 5 der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768, da es nicht für die Zwecke einer sicheren und interoperablen Flugsicherung Daten und/oder Signale im Weltraum erzeugt, empfängt und überträgt, d. h. keine Ausrüstung zur Unterstützung der Boden-Boden-Kommunikation bzw. Ausrüstung zur Unterstützung der Navigation oder Überwachung ist.

Stattdessen unterliegt es der Compliance-Bestätigung nach Artikel 6 der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768, da es „nur“ Flugverkehrsdienste, Kommunikations-, Navigations- oder Überwachungsdienste, Luftraummanagement, Verkehrsflussregelung, Luftfahrtinformationsdienste

oder meteorologische Dienste unterstützt, indem es bereits verarbeitete Daten wiederverwendet, um dem ATCO automatisierte Unterstützungsfunktionen – wie die Berechnung von Anflugfolgen identifizierter Luftfahrzeuge in der Nähe eines Flughafens – anzubieten. Dies bedeutet, dass der Dienstleister selbst die Konformität unter Berücksichtigung der relevanten detaillierten Spezifikationen prüfen muss.

Für den Fall, dass die Funktionalität des AMAN Teil eines ATS-Systemkomplexes ist und wenn eine Herstellerorganisation beschließt, diesen Ausrüstungskomplex der Konformitätsmethodik zu unterziehen, gilt das jeweils strengste Niveau. Das heißt, auch wenn der AMAN „nur“ eine unterstützende Funktion hat, das Produkt aber weitergehende Aufgaben erfüllt, bei denen Informationen für die Staffelung verarbeitet und bereitgestellt werden, muss es gemäß Artikel 4 zertifiziert werden und die dafür geltenden detaillierten Spezifikationen erfüllen. In diesem Fall ist die Detaillierte Spezifikation DS-GE/SoC mit in den Zertifikatsumfang aufzunehmen.

Funktionsanforderungen an ein AMAN ergeben sich u. a. aus der Durchführungsverordnung (EU) 2021/116 [17], insbesondere deren Anhang. Es ist davon auszugehen, dass diese mit der Erfüllung der detaillierten Spezifikation nachgewiesen sind.

In der Compliance-Bestätigung wird bescheinigt, dass die ATM/ANS-Ausrüstung den von der Agentur nach Artikel 76 Absatz 3 der EASA-Grundverordnung herausgegebenen detaillierten Spezifikationen entspricht, d. h. der Executive Director Decision 2023/015/R vom 26. Oktober 2023.

Darüber hinaus hat eine Flugsicherungsorganisation noch weitere Verpflichtungen zur Prüfung ihrer funktionalen Systeme, bevor sie eine neue oder geänderte Ausrüstung in diese integriert und in die betriebliche Nutzung überführt. Diese sind in Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 verankert. Jedoch sind diese der Zertifizierung einer Ausrüstung nachgelagert und haben keinen Einfluss mehr auf deren Zulassung. Vielmehr stellen sie sicher, dass im Rahmen der Sicherheitsbewertung gemäß ATM/ANS.OR.A.045 (Änderungen des funktionalen Systems) der Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 der ATS-Dienst mit dem AMAN sicher ausgeführt werden kann und das Gerät gebrauchstauglich ist. In diesem Kontext ist auch eine Risiken- und Gefahrenanalyse durchzuführen und ggf. Entschärfungsmaßnahmen („mitigation measures“) vorzusehen. Weiterhin muss der ATS-Dienstleister gemäß AMC3 und AMC4 zu ATS.OR.205(a)(2) einen Software Assurance Process anwenden.

Der Prozess wird nach internen Vorschriften durchgeführt, die als Nachweis für zuvor genannte Anforderungen herangezogen werden. Es ergibt sich hieraus ein Kritikalitätsniveau für die Software (Software Assurance Level – "SWAL"), für die gewisse Ansprüche an die Entwicklungsdokumentation bestehen. Grundlage hierfür sind die EUROCAE Standards ED-109A bzw. ED-153. Entspricht die für den betrieblichen Zweck ermittelte Softwarekritikalitätsstufe nicht der Kritikalitätsstufe, die der Hersteller in seinem Produkt angewendet (und nachgewiesen) hat, kann die Flugsicherung das Produkt nicht einsetzen.

Ausblick

Aufgrund der Einführung von Künstlicher Intelligenz in der Luftfahrt müssen sich der EU-Gesetzgeber und die EASA neuen regulatorischen Herausforderungen in Bezug auf Zertifizierung, Regelsetzung, Genehmigungen von Organisationen und Standardisierung stellen. Dies betrifft natürlich auch den Bereich Flugverkehrsmanagement/Flugsicherung (ATM/ANS). Der derzeit gültige Rechtsrahmen ist daher kontinuierlich anzupassen.

Anhaltspunkte für die weitere Rechtsentwicklung können auch von der Luftfahrt-Industrie erarbeitete Empfehlungen geben. EUROCONTROL z. B. hat bereits 2020 darauf verwiesen, dass u. a. neue Methoden zur Validierung und Standardisierung entwickelt werden müssen [18]. Folgende Empfehlungen wurden insofern gegeben:

- Entwicklung spezifischer KI-basierter Richtlinien zur Erfassung und Weiterentwicklung von Sicherheitsverfahren für sicherheitsrelevante und nicht sicherheitskritische KI-basierte Lösungen, die den gesamten Tätigkeitsbereich der Luftfahrt/Flugsicherung abdecken.
- Anpassung der ATM/ANS-Sicherheitsvorkehrungen an die Besonderheiten der KI-basierten Lösung. Dies erfordert:
 - die Anpassung der Zertifizierung an die Notwendigkeit, KI-Algorithmen häufig zu aktualisieren,
 - das Erstellen notwendiger Prozesse, Verfahren und Tools, um Algorithmen und speziell trainierte/implementierte KI-„Lösungen“ – vor Ort oder in der Cloud – zu überprüfen, um sicherzustellen, dass sie ordnungsgemäß trainiert, integriert und gewartet werden und die beabsichtigten Ergebnisse ohne unbeabsichtigte Nebenwirkungen liefern,

- die Schließung von Fachwissenslücke bei Designern/Entwicklern und Regulierungsbehörden, wenn es um die Einführung von KI in der Luftfahrt bzw. im ATM-Kontext geht,
- die Überprüfung und Anpassung des aktuellen Ansatzes, um einen genauen und vertrauenswürdigen Sicherheitsnachweis zu erbringen,
- die Anwendung eines Verifizierungs-/Validierungsansatzes basierend auf probabilistischer Analyse (Annäherung an eine Lösung innerhalb einer bestimmten Frist).
- die Überlegung, inwieweit die Logik der Lizenzierung von Flugsicherungspersonal und Piloten auf die Validierung/Zertifizierung von Software ausgeweitet werden könnte, die KI-basierte Algorithmen (insbesondere solche im Zusammenhang mit maschinellem Lernen) verwendet.

Die Zertifizierung künstlicher Intelligenz bedarf also auch im Bereich ATM/ANS einer weiteren Justierung anhand traditioneller Zertifizierungsparameter. Erforderlich ist, die bestehenden Zertifizierungsvoraussetzungen der EASA-Grundverordnung und der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1768 sowie der auf ihrer Grundlage bekannt gemachten detaillierten Spezifikationen (DS), akzeptierten Nachweisverfahren (AMC) und Leitfäden (GM) hinsichtlich des Einsatzes künstlicher Intelligenz zu erweitern und um die spezifischen Anforderungen neuartiger ATM/ANS-Systeme und ATM/ANS-Komponenten zu ergänzen.

Am 13. März 2024 wurde die Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für Künstliche Intelligenz („KI-Gesetz“) im EU-Parlament verabschiedet. „Sie dürfte noch vor Ende der Wahlperiode im Rahmen des sogenannten Berichtigungsverfahrens angenommen werden. Auch muss der Rat die neuen Vorschriften noch förmlich annehmen.“ [19]

Der Einfluss der Verordnung auf die Anwendung von KI in der Luftfahrt wird allerdings zunächst nur „indirekter Natur“ sein. Der Luftverkehr wird nämlich weitgehend aus dem Geltungsbereich dieser Verordnung ausgenommen worden. Nach Art. 2 Abs. 2 (in Verbindung mit Anhang II) des KI-Gesetzes soll für Hochrisiko-KI-Systeme, die Sicherheitskomponenten von Produkten oder Systemen oder selbst Produkte oder Systeme sind, die in den Anwendungsbereich der EASA-Grundverordnung fallen, nämlich nur Art. 84 (Bewertung und Überarbeitung) dieser Verordnung gelten. Allerdings enthält der Entwurf in Art. 81

vorzunehmende Änderungen der EASA-Grundverordnung. Danach sollen Änderungen vorgenommen werden in:

- Art. 17, 19 (Durchführungsrechtsakte betreffend die Lufttüchtigkeit)
- Art. 43, 47 (Durchführungsrechtsakte für ATM/ANS-Anbieter und für Organisationen, die an der Konstruktion, der Herstellung oder der Instandhaltung von ATM/ANS-Systemen und ATM/ANS-Komponenten beteiligt sind)
- Art. 57, 58 (Durchführungsrechtsakte für unbemannte Luftfahrzeuge)

Nach diesen sollen beim Erlass bestimmter Durchführungsrechtsakte die in Titel III Kapitel 2 jener Verordnung festgelegten Anforderungen berücksichtigt werden. Dies sind solche Durchführungsrechtsakte, die sich auf Systeme der künstlichen Intelligenz beziehen, bei denen es sich um Sicherheitskomponenten im Sinne der Verordnung über Künstliche Intelligenz handelt, d. h. um einen „Bestandteil eines Produkts oder Systems, der eine Sicherheitsfunktion für dieses Produkt oder System erfüllt oder dessen Ausfall oder Störung die Gesundheit und Sicherheit von Personen oder Sachen gefährdet“ (Art. 3 Nr. 14).

Nach Titel III Kapitel 2 sind damit folgende Anforderungen an Hochrisiko-KI-Systeme der KI-Verordnung zu beachten:

- Art. 8 Einhaltung der Anforderungen,
- Art. 9 Risikomanagementsystem,
- Art. 10 Daten und Daten-Governance,
- Art. 11 Technische Dokumentation,
- Art. 12 Aufzeichnungspflichten,
- Art. 13 Transparenz und Bereitstellung von Informationen für die Nutzer,
- Art. 14 Menschliche Aufsicht und
- Art. 15 Genauigkeit, Robustheit und Cybersicherheit.

Die EASA hat in der „AI Roadmap 2.0“ die notwendigen Aktivitäten im Bereich der Luftfahrt schon grob umrissen, die diese Probleme berücksichtigen und lösen sollen. Es heißt dazu unter „H. Regelungskonzept für KI“ [20]:

„Die Analyse der erwarteten Auswirkungen von KI auf die verschiedenen Bereiche ... erfordert einen gemischten Regelungsansatz, der einerseits bereichsübergreifende Regeln (horizontal) und andererseits bereichsspezifische Regeln (vertikal) umfasst.

Die Entwicklung soll in zwei Schritten erfolgen:

- Schritt 1: Entwicklung eines transversalen Teil-AI (Part-AI), der die drei wichtigsten Bestimmungen enthält, die in den Leitlinien des EASA-Konzeptpapiers vorgesehen sind: Anforderungen an Behörden (Teil-AI.AR), Anforderungen an Organisationen (Teil-AI.OR) und Anforderungen im Zusammenhang mit KI-Vertrauenswürdigkeit (Teil-AI.TR) Darüber hinaus wird erwartet, dass einige akzeptable Nachweisverfahren (AMC) und Leitfäden (GM) das „voraussichtliche MOC“ berücksichtigen, das derzeit in den EASA-KI-Konzeptpapieren genannt ist, um gegebenenfalls auf Industriestandards zu verweisen oder diese zu ergänzen.
- Schritt 2: Analyse der bereichsspezifischen Anforderungen und derjenigen, die ergänzt werden müssen, um eine angemessene regulatorische Grundlage für die Einführung des neuen Teil-AI (Part-AI) zu schaffen.

Dieser Regelungsansatz wird sich auch mit der Notwendigkeit zu befassen haben, Titel III, Kapitel 2 der EU-KI-Verordnung zu berücksichtigen. Der Europäischen Plan für Flugsicherheit (EPAS), Band II [21] enthält bereits einen Rulemaking Task RMT.0742 „Artificial Intelligence Trustworthiness“, im Rahmen dessen 2025 erste Vorschläge für Umsetzungen unterbreitet werden sollen.

Abkürzungsverzeichnis

AI	Artificial Intelligence (Künstliche Intelligenz)
AltMoC	Alternative Means of Compliance (Alternative Nachweisverfahren)
AMAN	Arrival Manager (Anflug-Manager)
AMC	Acceptable Means of Compliance (akzeptierte Nachweisverfahren)
ANS	Air Navigation Service (Flugsicherung)
ASTERIX	All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange (Eurocontrol-Standard für den strukturierten Austausch aller Art von ATS-Informationen)
ATM	Air Traffic Management (Flugverkehrsmanagement)
ATS	Air Traffic Service (Flugverkehrsdienst)
DS	Detailed Specifications (detaillierte Spezifikationen)

EASA	European Union Aviation Safety Agency (Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit)
EUROCAE	European Organization for Civil Aviation Equipment (Europäische Organisation für Zivilluftfahrtausrüstung)
GM	Guidance Material (Leitfäden)
KI	Künstliche Intelligenz
OLDI	On-Line Data Interchange (Online-Datenaustausch)
SESAR	Single European Sky ATM Research Programme (ATM-Forschungsprogramm für den einheitlichen europäischen Luftraum)
TPN	Temporal Planning Network (zeitliches Planungsnetzwerk)

Referenzen

- [1] Ahrenhold, N.; Lüttel, M. (2022): Aufbau eines Demonstrators im Projekt KIEZ4-0 (Künstliche Intelligenz Europäisch Zertifizieren unter Industrie 4.0). Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal-Oberth e. V. (Text). [https://publikationen.dglr.de/?tx_dglrpublications_pi1\[document_id\]=570383](https://publikationen.dglr.de/?tx_dglrpublications_pi1[document_id]=570383).
- [2] Giemulla, E. M.; van Schyndel, H.; Hajda, Th. (2022): Haftung und künstliche Intelligenz (KI) in der Luftfahrt. ZLW – Zeitschrift für Luft- und Weltraumrecht, Heft 3, 349.
- [3] Verordnung (EU) 2018/1139 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2018 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit sowie zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 2111/2005, (EG) Nr. 1008/2008, (EU) Nr. 996/2010, (EU) Nr. 376/2014 und der Richtlinien 2014/30/EU und 2014/53/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 552/2004 und (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EWG) Nr. 3922/91 des Rates (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L 212 vom 22.08.2018, S. 1; Berichtigung: ABl. L 296 vom 22.11.2018, S. 41), geändert durch ABl. L 236 vom 05.07.2021, S. 1.
- [4] Delegierte Verordnung (EU) 2023/1768 der Kommission vom 14. Juli 2023 zur Festlegung detaillierter Vorschriften für die Zertifizierung von Flugverkehrsmanagement-/Flugsicherungs-systemen und deren Komponenten sowie die Abgabe entsprechender Erklärungen (ABl. L 228 vom 15.09.2023, S. 1).
- [5] Durchführungsverordnung (EU) 2023/1769 der Kommission vom 12. September 2023 zur Festlegung der technischen Anforderungen und Verwaltungsverfahren für die Genehmigung von Organisationen, die an der Entwicklung oder Herstellung von Systemen und Komponenten für Flugverkehrsmanagement und Flugsicherungs-dienste beteiligt sind, und zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2023/203 (ABl. L 228 vom 15.09.2023, S. 19).
- [6] Notice of Proposed Amendment 2022-09 „Establishment of a regulatory framework on the conformity assessment of ATM/ANS systems and ATM/ANS constituents (ATM/ANS equipment)“. Aufgerufen am 15.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2022-09>.
- [7] Durchführungsverordnung (EU) 2023/1770 der Kommission vom 12. September 2023 zur Festlegung von Bestimmungen über die für die Nutzung des einheitlichen europäischen Luftraums erforderliche Luftfahrzeugausrüstung und von Betriebsvorschriften für die Nutzung des einheitlichen europäischen Luftraums sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 29/2009 und der Durchführungsverordnungen (EU) Nr. 1206/2011, (EU) Nr. 1207/2011 und (EU) Nr. 1079/2012 (ABl. Nr. L 228 vom 15. September 2023, S. 39).
- [8] Durchführungsverordnung (EU) 2023/1771 der Kommission vom 12. September 2023 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 in Bezug auf Systeme und Komponenten für das Flugverkehrsmanagement und Flugsicherungsdienste sowie zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 1032/2006, (EG) Nr. 633/2007 und (EG) Nr. 262/2009 (ABl. Nr. L 228 vom 15. September 2023, S. 49).
- [9] Durchführungsverordnung (EU) 2023/1772 der Kommission vom 12. September 2023 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 in Bezug auf Betriebsvorschriften für die Nutzung von Systemen und Komponenten für Flugverkehrsmanagement und Flugsicherungsdienste im einheitlichen europäischen Luftraum und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1033/2006 (ABl. Nr. L 228 vom 15. September 2023, S. 72).
- [9] Durchführungsverordnung (EU) 2023/1772 der Kommission vom 12. September 2023 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 in Bezug auf Betriebsvorschriften für die Nutzung von Systemen und Komponenten für

- Flugverkehrsmanagement und Flugsicherungsdienste im einheitlichen europäischen Luftraum und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1033/2006 (ABl. Nr. L 228 vom 15. September 2023, S. 72).
- [10] Durchführungsverordnung (EU) Nr. 2017/373 der Kommission vom 1. März 2017 zur Festlegung gemeinsamer Anforderungen an Flugverkehrsmanagementanbieter und Anbieter von Flugsicherungsdiensten sowie sonstiger Funktionen des Flugverkehrsmanagementnetzes und die Aufsicht hierüber sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 482/2008, der Durchführungsverordnungen (EU) Nr. 1034/2011, (EU) Nr. 1035/2011 und (EU) 2016/1377 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 677/2011 (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L 62 vom 08.03.2017, S. 1; Berichtigung: ABl. L 15 vom 20.01.2020, S. 9, zuletzt geändert durch ABl. L 228 vom 15.09.2023, S. 49).
- [11] Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 der Kommission vom 26. September 2012 zur Festlegung gemeinsamer Luftverkehrsregeln und Betriebsvorschriften für Dienste und Verfahren der Flugsicherung und zur Änderung der Durchführungsverordnung (EG) Nr. 1035/2011 sowie der Verordnungen (EG) Nr. 1265/2007, (EG) Nr. 1794/2006, (EG) Nr. 730/2006, (EG) Nr. 1033/2006 und (EU) Nr. 255/2010 (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. Nr. L 281 vom 13. Oktober 2012, S. 1; Berichtigungen: ABl. Nr. L 145 vom 31. Mai 2013, S. 38; ABl. Nr. L 37 vom 13. Februar 2015, S. 24; ABl. Nr. L 214 vom 13. August 2015, S. 28; ABl. Nr. L 205 vom 29. Juni 2020, S. 14; ABl. Nr. L 17 vom 19. Januar 2023, S. 100, zuletzt geändert durch ABl. L 2024/379 vom 26.01.2024).
- [12] Executive Director Decision 2023/015/R. Aufgerufen am 15.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/agency-decisions/ed-decision-2023015r>.
- [13] Executive Director Decision 2023/016/R. Aufgerufen am 15.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/agency-decisions/ed-decision-2023016r>.
- [14] Detailed Specifications and Acceptable Means of Compliance & Guidance Material for certification or declaration of design compliance of ATM/ANS ground equipment 'DS-GE.CER/DEC – Issue 1'. Aufgerufen am 15.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/138749/en>.
- [15] Detailed Specifications and Guidance Material for statement of compliance of ATM/ANS ground equipment 'DS-GE.SoC – Issue 1'. Aufgerufen am 15.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/138750/en>.
- [16] Seidel, D. (2020). Prädiktion von Anflugsequenzen mit Verfahren des maschinellen Lernens. Innovation im Fokus, 2/20, S. 15–24. Langen: Deutsche Flugsicherung.
- [17] Durchführungsverordnung (EU) 2021/116 der Kommission vom 1. Februar 2021 über die Festlegung des ersten gemeinsamen Vorhabens zur Unterstützung der Durchführung des europäischen Masterplans für das Flugverkehrsmanagement gemäß der Verordnung (EG) Nr. 550/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates, zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 409/2013 der Kommission und zur Aufhebung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 716/2014 der Kommission (ABl. L 36 vom 2. Februar 2021, S. 10).
- [18] European Aviation Artificial Intelligence High Level Group, The FLY AI Report – Demystifying and Accelerating AI in Aviation/ATM, 2020, p. 29 et seq.
- [19] Pressemitteilung des Europäischen Parlaments „Gesetz über künstliche Intelligenz: Parlament verabschiedet wegweisende Regeln“, aufgerufen am 18.03.2024. Verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20240308IPR19015/gesetz-uber-kunstliche-intelligenz-parlament-verabschiedet-wegweisende-regeln>.
- [20] EASA Artificial Intelligence Roadmap 2.0, Cologne 2023. Aufgerufen am 18.03.2024. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/easa-artificial-intelligence-roadmap-20>, p. 20.
- [21] EASA, European Plan for Aviation Safety (EPAS), VOLUME II EPAS actions 2024 Edition. Aufgerufen am 18.03.2024. Verfügbar unter: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/139311/en>. S. 201.

Wissenserhalt in der DFS – Wissen sichern, gezielt fördern und einsetzen

Nathalie Waltenberg

„Wenn DFS wüsste, was DFS weiß.“¹

Wissen gezielt zu fördern und einzusetzen, bedeutet Potentiale zu fördern und die Innovationskraft eines Unternehmens zu sichern. Die Revision der internationalen Norm zum Qualitätsmanagement ISO 9001:2015 trug dieser wachsenden Bedeutung Rechnung [2] indem sie festlegt, dass „Kenntnisse und Fähigkeiten Ressourcen [...] wie alle anderen [sind]“ und dass diese „in der Organisation vorhandenen Kenntnisse und Fähigkeiten erhalten, gepflegt und verfügbar gemacht werden sollen“ [3]. Denn nicht allein das fachliche Wissen der Mitarbeitenden und deren Fähigkeiten, dieses für Unternehmensziele einzusetzen, beeinflussen maßgeblich den Erfolg eines Unternehmens. Vor allem das sogenannte „intellektuelle Kapital“ [4], welches neben Strukturen und Prozessen in erster Linie Beziehungen zu Investoren, Lieferanten, Kunden und besondere Erfahrungswerte umfasst, muss aufrechterhalten, kontinuierlich adaptiert und gezielt vermittelt werden. „Wissensmanagement umfasst alle strategischen und operativen Aktivitäten, die darauf abzielen, den bestmöglichen Umgang mit dem vorhandenen Wissen zu gewährleisten. Gemeint sind hierbei vorwiegend die systematische Suche, Erfassung, Verbreitung, Organisation und Nutzung von Wissen“ [5]. Sogenannte Wissensbilanzen [4] werden hierbei zunehmend als strategisches Management Tool genutzt, um das intellektuelle und immaterielle Kapital eines Unternehmens zukunftsorientiert bewerten und fördern zu können.

Die DFS verfügt derzeit jedoch noch über ein dezentral organisiertes Wissensmanagement. Der Umgang mit dieser so wichtigen Ressource bleibt Mitarbeitern und Vorgesetzten oft selbst überlassen bzw. wird bisher nur punktuell bedient. Selbstverständlich nutzt man hierbei insbesondere im Betrieb und in ausgeprägten technischen Bereichen oft jahrelang erfolgreich

angewendete Vorgehensweisen, um umfassendes Fachwissen und Verfahren bestmöglich weitergeben zu können. Je nach Arbeitsfeld ergänzt durch Einweisungen, Lehrgänge und regelmäßige Schulungen. Auch wird kontinuierliche Netzwerkpflge betrieben, doch gilt dies bei weitem nicht für alle Bereiche. Allgemein ansteigende Komplexität, Überalterung der Belegschaft sowie zunehmend steigende Verrentungszahlen in den kommenden Jahren, erschweren diese Aufgabe immens und lassen einen zunehmenden Bedarf an strukturellem Wissensmanagement sichtbar werden. Auch wenn „Networking Lunch“, „DFS Insights“, „Open Office and Innovation Day“ und andere Angebote interessierten Mitarbeitern mehr Einblicke in andere Bereiche ermöglichen, Silodenken und Hemmschwellen zur Kontaktaufnahme mindern sollen, so bestehen unternehmensübergreifend wenig Erfahrung und probate Hilfsmittel, um wertvolles Wissen nicht nur erhalten und gezielt weitergeben zu können, sondern auch von dessen Vernetzung zu profitieren. Wer sich mit dieser Thematik auseinandersetzen muss, sei es im Rahmen seines eigenen Arbeitsplatzwechsels oder aufgrund des zunehmenden Bedarfes, erkennt eins: Es wird Zeit, etwas zu ändern.

Potentiale schöpfen – Wissensverlust vermeiden

Um zukunftsorientiert und flexibel handeln zu können, muss ein Unternehmen nicht nur sein Wissen halten und bündeln, sondern auch konsequent erneuern und vor allem vernetzen können. Nur so können Potentiale voll ausgeschöpft und innovativ zur Sicherung des Geschäfts und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit eingesetzt werden. Wissenserhalt und Wissensvernetzung finden sich als Unternehmensressource nicht nur in den konzernübergreifenden DFS Zielen verankert (Technologieführerschaft anstreben, Innovation leben, Komplexität reduzieren), sie sind auch fester

¹ in Anlehnung an [1]

Bestandteil der DFS-Werte (Professionalität, Wandel, Miteinander, Vertrauen und Leidenschaft). Der Bereich Planung & Innovationen hat die „Sicherung von Innovationskraft durch Know-how, Tools und Methoden“ in seine Mission mit aufgenommen. Aus diesem Auftrag heraus hat sich die Abteilung Invention & angewandte Forschung in Zusammenarbeit mit dem damaligen DFS-Innovationsboard bereits 2017 dieser Thematik ein erstes Mal gewidmet und verfolgt deren Entwicklung seither.

Das prognostizierte Durchschnittsalter der Mitarbeitenden steigt seit Jahren kontinuierlich an. Der Anteil der Altersgruppe ab 50 Jahren wächst dabei in 2024 auf über 40%. Gerade für diese Mitarbeitenden wird Wissensmanagement und -transfer in den nächsten Jahren ein wichtiger Faktor sein.

Zum drohenden Wissensverlust durch diese sich marktweit verschärfende Entwicklung, kommen teilweise Arbeitsverdichtung aufgrund geringerer bzw. fehlender Nachbesetzung und die daraus resultierenden Herausforderungen. Dem allgemein zunehmenden Fachkräftemangel gilt es ebenfalls entgegenzuwirken. Die DFS ist hier anhaltend aktiv, um im Rahmen von Recruiting Day, Mentorinnen Netzwerk u.v.m., geeigneten Nachwuchs zu finden.

Wissensverlust kann jedoch auch durch wiederkehrende Reorganisationen von Geschäftsbereichen entstehen, da mit veränderten Abteilungs- und Organisationsstrukturen teilweise auch neue Verantwortlichkeiten bei den Prozess- und Aufgabenverantwortlichkeiten einhergehen.

Bereits 2016 wurden im Rahmen der seitens des Teams „Invention & angewandte Forschung“ initiierten und betreuten Masterarbeit „Wissensmanagement als unterstützender Faktor des Innovationsmanagements bei der Deutschen Flugsicherung GmbH“ [6] die Ursachen einer eher konservativen Wissenskultur und das teilweise vertretene Silodenken untersucht. „Dokumente werden eher bereichsintern weitergegeben, das Wissen verbleibt bei einzelnen Personen und Bereichen (knowledge stickiness).“ (S. 64 in [6]) Es wurde deutlich, dass Wissenserhalt und die für eine Unternehmung so maßgebliche Wissensvernetzung ohne strukturelle Veränderungen und gezielte Initiativen nur schwer Fuß fassen können.

Fehlende Übergabestrukturen, fehlende Zeit und fehlende organisierte Unterstützung für Mitarbeiter und Führungskräfte lassen zudem auf alten Methodiken verharren. Bisher praktizierter Know-

how-Transfer beruht in erster Linie auf Dokumenten, Notizen sowie im Optimalfall auf persönlicher Einarbeitung des Nachfolgers (one-to-ones). Geerbte Container (ob Hardcopy, Laufwerke oder Cloud) werden möglichst ausgemistet und sortiert, jedoch selten nur methodisch aufbereitet übergeben.

Doch geht es nicht allein um den Austausch und Erhalt von explizitem Wissen [7], welches sich formell dokumentieren und mit anderen Menschen teilen und diskutieren lässt (zunehmende Nutzung von Share-Point, die Datenbank „wissenschaftliche Arbeiten“ des Personalbereiches, etc.). Es geht vor allem auch um gewonnene Erfahrungen. Wissen z.B. um zukünftig benötigte Veränderungen, welches als implizites Wissen [8] „in den Köpfen“ der Mitarbeiter schlummert und verloren geht, wenn es nicht erkannt, gefördert und geborgen wird. Die für jede Unternehmung so wichtigen Innovationen entspringen einem interaktiven dynamischen Problemlösungsprozess. Sie entstammen einer Idee, einem Lernprozess, der sich nur mit geeigneter Methodik bergen und weitergeben lässt. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, welche ersten Lösungsansätze hierzu intern entwickelt und in den letzten Jahren erprobt wurden.

Was bisher unternommen wurde – wir probieren das einfach mal aus

Im November 2016 stellte Kitty Rimaszekine Nagy die Ergebnisse ihrer von der TU Darmstadt mit Auszeichnung bewerteten Masterarbeit „Wissensmanagement als unterstützender Faktor des Innovationsmanagements bei der Deutschen Flugsicherung GmbH“ dem Innovationsboard der DFS vor. Ziel der Arbeit war es zu betrachten, inwieweit Wissensmanagement das Innovationsmanagement unterstützt, wie der unternehmensinterne Wissenstransfer erfolgt und wie bei der DFS aus erfolgreichen, aber auch aus nicht umgesetzten Innovationsprojekten gelernt wird. Es bestätigte sich, dass die DFS über kein organisiertes Wissensmanagement und keine hierfür entwickelten Tools verfügte. Mitarbeiter sahen sich auch 2016 Hürden bei der Nutzung von z.B. Microsoft OneNote (digitale Notizen) [9] sowie Problemen mit inkompatiblen Datenbanken und Informationssystemen gegenübergestellt. Die Akzeptanz und damit verbundene Nutzung der freiwilligen Arbeitsplatz- und Wissensdarstellungen in DELVE [10] liefen ebenfalls nur schleppend an. Auch wenn 2021 gleich zu Beginn der Corona Pandemie die Microsoft Teams Plattform erfolgreich eingeführt und seitdem als fester Bestandteil neuer erweiterter Arbeitsweisen in der

DFS etabliert werden konnte, so hat sich über eine technisch vereinfachte Vernetzung hinaus, unternehmensübergreifend zum Thema Wissensmanagement (insbesondere Erhalt und Transfer) nicht viel getan. Rückmeldungen aus den Fachbereichen, wie auch aktuelle SharePoint Stichproben lassen hierzu keine wesentlichen Veränderungen erkennen.

Anhand der Ergebnisse der Masterarbeit beschloss die Abteilung Innovationsmanagement & Validierung Anfang 2017 beispielhafte Herangehensweisen zu Know-How-Transfer und Wissensspeicherung zu untersuchen, die in anderen Unternehmen erfolgreich Fuß fassen konnten. Hierbei rückten sowohl verschiedene Wissensplattformen als auch sogenannte Expert-Debriefings in den Vordergrund. Ziel war es, ein DFS-spezifisches Modell zur Integration der ausgewählten Best-Practices zu entwickeln. Die Fraport AG hatte beispielsweise mit der Confluence Software [11] und dem Skywiki Wissensmanagement bereits nachhaltige Erfolge verzeichnen können und teilt weiterhin offen die hierbei gewonnenen Erkenntnisse [12]. Jedoch waren es insbesondere die Wissenslandkarten (z.B. die Job Map der Cogneon GmbH [13]), die eine gute Ausgangsbasis für einen ersten Testlauf zu bieten schienen. Motiviert durch die studentische Arbeit sowie die umfassenden Recherchen, entschied die Abteilung Innovationsmanagement & Validierung Ende 2017 im Rahmen einer weiterführenden Untersuchung, den Pilotversuch einer exemplarischen Wissenslandkarte zu starten. Auf Grundlage einfacher vorhandener Office-Tools, sollte der klassische Link zwischen Wissen bewahren, weitergeben und nutzen einmal selbst gestaltet werden. 2017/2018 wurde die prototypische „Erstellung einer Wissenslandkarte im Rahmen einer strukturierten Know-How-Abfrage von Wissensträgern vor dem Verlassen der DFS“ im Rahmen eines Abteilungsleiterwechsels erfolgreich durchgeführt. Als Grundlage für diese Wissenstransfermethode diente das moderierte Expert-Debriefing, welches insbesondere in seiner ersten Ausarbeitung unerwartete Potentiale aufzeigte. Neben der Identifikation, Sicherung und dem Erhalt des als wertvoll erkannten Wissens, geht es vor allem um die gezielte Aktivierung und Nutzung dessen, was normalerweise nicht im Vordergrund steht, was die eigentliche Innovationskraft eines Unternehmens ausmacht. Das moderierte Abfragen und Hinterfragen von Wissen und Erfahrungswerten eröffnete immer wieder neue Perspektiven auf bereits abgeschlossene, aktuelle und zukünftige Themenfelder und Projekte. Dies wurde bisher einhellig von beteiligten Mitarbeitenden verschiedenster Bereiche als „Goldgrube“

bezeichnet, da erst dieser Austausch immer wieder zu neuen Reflexionen und Anregungen für zukünftige Entwicklungen des Arbeitsfeldes anregte.



Abbildung 1: Expert-Debriefing, moderierte Wissensumwandlung und Strukturierung.

Expert-Debriefings (siehe Abbildung 1) können (je nach Möglichkeit) bereits gezielt mit einem Nachfolger bzw. einer Nachfolgerin durchgeführt werden, was die Übergabe und Einarbeitung immens bereichern und erleichtern kann. Sollte eine direkte Nachfolge hingegen nicht möglich sein, empfiehlt es sich ausreichend Zeit für eine ggfs. tiefergehende Detaillierung einzuplanen. Dies war Ansporn, die Vorteile eines moderierten Expert-Debriefings umfassend zu erproben, um wertvolles Wissen erkennen, bestmöglich darstellen und später optimal aufbereitet weitergeben zu können. Die im Folgenden aufgeführte schematische Abbildung der Wissensvielfalt dieser ersten (Wissens-) Datenbank und deren Vernetzungen vermittelt bereits einen Eindruck hinsichtlich der Potentiale dieser Vorgehensweise (komplexe Wissensdarstellungen und -vernetzung), die weit über bisher übliche „Übergabelisten“ hinausgeht (siehe Abbildung 2).

Und dabei können Wissenslandkarten in der DFS schon mit einfachen Mitteln jederzeit ganz individuell erstellt und genutzt werden. Auf Basis des Mindjet MindManagers, der Bestandteil des aktuellen Office-Paketes ist. Ein Upgrade von Reader auf Vollversion ist kostenlos und erfolgt innerhalb von Minuten. Die gegebenen technischen Voraussetzungen erleichterten den Einstieg enorm, und so konnte in regelmäßigen Tandem-Sitzungen (damals ca. 1,5h, alle 14 Tage) Schritt für Schritt eine Hauptstruktur ermittelt werden, die sich seither immer wieder in der Praxis bewährt hat. Neben dem eigentlichen Herzstück, dem Schwerpunktthema Tätigkeit (ca. 70%), wurde immer wieder Augenmerk sowohl auf die zugrundeliegenden Visionen, den Auftrag und die

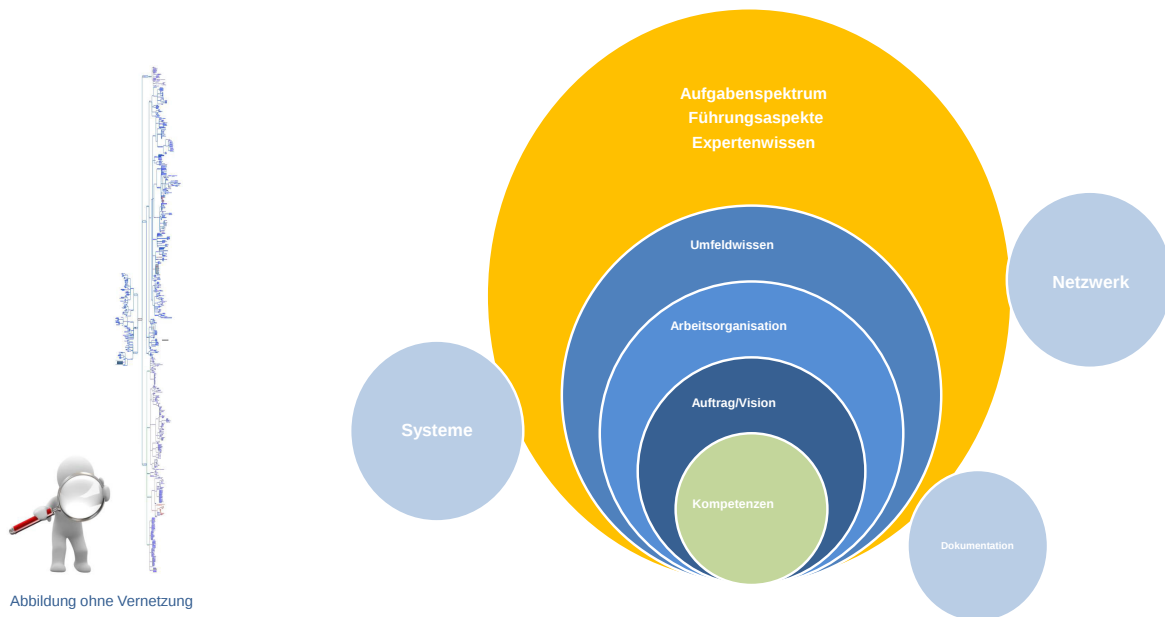


Abbildung 2: Beispiel einer (Wissens-) Datenbank, entfaltete Wissenslandkarte.

Strategie (5%), als auch auf die benötigten und empfohlenen Kernkompetenzen (10%), gelegt. Hinzu kommen gelebte Netzwerke und Kontakte, benötigte Systeme und Zugang zu den wesentlichen Dokumentationen (je nach eher technischer, oder eher fachlicher Gewichtung – insgesamt 15%).

In welcher Reihenfolge eine Wissenslandkarte („Map“, siehe Abbildung 3) erstellt wird, ist dabei frei

wählbar. Es war in den Sitzungen immer wieder faszinierend zu beobachten, wie unterschiedlich hierbei die Herangehensweisen sind. So individuell wie die Mitarbeitenden, ihr Fachwissen und ihre Erfahrungswerte sind, so individuell ist auch jede Map. Wobei das Potential einer vereinfachten Erstellung bei ähnlicher Tätigkeit (z.B. innerhalb eines Berufsfeldes, eines Bereiches oder Teams) bisher noch gar nicht ausgeschöpft werden konnte.

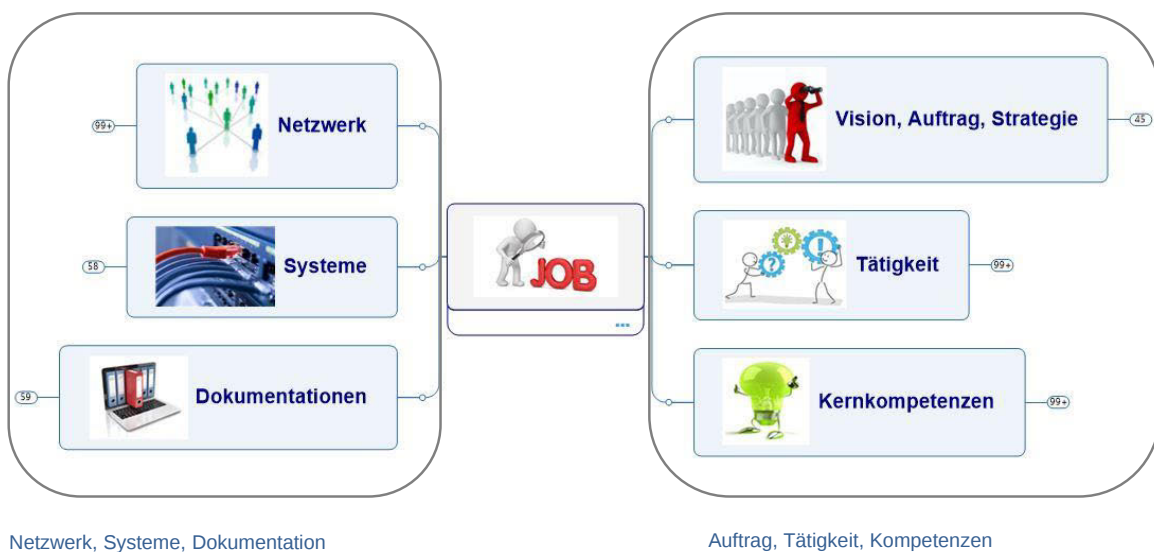


Abbildung 3: Grundstruktur der Wissenslandkarte.

Ein weiteres großes Potential zeigte sich während der Erstellung der ersten exemplarischen Wissenslandkarte für Führungskräfte. Die seitens Mindjet MindManager angebotene Vernetzung von sogenannten thematischen „Tags“ und Schlagwortsuche (dem sogenannten „Power Filter“), hat sich hierbei als absoluter Zugewinn herausgestellt (siehe Abbildung 4). Direkt bei der Erstellung und Ausarbeitung der Map, aber auch gezielt in einer zweiten Bearbeitungsrunde, lassen sich Namen von Ansprechpartnern, Telefonnummern, involvierten Abteilungen, benötigte Systeme, zugrundeliegende Vorgaben, Dokumentation u.v.m. kennzeichnen und bei einer späteren Suche per Schlagwort zusammenhängend anzeigen. Beispiele hierfür sind Projekte (aktuelle, zukünftige, aber auch abgeschlossene), Verfahren (als unverzichtbar gekennzeichnete Vorgänge und Prozesse), Weiterbildungen und vieles mehr. Gerade diese Vernetzung innerhalb der Wissenslandkarte (das „Vertaggen“), bietet bei der Übergabe den Nachfolgern das größte Potential und vielfältige Nutzungsmöglichkeiten. Sollte dies an manchen Stellen immer noch nicht ausreichen, so können grundsätzlich jedem Wissensfeld innerhalb der Map hilfreiche Links und relevante Dokumente hinzugefügt werden.

Aufgrund der überzeugenden Ergebnisse des ersten Pilotversuches wurde empfohlen, weitere exemplarische Wissenslandkarten zu erstellen und hierbei besonderes Augenmerk auf deren Anwendbarkeit hinsichtlich Expertenwissens zu legen. Aufgrund der bereichsintern erhöhten Anzahl ausscheidender Mitarbeiter war hier bald ein Expertenarbeitsplatz gefunden, bei dem erneut der Zeitpunkt der Nachbesetzung und eine damit verbundene Übergabe noch unklar waren. Frühzeitig konnte gemeinsam mit den Kollegen eine erste Expertenwissenslandkarte erprobt und zahlreiche neue Erkenntnisse gewonnen werden. Der Anfangszeitpunkt für die Debriefing-Termine wurde in diesem Fall auf ca. 9 Monate vor dem eigentlichen Ausscheiden gelegt, um Resturlaub, Tagesgeschäft und etwaige Ausfälle ausreichend abpuffern zu können. In diesem zweiten Pilotversuch bestätigte sich auch die Grundstruktur der Wissenslandkarte als sehr hilfreiches Gerüst, welches mit ausgewählten Beispielen vorheriger Sitzungen gespickt, zahlreiche Denkanstöße bot, um neben dem reinen Alltagsgeschäft für diese Expertenrolle wesentliches Wissen bergen und aufbereiten zu können. Besonders beeindruckend war hier auch wieder die individuelle Vorgehensweise, die nicht allein die Persönlichkeit und arbeitsplatzspezifische Denkweise des Mitarbeiters widerspiegeln und fest-

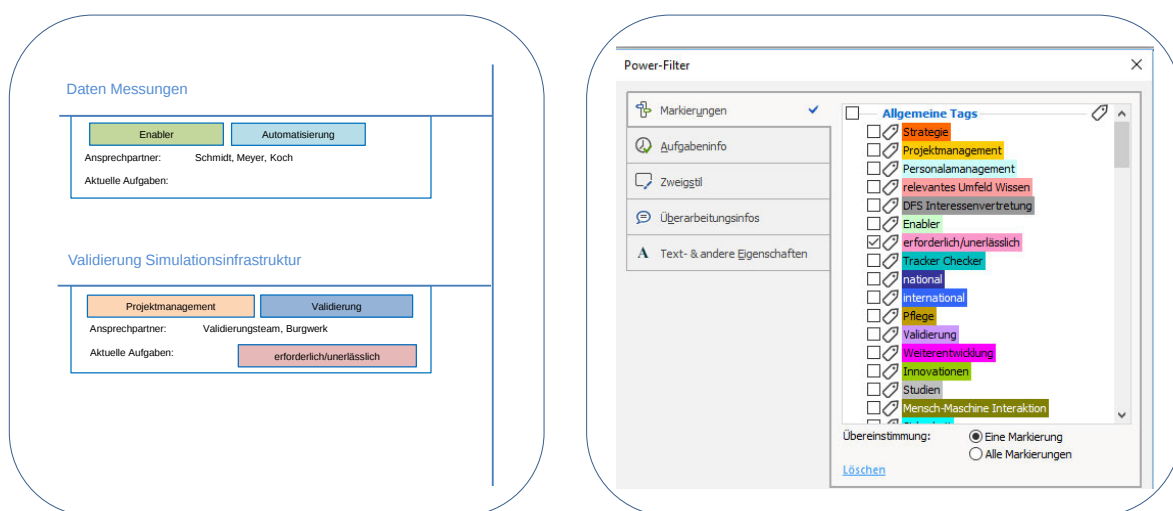


Abbildung 4: Gezielte Nutzung der Tags und des Power-Filters, unerwartetes Potential.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit für die jeweilige Abteilungsleitung und den involvierten Personalbereich eröffnete sich auch durch die Abfrage spezieller Themenbereiche. Wie z. B. zur Einschätzung der Anforderungen an eine Nachbesetzung und die zu erwartende benötigte Einarbeitungszeit.

halten konnte, sondern auch zugleich die flexible Anwendbarkeit der Wissenslandkarte verdeutlichte. In diesem Fall, wie auch bei der ursprünglichen Wissenslandkarte der ehemaligen Führungskraft, konnten die Ergebnisse im Nachgang dem jeweiligen Nachfolger zur Verfügung gestellt und wesentliche

Inhalte und Erfahrungswerte zum Teil gemeinsam, als auch über ein Moderatorenbriefing vermittelt werden. Die Wissenslandkarte wurde über mehrere Monate gezielt bei der Einarbeitung des Nachfolgers eingesetzt.

Aufgrund der weiterhin sehr positiven Rückmeldungen und des anhaltenden Bedarfes fand 2021 im Rahmen von Workshops zur Ausarbeitung der Ziele für die Strategie „DFS 2030, Leading to future air mobility“, ein erneuter (dieses Mal bereichsübergreifender) Austausch zu Wissensmanagement statt. Gemeinsam mit Vertretern des Innovationsboards, des Personalbereiches und anderer interessierter Fachbereiche wurden drei für die DFS relevante Säulen des Wissensmanagements herausgearbeitet. Wissenserhalt, Wissenstransfer und Wissensvernetzung. Diese dienen nicht nur der direkten Sicherung und dem Transfer dieser unternehmenswichtigen Ressource. Es wurde auch bewusst Augenmerk auf eine zukünftige Stärkung der internen Wissenskultur gelegt. Es wurden Motivation, Toolset und Bedingungen betrachtet sowie konkrete Vorschläge zur weiteren Vorgehensweise erarbeitet, welche sowohl kurzfristige als auch langfristige Perspektiven aufzeigen. Mit einem gemeinsamen Ziel: Wissen erhalten, Übergabe gestalten und vernetzen.

Die Umsetzung der im Rahmen der Strategieworkshops ausgearbeiteten Ziele und Lösungsansätze konnte DFS-weit noch nicht verwirklicht werden. Zumindest bereichsintern konnten die hierzu gesammelten Erfahrungen bei verschiedenen Übergabeprozessen ausscheidender Spezialisten (Experten) sowie im Rahmen vereinzelter interner Beratungen Anwendung finden. So auch beim vorruhestandbedingten Ausscheiden eines Radarexperten aus dem Bereich Tracker Validierung. Hier konnte das erste Mal ein erweitertes Debriefing- und Transfermodell aus Experte, Teamkollegin und Moderator erprobt und als aktiver Teil der „Staffelübergabe“ eingesetzt werden. Diese Vorgehensweise wurde in der Zusammenarbeit gezielt gesteuert, um Überlappungen zu vermeiden, und ermöglichte dadurch, neben den reinen Wissens- und Erfahrungswerten des ausscheidenden Experten, auch individuelle, auf die zwischenzeitlich übernehmende Teamkollegin abgestimmte Aspekte mit aufzunehmen. So entstand eine zweite leicht überarbeitete bzw. ergänzte Endversion, welche die jeweiligen Vorgehensweisen und Bedarfe der Interims-Übernahme und später erfolgenden eigentlichen Nachbesetzung abbildete.

Der Wert der mit dem skizzierten Verfahren erzielten Ergebnisse wurde von der für den ausscheidenden Experten zuständigen Führungskraft wie folgt gewürdigt:

„In der Kürze der Zeit war es unglaublich zu sehen wie viele Schnittstellen, Ansprechpartner und verschiedene Themenstellungen in der Wissenslandkarte Schritt für Schritt sichtbar wurden - sogar für den Wissensträger selbst. Auch wenn Arbeitsweisen und Themenschwerpunkte der Tandempartner differrent sind, war die Wissenslandkarte mit vielen Informationen hilfreich. Der Arbeitsaufwand zur Erarbeitung einer Wissenslandkarte sollte in keinem Fall unterschätzt werden, aber es lohnt sich und ich bedanke mich sehr bei den Kolleginnen und Kollegen für Ihre Geduld und die viele exzellente Arbeit.“ [14].

Fazit – es ist zielführend, gut umsetzbar und lohnt sich

Bereits der Pilotversuch hatte veranschaulicht, dass mit Hilfe von Wissenslandkarten Wissen nicht nur strukturiert aufbereitet und bewahrt, vor allem aber effizient weitergegeben werden kann. Auch über die Übergabe hinaus kann die Wissenslandkarte (Map) gezielt in der Praxis angewendet werden. Wissenslandkarten haben sich als probates Mittel zur Sicherung des Wissenserhalts und des Wissenstransfers bewährt. Insbesondere im Hinblick auf Mitarbeitende, die das Unternehmen verlassen sowie für Nachfolgeregelungen bei Stellenwechseln. Sie lassen sich mit einfachen, vorhandenen Mitteln darstellen und sind sehr hilfreich und effizient in Umsetzung und Anwendung. Sie ermöglichen eine individuelle Gestaltung, welche auch auf die zukünftigen Begebenheiten eines Arbeitsplatzes hin ausgerichtet werden kann. Sie vermitteln zudem Wertschätzung gegenüber den ausscheidenden Mitarbeitenden, indem ihr über Jahre spezialisiertes Wissen, ihre Erfahrungen sowie die für das Unternehmen erbrachten Leistungen sichtbar und gewürdigt werden. Die Ersterstellung ist je nach Vorgehensweise mitunter zeitintensiv, veranschaulicht jedoch auch gerade dadurch den tatsächlich drohenden Wissensverlust, wenn z. B. erst im Moderationsprozess relevantes Wissen erarbeitet und hervorgehoben („geborgen“) werden konnte. Grundsätzlich lässt sich jede Wissenslandkarte und der dafür veranschlagte Zeitaufwand und Zeitraum individuell bestimmen. Mehrere 1,5-stündige Tandemsitzungen (z.B. einmal wöchentlich, über einen Zeitraum von 2–3 Monaten), bieten einen ausreichenden Rahmen für die eigentliche Erstellung und Ausarbeitung gewünschter Detailtiefen. Sicherlich kann man dies ggfs. durch einen erhöhten Eigenbearbeitungsanteil verkürzen, doch hat sich auch hier gezeigt, dass eine realistische Planung wichtig ist. Nicht allein, weil Wissenslandkarten neben dem normalen Tagesgeschäft erstellt werden sollen, sondern auch, weil Dienstreisen, Urlaube und Krankheiten bei einem oder mehreren Beteiligten zu Verlängerungen der

Bearbeitungszeit führen. Bisher gewählte Zeiträume lagen deshalb bewusst möglichst 6–9 Monate vor Ausscheiden bzw. Stellenwechsel.

Sowohl die Grundstruktur als auch das Zur-Verfügung-Stellen ausgewählter exemplarischer Beispiele vorangegangener Wissenslandkarten haben sich bewährt und als wertvoll erwiesen. Gemeinsam bilden sie einen geeigneten Rahmen, um individuell mit wenigen Eingaben eigene spezifische Themenfelder erarbeiten und vervollständigen zu können. Der Umfang (die jeweilige Detailtiefe) einer Wissenslandkarte sowie die gezielte Nutzung des Potentials der Schlagwortsuche durch Setzen fachspezifischer Tags und Kontaktinformationen können hierbei jederzeit frei gewählt werden. Zeitpunkt und Nutzung eines noch unbekannten Mediums in einer Phase oft gleichzeitig erhöhter Arbeitslast können ggfs. aber auch abschrecken. Die jeweils probate Vorgehensweise für eine anstehende Übergabe sollte deshalb sicherlich auch weiterhin gemeinsam mit der Führungskraft gewählt werden.

Es sind jedoch gerade eben diese Hürden (Zeit, Kommunikation, probate Mittel), die aus Sicht der Teilnehmer der bereits erwähnten Strategiewerkshops „DFS 2030, Leading to future air mobility“ oft schon mit einfachen Ansätzen positiv beeinflusst werden könnten. So zum Beispiel auch durch den Einsatz des vom Personalbereich exemplarisch entwickelten „Leitfaden: Erfassen & Erhalt von Wissen für Führungskräfte“ [15], der im Rahmen der Workshops gemeinsam noch um gewonnene Erkenntnisse aus der Erstellung von Wissenslandkarten ergänzt werden konnte. Dieser Leitfaden wäre auch aus aktueller Sicht heraus sicherlich von großem Nutzen für betroffene Fachbereiche, da er direkte Hilfestellungen zum Wissenserhalt biete. Nicht nur bei ausreichendem Vorlauf, sondern gerade auch in zeitlich eng gesteckten Übergabesituationen, wenn es gilt, die wesentlichen Aspekte eines Tätigkeitsfeldes nicht aus dem Auge zu verlieren. Ein späteres Pendant für Mitarbeitende zur Vorbereitung ihres Wechsels bzw. Ausscheidens wäre ebenfalls eine sinnvolle Ergänzung.

Darüber hinaus empfiehlt es sich, das gewonnene Wissenspotenzial nach erfolgter Übergabe nicht wieder außer Acht zu lassen. So sind Wissenslandkarten nicht nur als „Übergabedatenbanken“ zur Einarbeitung in ein bestimmtes Themenfeld, sondern insbesondere auch als probates Mittel zur weiteren Sicherung gezielt ausgewählten Fachwissens, neuer Kontakte und zukünftiger Ausrichtung des Arbeitsgebietes zu sehen und zu nutzen. Im Rahmen eines geringfügigen Aufwandes (max. 30 min pro Monat),

für den dem Mitarbeitenden Zeit zur Verfügung gestellt werden sollte, lassen sich Wissenslandkarten unkompliziert aktualisieren und ggfs. erweitern und können somit auch im Tagesgeschäft als wertvolles Arbeitsmittel eingesetzt werden. Dies gilt auch bei Vertretungen und Analysen für etwaige fachliche Neuausrichtungen oder bei späteren Neubesetzungen. All dies wurde bereits erfolgreich erprobt – es lohnt sich!

Was ist seitdem geschehen – was wird aktuell gemacht?

Aus den in einzelnen Bereichen gewonnenen positiven Erfahrungen zu Wissenserhalt und -transfer sollte nun eine DFS-übergreifende Struktur für das Wissensmanagement aufgebaut werden.

Die anhaltende demografische Entwicklung, sowie ein erhöhter Vernetzungsaufwand aufgrund von Umstrukturierungen machen jedoch zunehmend deutlich, dass bisher angewendete Methoden und Verfahren in bestimmten Situationen zukünftig mitunter nicht mehr ausreichen werden, um alles relevante Wissen sichern zu können. Bisherige Vorgehensweisen könnten zu aufwendig und ineffizient für spezielle Personalsituationen werden, akuter Verlust von Fachwissen drohen. Rückmeldungen aus dem Unternehmen machen deutlich, dass insbesondere in spezialisierten Fachbereichen Mitarbeiterabgänge und -wechsel mitunter kritisch gesehen werden und diese sich teilweise auch zeitlich nur mit erhöhten Anstrengungen bewältigen lassen. Es werden Hilfsmittel für gangbare zukunftsorientierte Lösungen und strukturelle Unterstützung gesucht.

Eine aktuelle Marktbetrachtung der derzeitigen Best Practices, angebotenen Dienstleistungen und effizientesten Wissensmanagementtools ergab (mit Ausnahme zunehmender Anwendungen von Wissensplattformen im Tagesgeschäft von Startup Unternehmen) keine wesentlichen Änderungen, neuen Erkenntnisse oder Vorgehensweisen. Es werden weiterhin sowohl vor allem strukturelle als auch technische Angebote empfohlen, um Vertrauen und Akzeptanz bei den Mitarbeitenden zu fördern, um dieser wichtigen Ressource „Kenntnisse und Fähigkeiten“ auch einen geeigneten Rahmen zur Vernetzung bieten zu können.

Netzwerkpflege wird in der DFS durchaus gelebt. Sei es im Rahmen von Networking-Lunches, Fachkolloquien, projektbezogenen „Knowledge-Brokern“, Mentoring, Involvierung von Endnutzern oder schlichtweg beim Gespräch an der Kaffeemaschine.

Doch bestehen darüber hinaus nach wie vor Hürden bei der Nutzung unterschiedlicher Tools, Datenbanken und Informationssysteme, um allein die klassische Frage „Wer weiß was?“ beantworten zu können. Die einzige Ausnahme bietet bisher die eigens hierfür angelegte sogenannte Positionsdatenbank [16], in der abgestimmte Kurzerläuterungen zu betrieblich-technischen Themen und Projekten hinterlegt werden können, um in- und externe Kommunikation zu erleichtern. Doch auch wenn schon erste Ideen für eine mögliche zukünftige Ausweitung des DFS internen Vernetzungsangebotes vorliegen [17], gilt es derzeit jedoch vor allem, die anhaltende Problematik eines drohenden Wissensverlustes wieder ins Bewusstsein zu rücken.

Seit der Erstellung der letzten Wissenslandkarten konnten die gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse zumindest im kleinen Rahmen immer wieder mit anderen Bereichen geteilt werden. Sei es in Gesprächen und Kurzeinweisungen, oder auch durch zur Verfügungstellung geeigneter Vorlagen. Die hierbei entstandenen Rückmeldungen wurden Ende 2023 nun auch in Form einer exemplarischen „Expert-Map“ zusammengefasst.

Empfehlung

In einem ersten Schritt bedarf es sicherlich lediglich eines kleinen gut abgestimmten „Werkzeugkastens“, auf den alle Unternehmensbereiche jederzeit zugreifen können, um Engpässe zu entschärfen und die Etablierung einer für die DFS maßgeschneiderten Wissenskultur zu fördern. Der seitens des Personalbereiches erstellte Leitfaden sowie die exemplarischen Wissenslandkarten stünden hierfür bereits zur Verfügung. Sie könnten durch evtl. aktuell noch nicht bekannte weitere „Best Practices“ anderer Bereiche des Unternehmens ergänzt werden und damit zugleich die Vernetzung innerhalb der DFS vorantreiben.

Wie so etwas aussehen könnte, zeigen die Aktivitäten eines kleinen Teams unter Leitung von Heinz-Michael Kraft im Bereich Betriebliches Leistungsmanagement & Entwicklung. „Wir haben uns im Team – neben unseren eigentlichen Aufgabenstellungen – in den letzten 15 Monaten intensiv mit der Frage des Wissenstransfers beschäftigt. Getrieben von der Erkenntnis, dass Wissen DIE wesentliche Grundlage für Kompetenz und deren Entwicklung ist, dass das Wissen der Mitarbeitenden letztlich Unternehmenskapital ist, es viel Zeit und Geld kostet es zu erlangen, anzureichern und zu erhalten, es sich aus Erfahrungen, Erfolgen und auch Fehlern speist und dass jeder nicht erfolgte Wissenstransfer und jede

nicht erfolgte Wissensdokumentation einen Kapital- und Zeitverlust für ein Unternehmen bedeutet und eventuell sogar Fehlerrisiken erhöht, haben wir uns intensiv mit der Frage befasst, welche Mittel, Medien und Wege für einen Wissenstransfer verfügbar wären, wie und in welchen Fällen sie am sinnvollsten einsetzbar sind und auch – wenn auch nur in einem groben Rahmen – welcher Aufwand dahinter steckt. Wir haben daraus Übersichtslisten für unterschiedliche Szenarien, ein Kompendium als Nachschlagewerk und einen Leitfaden mit Anhang erarbeitet mit dem Ziel unsere Bereichskolleginnen und -kollegen in diesem Thema Unterstützung geben zu können.“[18]

Eine zeitnahe Bedarfserhebung zur objektiven Bewertung der aktuellen Situation hinsichtlich strukturierter Unterstützung zur Sicherung von Fach- und Expertenwissen scheint ebenfalls zielführend. Bereits 2017 wurde eine solche Erhebung das erste Mal in Erwägung gezogen. Hierbei sollte besonderes Augenmerk sowohl auf evtl. direkt drohenden Wissensverlust als auch auf mögliche Einschränkungen hinsichtlich Weiterentwicklung und Potentialentfaltung gelegt werden. Gleichzeitig könnten „Best Practices“ unternehmensweit abgefragt und die hierzu von Mitarbeitern und Führungskräften gesehenen Potentiale genutzt werden. Die gesammelten Ergebnisse würden einer strategischen Bewertung und zukünftigen Ausrichtung sicherlich dienen. Vor allem gilt es jedoch, die Rahmenbedingungen der Mitarbeitenden und Führungskräfte diesbezüglich im Blick zu behalten (Zeit, Kommunikation, probate Mittel). Wissensmanagement kann sich nur dann erfolgreich etablieren, wenn dessen Akzeptanz und damit verbundene Umsetzung unterstützt und unternehmensweit gefördert wird.

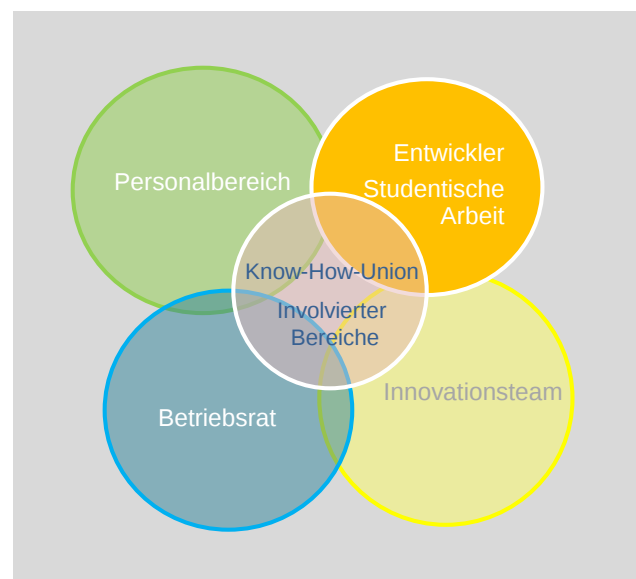


Abbildung 5: Konzeptionelles Startup-Team, Know-how-Union aus Vertretern relevanter DFS-Bereiche.

Die Möglichkeit der Bildung einer „Know-how-Union (siehe Abbildung 5)“, eines Startup-Teams, wurde 2021 hierfür schon einmal in Betracht gezogen. Ziel wäre es, vor allem Expertenwissen im Unternehmen sowohl bestmöglich erhalten und vermitteln als auch zunehmend Potential und Innovationskraft daraus schöpfen zu können und Lösungen für ein auf die Bedürfnisse der DFS abgestimmtes Wissensmanagement konzeptionell zu erarbeiten und zu etablieren.

Denn auch wenn sich das Feedback zu den bisher erstellten Wissenslandkarten durchweg positiv gestaltet hat und die erarbeiteten Vorlagen einem größerem Nutzerkreis zur Verfügung gestellt werden könnten, würde dies vermutlich nicht ausreichen, dieser unternehmenswichtigen Ressource genügend Aufmerksamkeit zu schenken. Geschweige denn, sie angemessen zu fördern. Es gilt nicht nur akut betroffene Bereiche zu entlasten, indem geeignete Hilfsmittel angeboten werden. Es ist an der Zeit, fundierte Grundlagen zu schaffen, um die Innovationskraft und die damit verbundene zukünftige Handlungsfähigkeit nachhaltig zu sichern.

Abkürzungsverzeichnis

DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
ISO	Internationale Organisation für Normung

Referenzen

- [1] Davenport, Thomas H. & Prusak, Laurence (1999). Wenn Ihr Unternehmen wüsste, was es alles weiß (Das Praxisbuch zum Wissensmanagement). ISBN-10: 3478364701, ISBN-13: 978-3478364706.
- [2] Liesch, Dirk (2016). Wissensmanagement im Qualitätsmanagement (ISO9001:2015). Aufgerufen am 10.05.2024. Verfügbar unter: <https://wisensmanagement.open-academy.com/wm-und-qualitaetsmanagement/>
- [3] Wikipedia (2023). ISO 900, Norm ISO 9001. Aufgerufen am 12.02.2024. Verfügbar unter: https://de.wikipedia.org/wiki/ISO_9001
- [4] Kahrs, Detlef & Orth, Roland (2015). Mit der Wissensbilanz zur neuen ISO 9001. Wissensmanagement Das Magazin für Digitalisierung, Vernetzung & Collaboration. Aufgerufen am 15.05.2024. Verfügbar unter: https://www.wissensmanagement.net/themen/artikel/artikel/mit_der_wissensbilanz_zur_neuen_iso_9001.html?no_cache=1
- [5] Lanuschny, Sandy (2022). Wissensmanagement: Definition, Zweck, Methoden (online Magazin Papershift, Lexikon Mitarbeiterintegration). Aufgerufen am 12.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.papershift.com/lexikon/wissensmanagement>
- [6] Rimaszekine Nagy, Kitty (2017). Wissensmanagement als unterstützender Faktor des Innovationsmanagements bei der Deutschen Flugsicherung GmbH, M.Sc. Verkehrswesen (Traffic and Transport). Technische Universität Darmstadt.
- [7] Wikipedia (2024). Explizites Wissen. Aufgerufen am 27.02.2024. Verfügbar unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Explizites_Wissen
- [8] Wikipedia (2024). Implizites Wissen. Aufgerufen am 27.02.2024. Verfügbar unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Implizites_Wissen
- [9] Microsoft 365 (2024). One Note. Aufgerufen am 27.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/onenote/digital-note-taking-app>
- [10] Microsoft 365 (2024). Delve, Delve for Admins. Aufgerufen am 27.02.2024. Verfügbar unter: <https://learn.microsoft.com/en-us/sharepoint/delve-for-office-365-admins>
- [11] Atlassian (2024). Confluence, Goodbye silos, hello teamwork. Aufgerufen am 27.02.2024. Verfügbar unter: <https://www.atlassian.com/software/confluence>
- [12] Seibert Media (2019). Skywiki bei der Fraport AG – von MediaWiki zu Confluence. Aufgerufen am 27.02.2024. Verfügbar unter: <https://infos.seibert.group/display/Productivity/Skywiki+bei+der+Fraport+AG+-+Von+MediaWiki+zu+Confluence>
- [13] Cogneon GmbH (2024). Cogneon, Cogneon Akademie – Keep Calm & Learn On. Aufgerufen am 27.02.2024. Verfügbar unter: <https://cogneon.de/>
- [14] Dalitz, Y. (2024). Leiterin Ortsdaten & Service. Persönliche Kommunikation.
- [15] DFS Personalbereich (2021). Leitfaden: Erfassen & Erhalt von Wissen für Führungskräfte. DFS-internes Dokument.
- [16] Damm, T., Groeneveld, E. & Filbrich, I. (2024). DFS Positionen, Betrieblich-technische Positionen, DFS-interne Datenbank. Aufgerufen am 10.05.2024. Verfügbar im DFS Intranet unter: <https://dfsde.sharepoint.com/sites/dfs-positionen>
- [17] DFS Team Invention & angewandte Forschung (2021). Konzept zum Aufbau einer gelebten Know-How-Plattform zur Wissensvernetzung in der DFS, „Job Box“ Einen Schritt weiter gehen. DFS-internes Dokument.
- [18] Kraft, H.-M. et al. (2024). DFS Betriebliches Leistungsmanagement & Entwicklung. Persönliche Kommunikation.

Das L-Band Digital Aeronautical Communication System – LDACS

Thorsten Kisters & Armin Schlereth

Einleitung

Die Bord-Boden-Kommunikation zwischen Flugsicherung und Flugzeug erfolgt heute in allen Phasen des Fluges über Sprechfunk (Voice Communication) und Datenfunk (Datalink). Für den Sprechfunk wird seit 75 Jahren das DSB-AM-Modulationsverfahren verwendet. Data Link nutzt D8PSK im gleichen VHF-Frequenzband und wird mit VHF Data Link Mode 2 bezeichnet (VDLM2).

VDLM2 wird heute für die Controller zu Pilot Kommunikation genutzt (CPDLC – Controller Pilot Data Link Communication) im oberen Luftraum (UAC=Upper Area Control) oberhalb circa 7500m und im Towerbereich (TWR = Tower) für die Anwendungen D-ATIS (Aeronautical Terminal information Service) und Departure Clearance (DCL) eingesetzt. Die Nutzung im oberen Luftraum ist seit 2013 mandatiert eingeführt. Die CPDLC-Dienste beinhalten ausschließlich Routinekommunikationen zwischen Lotse und Pilot wie zum Beispiel für die Übergabe zwischen Sektoren. Zeitkritische Anwendungen sind mit VDLM2 aufgrund des verwendeten Kanalzugriffsverfahrens und der geringen Bandbreite (25 kHz) nicht möglich.

Die ANSPs greifen für die notwendige Datenversorgung auf Datalink Service Provider (DSP) zurück, die die Funkinfrastruktur am Boden bereitstellen und den Datenverkehr über einen ATN-Router mit den ANSPs austauschen.

Sowohl durch die stark anwachsende Verkehrsentwicklung vor allem im zentraleuropäischen Luftraum, sowie durch die steigende Anzahl an für Datalink ausgerüsteten Flugzeugen, als auch durch die zunehmende Nutzung von CPDLC, wird heute bereits die technologische Kapazitätsgrenze erreicht. Dies führt zu Verbindungsabbrüchen bei der Bord-Boden-Kommunikation (provider aborts) und in der Folge zu betrieblichen Einschränkungen hinsichtlich Kapazität. Für etwa 2030 wird laut einer Eurocontrol-Studie der sogenannte „capacity crunch“ erwartet, bei dem das Angebot an Übertragungskapazität die Nachfrage nicht mehr erfüllen kann.

Weitere Anforderungen an die verfügbare Bandbreite zeichnen sich ebenfalls ab. Die verfügbare Daten-Bruttorate beträgt bei VDLM2 nur 31,5 Kbit/s und kann damit weitere Anforderungen absehbar nicht erfüllen.

Zukünftige Anforderungen an Datalink

Neben der wachsenden Zahl an Nutzern und der Erweiterung der CPDLC-FVK-Anweisungen zeichnen sich weitere Anforderungen seitens der ANSP ab. Die erwartete Verkehrsmenge kann zukünftig nur durch weitere Automatisierung gesteuert werden. Diese Automatisierung erfordert wiederum mehr Digitalisierung, welche erhöhte Anforderungen an Übertragungsbandbreite, Latenzen und robuste sowie cybersichere Datenverbindungen hat. Die Vision eines „Digital European Sky“ ist im SESAR 3 Joint Undertaking Work Programme mit dieser Zielsetzung verankert [1].

Hierfür sind die zukünftigen Informationsmodelle bereits in der Umsetzungsphase und müssen nun ebenso für eine Bord-Boden-Kommunikation verfügbar gemacht werden. Dies betrifft

- TBO (Trajectory Based Operations)
- SWIM/FF-ICE (System Wide Information Management / Flight and Flow – Information for a Collaborative Environment)

Mit der zunehmenden Digitalisierung steigt auch hier der AOC (Airline Operator Communications)-Bedarf an Bandbreite für z.B. Engine Monitoring / Predictive Maintenance.

Weiter in der Zukunft liegende Anforderungen sind denkbar für RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), Autonomie von Luftfahrzeugen und -systemen oder Aircraft as a Sensor zum Beispiel für meteorologische Daten (EASA Whitepaper [2]) mit weitergehender Vernetzung der Luftfahrzeuge untereinander.

Um diese Anforderungen in der Zukunft adäquat zu unterstützen, sind zwei Technologien zu einem hohen Reifegrad entwickelt worden. Diese werden aktuell standardisiert und getestet.

- SATCOM – Dienst für Satelliten Communication
- LDACS – Dienst für terrestrische Communication

Für SATCOM wurden Anfang 2024 zusammen mit dem Provider Inmarsat und Luftfahrzeugen von EasyJet erste pre-commercial Flights unter Kontrolle UAC Karlsruhe durchgeführt. Es wird erwartet, dass Ergebnisse der Testphase Ende des Jahres vorliegen.

Die Entwicklung von LDACS hat beginnend mit SESAR 2020 bis heute ebenfalls einen Reifegrad erreicht, der eine erweiterte Testphase ermöglicht. Zunächst wurde im Deutschen Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo) mit den Projekten ICONAV und MICONAV die Entwicklung vom Labor bis zum ersten Testflug bestritten.

In diesem Jahr wird im Rahmen von LuFo mit dem Projekt „PaWaDACS“ die erste vernetzte Bodeninfrastruktur vorbereitet. Mit Industrieprototypen der LDACS-Sender/Empfänger eingebaut in ein Testfahrzeug der DLR sollen weitere Tests zur Mobility durchgeführt werden. Hierfür wird erstmals auch Funkinfrastruktur der DFS eingebunden (Funkstelle Stuttgart-Berkheim, siehe Abbildung 4) und als LDACS Ground Station ausgerüstet sowie an das DFS-Netz angeschlossen.

Future Communication Infrastructure (FCI)

Um die Kapazität für Datenkommunikation zu erhöhen, sind kurzfristige Maßnahmen für VDLM2 geplant, wie etwa die Nutzung weiterer VHF-Sprechfunkfrequenzen. Aufgrund der starken Belastung des Frequenzspektrums in Europa ist eine derartige Skalierung langfristig nicht darstellbar. Eine Lösung hierfür ist die Bereitstellung weiterer Technologien für Datalink-Services.

Das Konzept zur Future Communications Infrastructure (FCI) sieht daher eine Multilink-Strategie vor, die verschiedene Technologien für Datalink beinhaltet (siehe Abbildung 1).

Weiterhin sollen zukünftig nur noch Internet Protocol Services (IPS) genutzt werden, wie dies für Boden/Boden-Kommunikation bereits heute der Standard ist (z.B. Pan European Network Services / PENS)

FCI / Multilink ist mittlerweile im ICAO Global Air Navigation Plan (GANP) und im European ATM Master Plan verankert.

Multilink schafft die Voraussetzungen für ein vernetztes „System Luftfahrt“, in dem alle Beteiligten den jeweils besten Kommunikationsweg wählen können.

- VDLM2 ist eine heute verfügbare Datalink Technologie, die weit verbreitet genutzt werden kann
- AEROMACS als reiner Airport Link wird zurzeit in Europa nicht verwendet
- SATCOM kann als Datalink Service in allen Flugphasen und für alle geographischen Gebiete zur Verfügung stehen, welche keine Bodeninfrastruktur ermöglichen (Ozean, Wüste, unbewohnte Gebiete)
- LDACS kann als terrestrischer Datalink Service

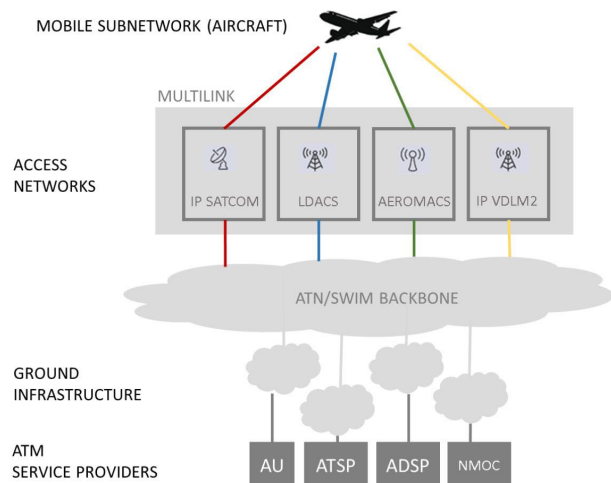


Abbildung 1: Future communications infrastructure and multilink for the long term (FCI, Quelle: EUROCONTROL [3]).

breitbandig sowohl als Primär- als auch als Sekundär-Service zur Verfügung stehen

Technologie

LDACS basiert ähnlich wie die 4G LTE Technologie auf der Nutzung von OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) und Multi-Carrier-Technologie. Die Nutzung ist im Frequenzband 960 – 1164 MHz vorgesehen. Hierbei ergeben sich folgende Parameter:

- Anzahl Subcarrier 64 (50 genutzt)
- Bandbreite 625 / 488 kHz

- Frequenzabstand Carrier 9,765625 kHz
- Netto Datenrate 561 kbit/s bis 2,6Mbit/s

Eine adaptive Modulation/Codierung mittels QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) bis zu 16 / 64-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ermöglicht eine stabile Datenübertragung in Abhängigkeit der Verbindungsqualität.

Für zeitgleiches bi-direktionales Senden und Empfangen werden zwei verschiedene Frequenzbänder verwendet (Forward Link 1110 – 1125 MHz, Reverse Link 964 – 979 MHz).

LDACS ist ein zell-basiertes Punkt- zu Multipunkt-system in der sternförmig die Airborne Stationen (AS) mit der Ground Station (GS) verbunden sind (siehe Abbildung 2).

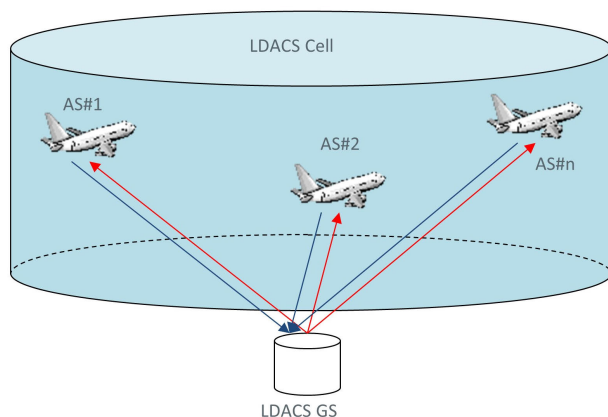


Abbildung 2: LDACS Zelle. Quelle ICAO [4].

Die Zellgröße kann abhängig von Verkehrsdichte und Luftraum festgelegt werden (Anpassung der Sendeleistung für Airport, TMA, En-route) und beträgt maximal 200 nautische Meilen (NM). Ein Hand-Over der AS zur nächsten Zell-GS erfolgt automatisch und ohne Verbindungsunterbrechung (siehe Abbildung 3).

Transition

Für die Bodeninfrastruktur wird heute davon ausgegangen, dass LDACS der natürliche Nachfolger von VDLM2 wird. Die Zellgrößen entsprechen denen der heutigen VHF-Reichweiten für Sprechfunk und Datenfunk und erlauben damit eine Weiternutzung der vorhandenen VDL-Bodenstationen der Datalink Service Provider. In Lufträumen Mitteleuropas, in denen sich der VDL-Kapazitätsengpass im vorausgesagten Zeitraum bis 2030 betrieblich auswirken wird, kann die LDACS-Infrastruktur parallel skalierbar ausgebaut werden.

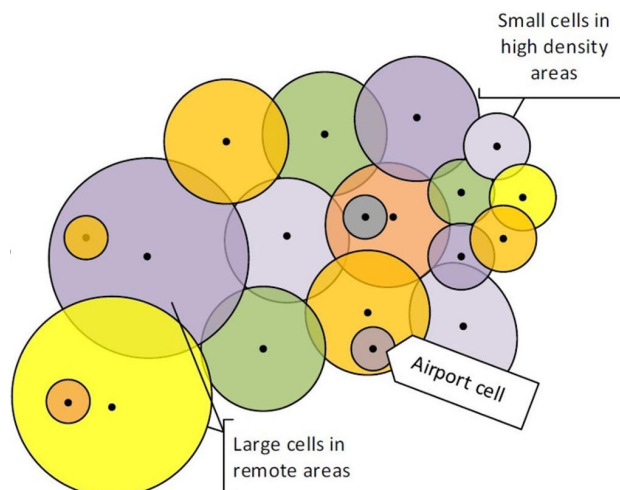


Abbildung 3: LDACS Zellstruktur. Quelle: ICAO [4].

Die Bordinfrastruktur erfordert eine weitere Antenne sowie entsprechendes Radioequipment bzw. die Integration in die bestehenden Radios (Software Defined Radio).

Weitere Entwicklung



Abbildung 4: Zusätzliche L-Band-Antenne an der DFS Funkstelle Stuttgart-Berkheim.

Der internationale Standardisierungsprozess erfolgt bereits seit einiger Zeit und soll bis 2025 abgeschlossen sein. Die komplexe Einbettung der LDACS-Frequenzen in das stark belastete L-Band erfordert noch eine Messung zum Nachweis der Störfreiheit

der Bordsysteme (hier vor allem TCAS) zu den benachbarten Frequenzen für das Radarspektrum. Hierfür wurde von Eurocontrol eine Messkampagne durchgeführt, deren Ergebnisse in einer Arbeitsgruppe der ICAO Panels für Communication und Surveillance bearbeitet werden.

Neben der Nutzung als Datalink Technologie bietet LDACS weitere Möglichkeiten, die in Zukunft betrachtet werden können. Im Bereich Kommunikation ist dies in erster Linie niedrig-latente Voice-over-IP-Communication (LDACS Digital Voice), welche im SESAR Projekt FALCO betrachtet wurde.

Mit der LDAN (LDACS Access Network)-Bodeninfrastruktur können mehrere ATC Sektoren mit dem identischen Sprechfunk versorgt werden, was für Flight Centric ATM erforderlich ist (Sektorloses Fliegen / S-ATM).

Zusätzlich ist eine Nutzung für APNT (Alternative Positioning, Navigation and Timing) für Navigationszwecke denkbar (secure GBAS, DME) sowie ADS-C für zukünftige Extended Projected Profiles (EPP). LDACS-NAV wird bis 2026 im SESAR 3 Projekt MIAR behandelt.

Die Notwendigkeit einer terrestrischen breitbandigen cybersicheren Kommunikation als eine stabile Säule in der zukünftigen Multilink-Strategie nimmt auch aufgrund der Störanfälligkeit der Satellitenkommunikation (Jamming) an Bedeutung zu.

Die DFS unterstützt LDACS (Betriebliche Position) als Teil der DFS Strategie 2030 und wirkt aktiv an der Standardisierung mit.

Abkürzungsverzeichnis

ASW	Air Situation Window
ATS	Air Traffic Services
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance – Contract
ADSP	Aeronautical Data Service Provider
AEROMACS	Aeronautical mobile airport communications system datalink
AM	Amplitude Modulation
ANSP	Air Navigation Service Provider
AOC	Airline Operators Communication
AS	Airborne Station
ATM	Air Traffic Management

ATN	Aeronautical Telecommunication Network
AU	Airspace User
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communication
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DME	Distance Measuring Equipment
DSB	Double Side-Band
DSP	Datalink Service Provider
EASA	European Aviation Safety Agency
EPP	Extended Projected Profile
FCI	Future Communication Infrastructure
FF-ICE	Flight and Flow – Information for a Collaborative Environment
FMS	Flight Management System
FVK	Flugverkehrskontrolle
GBAS	Ground Based Augmentation System
GS	Ground Station
IPS	Internet Protocol Services
kHz	Kilo Hertz
LDACS	L-Band Digital Aeronautical Communication System
LDAN	LDACS Access Network
LTE	Long Term Evolution
LuFo	Luftfahrt Forschungsprogramm
MAKE	Mutual Authentication and Key Establishment
MHz	Mega Hertz
NMOC	Network Manager Operations Centre
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
PENS	Pan-european Network Services
PKI	Public Key Infrastruktur
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
RPAS	Remotely Piloted Air Systems
SATCOM	Satellite Communication Service
SESAR	Single European Sky ATM Research Programme

SWIM	System Wide Information Management
TBO	Trajectory Based Operation
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TMA	Terminal Manoeuvring Area
UAC	Upper Airspace Control
VDLM2	VHF Datalink Mode 2
VHF	Very High Frequency

Referenzen

- [1] SESAR 3 Joint Undertaking Multiannual Working Programme 2022–2031.
- [2] EASA “Future Connectivity for Aviation”, Whitepaper, 16.11.2022, Aufgerufen am 26.04.2024 von URL: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/future-connectivity-aviation>
- [3] EUROCONTROL, Future communications infrastructure and multilink for the long term (FCI) , Aufgerufen am 26.04.2024 von URL: <https://www.eurocontrol.int/function/future-communications-infrastructure-and-multilink-long-term>
- [4] LDACS Manual, ICAO Doc 10172, Version 0.2, 12.12.2023.

Flight- and Flow-Information for a Collaborative Environment – FF-ICE

Frank Zetsche, Stefan Keller, Robert Winker & Andrea Ribbe

Deutsche Zusammenfassung

Die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation ICAO hat mit dem FF-ICE Konzept (Flight- and Flow-Information for a Collaborative Environment) die Grundlagen gelegt für den umfassenden Austausch von Flugdaten in der Planungs- und Flugphase, um allen Beteiligten am Luftverkehr ein aktuelles Bild der Luftlage zu vermitteln. Mit dem FF-ICE Konzept werden neue Austauschmechanismen über SWIM (System Wide Information Management) beschrieben, sowie weitere, detaillierte Flugplaninhalte und neue Austauschformate festgelegt. Diese finden nun Eingang in die relevanten ICAO Dokumente und Annexe, die Ende 2024 offiziell von ICAO veröffentlicht werden. Mit FF-ICE und dem neuen Flugplan eFPL wird der ICAO Flugplan FPL2012 abgelöst werden. Aktuell wird eine Übergangsphase bis ca. 2035 diskutiert. In Europa wird die Umsetzung von FF-ICE bereits vorangetrieben, auch ausgelöst durch eine entsprechende Verordnung der Europäischen Kommission. Lufthansa hat erste FF-ICE konforme Flugpläne aufgegeben und mit dem Network Manager und DFS erfolgreich getestet und nutzt diese nun auch im Regelbetrieb. Die europäischen Airlines und Flugsicherungen sowie der Network Manager arbeiten an einer abgestimmten Umsetzungsplanung. Dafür hat die DFS eine dreistufige Vorgehensweise vorgesehen und bereits erste Werkzeuge entwickelt.

Background of FF-ICE

In 2005 the International Civil Aviation Organisation (ICAO) has published the first version of the Global Air Traffic Management Operational Concept (GATMOC) [1] which provides a guideline for the implementation of emerging CNS/ATM technology and describes how the future ATM System should operate. This document was developed to help the aviation community to transition to a fully integrated and collaborative air traffic management system to meet the aviation's need in the 21st century.

One part of the GATMOC relates to the availability, provision and sharing of flight related data on a

system-wide basis for improving the collaboration and decision-making across the ATM system. The ability to operate within an information-rich environment with real-time data, as well as trend and predictive data, fused with a range of automated decision-support and decision-making tools would enable the optimization of services to the airspace user.

ICAO has picked up on the GATMOC especially in relation to flight planning and flight-related data with the development of the Manual on Flight and Flow-Information for a Collaborative Environment (FF-ICE) [2] which was published in a first edition in 2012. The purpose of this document is to “present a concept for FF-ICE to be implemented in 2025”. The concept has been developed to achieve the vision outlined in the GATMOC and on the other hand to meet the requirements outlined in the ICAO Manual on Air Traffic Management System Requirements [3].

This paper gives a short overview of the contents of the FF-ICE concept and provides information on the further development of FF-ICE towards implementation, especially in Europe.

The FF-ICE Concept

The FF-ICE Concept describes the main ingredients for creating and exchanging flight and flow information in order to assist the construction of the best possible integrated picture of the past, present and future ATM situation. FF-ICE foresees that definitions of data elements are globally standardised and provides the mechanisms for their exchange. Thus, with appropriate information management an environment can be created in which all relevant ATM actors are involved and enabled to have a common picture on the entire duration of a flight, i.e. gate-to-gate. Therefore, FF-ICE is an important enabler and facilitator for Trajectory Based Operations (TBO).

The transition to full FF-ICE implementation will be achieved in 2 phases: FF-ICE/R1 (Release 1), laying the baseline with creating the technical environment and covering the flight planning, i.e. pre-departure phase,

and FF-ICE/R2 (Release 2) which will describe all necessary data exchanges and processes during flight execution to achieve a common view for all actors.

In the past years the main effort has been devoted to the development of FF-ICE/R1 both at ICAO and also specifically in and for Europe. The main changes coming with FF-ICE/R1 are related to the

- Definition and introduction of SWIM (System Wide Information Management), the exchange platform for FF-ICE
- Introduction of a Globally Unique Flight Identifier (GUFI) as the unique world-wide reference for a flight
- Definition of new, additional flight plan content
- Introduction of a common data format, the Flight Information Exchange Format (FIXM)
- Description of the relevant roles, rules and procedures for submitting, exchanging and maintaining FF-ICE information (FF-ICE Services)

These fundamental changes are laid down in an updated version of the Manual on FF-ICE with extensive Guidance Material. In addition, all ICAO Annexes dealing with Flight Planning, including PANS-ATM (Procedures for Navigation Services – Air Traffic Management) [4] have been updated with the new FF-ICE requirements. These amendments to the ICAO Annexes and the additional material are currently undergoing a final review at ICAO. They are planned to be officially published by ICAO in fall 2024.

In turn, the development of FF-ICE also implies that the current flight plan formats (ICAO FPL 2012) and exchange mechanisms (AFTN) will – after a long transition period – become obsolete. Currently, a so-called “sun-set date” for the ICAO FPL 2012 is being discussed for around the year 2035.

FF-ICE Developments in Europe

In Europe the potential and the benefits of FF-ICE have early been recognised and in order to achieve a common implementation pace, an Implementing Regulation has been put out by the European Commission [5]. This so-called CP1 Regulation (Common Project 1 Regulation) requires the Network Manager, Airlines operating in Europe and European ANSPs to support FF-ICE/R1 Services and the exchange of associated data with a target date end of 2025. These requirements are mainly related to the creation, submission and processing of the new

FF-ICE flight plan content and format, which is abbreviated as eFPL (Extended Flight Plan).

In Europe the SESAR Deployment Manager is responsible for supporting stakeholders to achieve a harmonized implementation of the objectives of the CP1 Regulation. For that purpose, an FF-ICE/R1 Implementation Support Initiative has been set up together with the Network Manager. Within the FF-ICE/R1 Implementation Support Initiative all relevant stakeholders have worked together to achieve important clarifications about the concrete CP1 requirements related to FF-ICE/R1 implementation and a set of support documentation has been developed.

The supporting documentation includes i.a.

- FF-ICE/R1 Use Cases [6]
- FF-ICE/R1 Information Exchange Requirements [7]
- FF-ICE/R1 Mixed Mode Transition Operations [8]
- FF-ICE/R1 Initial Implementation Roadmap [9]

These documents – and additional documents prepared by the Flight Plan Flight Data Evolution (FPFDE) Task Force at Eurocontrol – are particularly helpful for the involved stakeholders in understanding the concrete requirements in terms of providing and consuming data contained in the eFPL and applying it for specific use cases. The provision of aircraft performance data plays a crucial role in the targeted improvement of the initial trajectory of the flight. Specifically,

- the planned take-off mass and
- the speed schedule (for climb, cruise and descent)

are important parameters for the accuracy of the trajectory calculations.

Deployment Considerations

The implementation of FF-ICE/R1 in Europe can be assumed to occur along three lines of actions:

- On a European Network Level (related to Flow Management and Capacity Management)
- On a regional/local level (related to Flow, Complexity and Capacity Management)
- On a local level (related to individual Trajectory Management and other applications)

On European Network Level the Network Manager has already implemented all necessary FF-ICE/R1 Services:

- Filing Service (to be applied by Airspace Users / CFSPs)
- Trial Service (to be applied by Airspace Users / CFSPs)
- Flight Data Request Service (to be applied by Airspace Users and ANSPs)
- Publication Service (to be consumed by ANSPs)
- Notification Service (to be applied by ANSPs)

With the gradually evolving consumption of the Filing Service by Airspace Users strategic ATFM in Europe can be predicted more precisely. From that, exploitation of airspace capacity can be improved while uncertainty margins are reduced.

On the Regional/local level the main actors are ANSPs who are responsible for pre-tactical and tactical ATFM measures to deal with short-term demand/capacity imbalances. Also, on this level the expected benefit of FF-ICE/R1 lies in the improved prediction of demand on sector basis and a better usage of available airspace capacity because of reduced uncertainty margins. Some European ANSPs will use FF-ICE/R1 data in their respective flow and complexity tools. With FF-ICE/R2 these predictions could be further improved.

On the Local Level individual ATS units will make use of FF-ICE/R1 data in the computation of planned trajectories in their initial flight data processing and other applications. However, the full benefit of FF-ICE is mainly expected with R2 coming along with continuous synchronization of the trajectory during flight execution.

DFS implementation strategy for FF-ICE/R1 comprises three steps:

- Provision of a viewing and analysis capability for FF-ICE/R1 eFPL data ("eFPL Viewer") for continuous monitoring and testing
- Use of FF-ICE/R1 data in flow and complexity tools in the area control centres for improvement of sector load predictions
- Use of selected eFPL data in ATS Systems in the area control centres for improved trajectory prediction

Test and Validation Activities

The FF-ICE/R1 Services which have been implemented by the Network Manager are available on the operational Network Manager platform (OPS) and as

well – for testing purposes for eligible stakeholders – on the pre-operational platform (PREOPS).

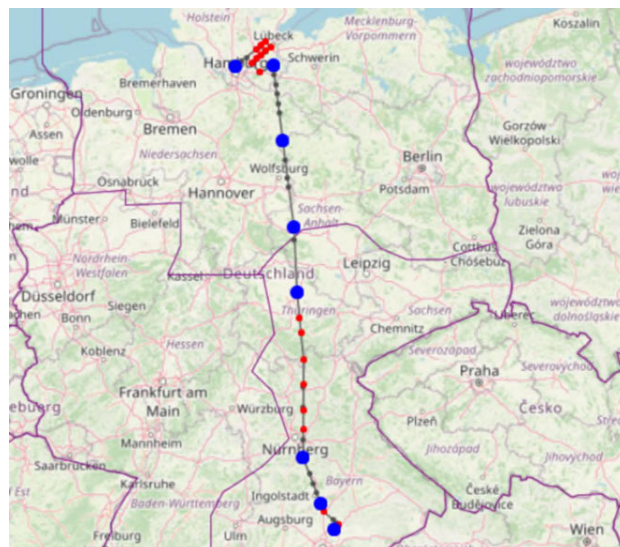


Figure 1: Horizontal profile of eFPL for flight LH2070 (2022-12-15).

German Air Navigation Service Provider DFS is extensively using the PREOPS platform since 2022 for test and validation activities related to FF-ICE/R1 and the handling of eFPL data. In addition, DFS also uses a B2B link from the NM OPS platform into its Data Gateway in order to monitor and record operationally filed eFPLs relevant to its airspace. Up to now, only eFPLs from Lufthansa have been observed in the operational environment.

In a good cooperation with Lufthansa Systems, the CFSP for the Lufthansa Group, and with the Network Manager, DFS has recorded and analysed more than 30,000 initial eFPLs filed by Lufthansa System on the PREOPS platform in 2022. Some data issues and incompatibilities have been identified and were discussed and solved with the partners.

The data sample was also used to familiarize operational experts at DFS with eFPL data. For this purpose, an eFPL visualization capability (eFPL viewer) was developed and introduced. This tool provides horizontal and vertical profiles of the planned flight and a human readable format of relevant parts of the eFPL content.

With the help of the eFPL Viewer the first operational flight with a filed eFPL, Flight LH 2070 on December 15th, 2022, from Munich to Hamburg, could be monitored and analysed (see Figure 1 and Figure 2).

The blue points in the profile depict the route points which are present in the ICAO FPL2012 Field 15. The smaller red and black points are additional trajectory points computed for the eFPL trajectory. They represent a more detailed planned flight path, especially for the climb and descent phases.

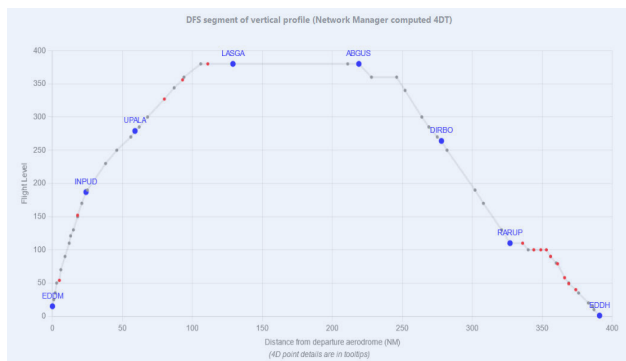


Figure 2: Vertical profile of eFPL for flight LH2070 (2022-12-25).

With this more detailed eFPL information on 4D waypoints the trajectory uncertainty can be reduced for initial flight planning and also for the early phases of a flight. However, during flight execution the eFPL planning data will be continuously overruled by real-time surveillance and clearance data.

Currently, ANSPs (and also DFS) in Europe are not yet capable of using operationally filed eFPLs in their operational ATS Systems. Therefore, the Network Manager provides – and will provide for an extended transition phase – a translation mechanism from eFPL to FPL 2012.

In addition, when first ANSPs have moved to become an eANSP (with eFPL processing capability), the Network Manager will provide a conversion mechanism for flight plans filed as FPL2012 to be presented as an eFPL-like structure with the FIXM format. This translation/conversion process for flight plans in the transition phase is shown in Figure 3.

The figure shows, that depending on the FF-ICE/R1 capabilities of the stakeholders, the Network Manager will assure, that flight plan filing and processing will be continuously supported during a transition period with mixed environment/capabilities. Concretely, if an eAU (an Airspace User with FF-ICE/R1 capability) will submit an eFPL to the Network Manager, the Network Manager will publish the eFPL (after internal processing) to an eANSP (an ANSP with FF-ICE/R1 capability) and will also through the translation mechanism publish an equiv-

alent (but with reduced information) ICAO FPL 2012 to an aANSP (an ANSP without FF-ICE/R1 capability). Likewise, through the conversion mechanism an ICAO FPL 2012 submitted by an aAU (an Airspace User without FF-ICE/R1 capability) will be provided as an FPL in FIXM Format to an eANSP (an ANSP with FF-ICE/R1 capability).

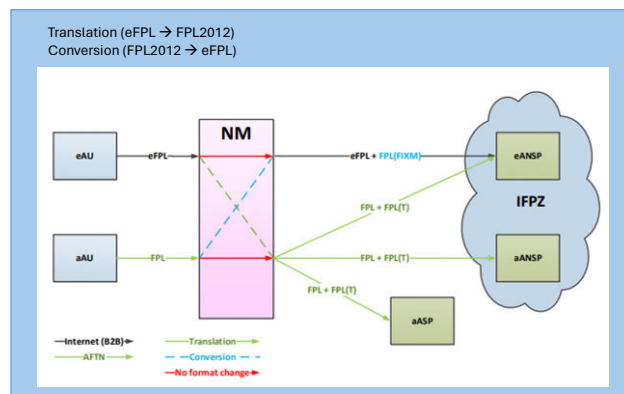


Figure 3: The translation/conversion process of the Network Manager (Source: Eurocontrol [8]).

It has been discussed between European ANSPs and the Network Manager, that an indication to aANSPs would be advisable, that the originally filed flight plan from the airspace user was an eFPL. Therefore, the Network Manager provides in the translated FPL2012 an additional remark field "AO4DT". In this way aANSPs can check and/or validate, if a translated FPL2012 has been received in their operational environment and is operationally acceptable.

This feature is shown in Figure 4 for the above mentioned first eFPL from Hamburg to Munich flight. It depicts the operational flight plan (ICAO FPL 2012) as received by affected operational DFS ATS Systems.

```
(FPL-DLH5RM-IS
-A320/M-SDE2E3FGIJ1LORWXYZ/HB1
-EDDM1410
-N0422F360 INPUD3Q INPUD Y102 UPPLA M726 LASTO DCT ARBUS DCT DIRBO
T902 RARUP RARUP2P
-EDDH0058 EDDW
-PBN/A1B1C1D101S1S2 DAT/VM DOF/221215 REG/DAIZG EET/EDUU0010
EDVV0032 EDWW0049 CODE/3C6747 RVR/75 OPR/DLH ORGN/EDDMLHD DLH PER/C
RMK/TCAS AO4DT)
```

Figure 4: Operational flight plan as received by DFS ATS Systems with the indicator „AO4DT“ in the remark field (marked here in yellow) showing that the Aircraft Operator (AO) has filed an eFPL with a 4D Trajectory.

During 2023 DFS has observed and monitored flights with a filed eFPL with the help of the eFPL Viewer and associated tools. All these flights were departing or

landing from/on Munich airport and were operated by Lufthansa. There were up to 100 daily flights with a filed eFPL operating on up to 8 city-pairs (see Figure 5).

Lufthansa is currently the only Airspace User which is filing operational eFPL and using the FF-ICE/R1 filing service. This achievement required an extended test and validation phase with the Network Manager and also with DFS. In the course of this process it turned out that the provision of the 4D Trajectory data and the additionally required performance data in the eFPL is by no means trivial, but needs specific tuning for each departure airport.

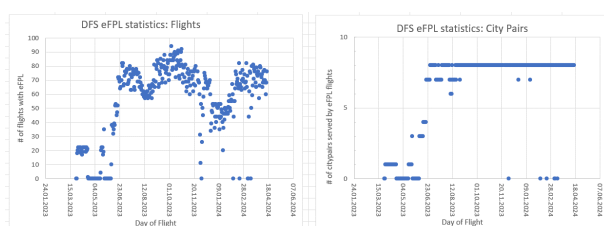


Figure 5: Statistics of eFPL flights observed in German Airspace (left: number of daily flights; right: number of city-pairs).

Next Steps for FF-ICE/R1 Implementation Planning

The initial European FF-ICE/R1 Roadmap worked out in the FF-ICE/R1 Implementation Support Initiative reveals that some European stakeholders are able to achieve an initial operational capability by 2025 (within the CP1 time frame) and that the final operational capability of all stakeholders will be reached more to the end of this decade. Still Europe will be the first ICAO Region investing into FF-ICE/R1 and to pave the way for TBO.

For DFS, the first step of the DFS implementation strategy for FF-ICE/R1: the provision of a viewing and analysis capability for FF-ICE/R1 eFPL data (“eFPL Viewer”) for continuous monitoring and testing has already been achieved and this tool has turned out to be very important in validation and testing for FF-ICE/R1.

The next step of FF-ICE/R1 implementation at DFS will comprise the upgrade of the Flow and Complexity Tool “Wizer ACC” [10]. This will then constitute the first use of the mandated FF-ICE/R1 Publication Service. The development is currently in progress and is expected to be ready for use end of 2025. Likewise, there are plans for first use of the mandated Flight Data Request Service and Notification Service still for 2025 and within the CP1 time frame.

The use of eFPL data in ATS Systems is dependent on the overall DFS ATS implementation strategy for the four DFS area control centres. This strategy foresees the implementation of two new ATS Systems and the upgrade/re-organisation of two other ATS Systems and also the transformation to a fully service-oriented and cloud-based environment – according to the European Airspace Architecture Study. Overall, this is a very ambitious plan which will be carried out already from this year on and will stretch out until the end of this decade.

The implementation of FF-ICE/R1 Services will be a preparatory step for the development and finally the deployment of FF-ICE/R2 functionality. In Europe, one element of FF-ICE/R2 will be the exchange and use of ADS-C EPP data which contain the planned trajectory from the FMS. While FF-ICE/R1 will provide an initial planned trajectory for a flight the main benefit for ATC will arise, when this initial trajectory will be updated with in-flight data like ADS-C EPP which can be used by the controller.

From a system development point of view it is important to achieve synergies between the implementation of FF-ICE/R1 functionalities and future FF-ICE/R2 functionalities, e.g. on the processing of performance data from eFPL and from other sources like ADS-C. This objective also plays a role in the roll-out plan for FF-ICE.

Summary

FF-ICE/R1 implementation in Europe and in Germany is ongoing. Test facilities have been provided and are being used to develop air space user/CFSP and ANSP FF-ICE/R1 functionalities in a collaborative manner.

First Lufthansa flights with a filed eFPL are active in German and European airspace and are being monitored. The Network Manager translation service from eFPL to FPL2012 is reliably working.

Within the European FF-ICE/R1 Implementation Support Initiative a clearer picture has been developed on specific FF-ICE/R1 requirements and assisting support documentation has been developed and released.

DFS has developed a three-step approach for implementing FF-ICE/R1 Services and functionalities.

Acknowledgements

We acknowledge the invaluable discussions and the provision of test data from the colleagues from LIDO, the Flight Plan Service Provider of the Lufthansa Group. Furthermore, we value the discussions and information provided by the DFS colleagues in the FF-ICE Team and specifically the important contributions from the colleagues of the DFS Systemhaus and of the Operational Development Department for the development and implementation of the eFPL viewer.

List of Abbreviations

ACC	Area Control Center
ADS-C EPP	Automatic Dependent Surveillance – Contract Extended Position Profile
AFTN	Aeronautical Fixed Telecommunications Network
ANSP	Air Navigation Service Provider
aANSP	ANSP not enabled for FF-ICE
eANSP	ANSP enabled for FF-ICE
ATM	Air Traffic Management
ATS	Air Traffic Service
AU	Airspace User
aAU	AU not enabled for FF-ICE
eAU	AU enabled for FF-ICE
B2B	Business-to-Business
CFSP	Computerized Flight Plan Service Provider
CNS	Communication, Navigation, Surveillance
CP1	Common Project 1
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
eFPL	Extended Flight Plan
FF-ICE	Flight and Flow – Information for a Collaborative Environment
FIXM	Flight Information Exchange Format
PPFDE	Flight Plan Flight Data Evolution
FPL	Flight Plan
GATMOC	Global Air Traffic Management Operational Concept
GUFID	Globally Unique Flight Identifier
ICAO	International Civil Aviation Organisation

NM	Network Manager
PANS-ATM	Procedures for Navigation Services – Air Traffic Management
PREOPS	Pre-operational Platform
SESAR	Single European Sky ATM Research
SWIM	System Wide Information Management
TBO	Trajectory Based Operation

References

- [1] ICAO (2005). Global Air Traffic Management Operational Concept (GATMOC). ed.1.
- [2] ICAO (2012). Manual on Flight and Flow-Information for a Collaborative Environment (FF-ICE), ed.1.
- [3] ICAO (2008). Manual on Air Traffic Management System Requirements, ed. 1.
- [4] ICAO (2016). PANS-ATM (Procedures for Navigation Services – Air Traffic Management), ed. 16.
- [5] Commission Implementing Regulation (EU) 2021/116.
- [6] FF-ICE/R1 Use Cases ed. 1.0, SESAR Deployment Manager and Eurocontrol PPFDE Sub-Group.
- [7] FF-ICE/R1 Information Exchange Requirements Draft ed. 09.04.2024, SESAR Deployment Manager.
- [8] FF-ICE/R1 Mixed Mode Transition Operations ed. 0.3, Eurocontrol PPFDE Sub-Group.
- [9] European FF-ICE/R1 Implementation Roadmap ed. 0.1, 2022–122-SESAR Deployment Manager FPA SGA MOVE/E3/SUB/2022–122/SI2.875834.
- [10] TRANSOFT Solutions (2024). AirTOP Wizer ACC. Retrieved May, 7, 2024 from URL: <https://www.transoftsolutions.com/aviation/software/airport-airspace-real-time-forecasting-what-if/airtop-wizer-acc/>

Dynamic Jitter Compensation Algorithmus

Rainer Thomas & Andreas Potyka

Technische Problemstellung

Bei der Übertragung von Sprache über IP basierte Netzwerke (Voice over IP/VoIP) werden Datenpakete mit mehreren Millisekunden Sprachdaten an der Quelle erstellt und dann zur Datensenke übertragen. Zwei wesentliche Qualitätsmerkmale bei der Übertragung stellen Laufzeit und Jitter des Datennetzes dar.

Laufzeit oder Latenz (englisch: delay/latency) bezeichnet im Wesentlichen die Summe der Signallaufzeiten auf den Übertragungskanälen. Bei Telefonie über IP-Netze kommen weitere Verzögerungen durch die Paketierung und Zwischenspeicherung sowie gegebenenfalls Datenreduktion, Kompression und Dekompression der Daten hinzu.

Als Jitter wird die zeitliche Schwankung zwischen dem Empfang von zwei Datenpaketen bezeichnet. Um diese zu kompensieren, werden so genannte „Pufferspeicher“ (Jitterbuffer) eingesetzt, die eine zusätzliche absichtliche Verzögerung der empfangenen Daten bewirken, um anschließend die Daten isochron auszugeben. Pakete, die noch später ankommen, können nicht mehr in den Ausgabedatenstrom eingearbeitet werden. Die Größe des Pufferspeichers (in Millisekunden) addiert sich zur Laufzeit. Sie erlaubt also die Wahl zwischen mehr Verzögerung oder höherer Paketverlustrate.

Bezogen auf die Anwendung von Voice over IP für die Übertragung operationeller Boden-/Bord Kommunikation kommt noch ein weiterer Faktor hinzu, der mit Jitter und Delay in direkter Verbindung steht: Echo. Werden mehrere Funkkanäle im sogenannten Climax Betrieb verwendet, so muss durch geeignete technische Verfahren sichergestellt werden, dass die Aussendung eines Funkspruches an allen Sendern möglichst zeitgleich (gemäß EUROCAE ED-137 innerhalb von 8ms) erfolgt, um das Auftreten von Echo beim Piloten zu verhindern.

Der Beginn der Aussendung eines Funkspruchs an der Sendeanlage ist abhängig davon, wann das erste Datenpaket diese erreicht, und steht somit in direkter

Abhängigkeit von Delay und Jitter. Das nachfolgende Bild (s. Abbildung 1) stellt beispielhaft die Audioübertragungszeit für das erste Sprachpaket (= Beginn des Funkspruchs) bestehend aus Delay, Jitter und Jitterbuffer für zwei Funkkanäle und jeweils vier Funksprüchen dar.

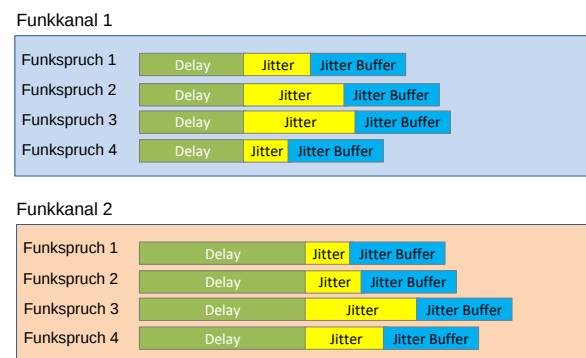


Abbildung 1: Audioübertragungszeit für das erste Sprachpaket (= Beginn des Funkspruchs) bestehend aus Delay, Jitter und Jitterbuffer für zwei Funkkanäle und jeweils vier Funksprüche.

Es ist zu erkennen, dass in diesem Beispiel die Laufzeit zur Sendestelle des Funkkanals 2 höher ist als bei Funkkanal 1. Diese Laufzeit ist für den gegebenen kurzen Betrachtungszeitraum als konstant anzusehen. Der Jitter, d.h. der Eintreffzeitpunkt, variiert jedoch von Funkspruch zu Funkspruch. Es ist unschwer zu erkennen, dass es im Climax Betrieb von Funkkanal 1 und 2 aufgrund der Laufzeitunterschiede zu Problemen mit Echo kommt.

Um statische Laufzeitunterschiede zu den Sendestationen auszugleichen, wird im Standard ED-137 eine Funktion namens „Dynamic Delay Compensation“ (DOC) beschrieben. Hierbei werden die unterschiedlichen Delay Werte angepasst, so dass die Aussendung der „schnellen“ Funkkanäle entsprechend der Laufzeit der „langsamen“ Funkkanäle verzögert wird. Mit aktivierter „Dynamic Delay Compensation“ sieht das Beispiel (Abbildung 2) wie folgt aus.

Der Beginn der Aussendung auf zwei Sendern im Climax Betrieb wird also so angepasst, dass die unterschiedliche Laufzeit zu beiden Funkkanälen kompensiert wird. Das Auftreten von Echo ist nun nicht mehr von der Laufzeit abhängig.

Nach wie vor bestimmt jedoch der Eintreffzeitpunkt des ersten Sprachpakets den Beginn der Aussendung. Kommt das Paket relativ betrachtet zu einem frühen Zeitpunkt an (Jitter Wert ist für dieses Paket niedrig) beginnt die Aussendung früher, kommt das erste Paket relativ betrachtet zu einem späten Zeitpunkt an (Jitter Wert ist für dieses Paket hoch) dann beginnt die Aussendung später.

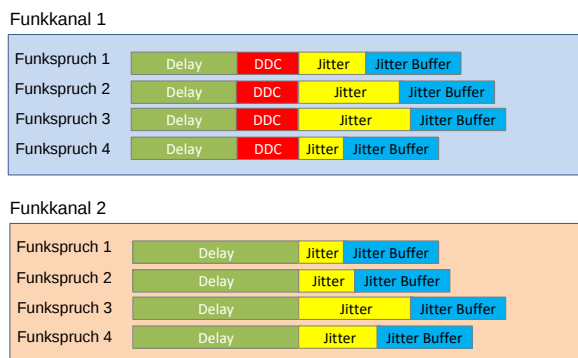


Abbildung 2: Audioübertragungszeit mit „Dynamic Delay Compensation“.

Diese Problematik ist im ED-137 Standard nicht berücksichtigt. Durch den im nächsten Kapitel vorgestellten „Dynamic Jitter Compensation“ Algorithmus kann das Problem jedoch behoben werden. Ziel ist, dass der Beginn der Aussendung eines Funkspruches nicht mehr vom Jitter abhängig ist und sich somit nachstehendes Bild (Abbildung 3) ergibt.

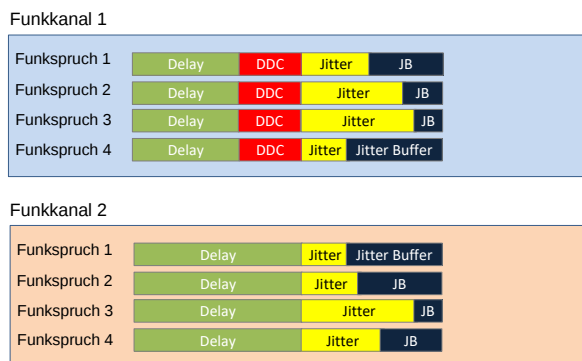


Abbildung 3: Audioübertragungszeit mit „Dynamic Jitter Compensation Algorithmus“.

Anstelle eines fest eingestellten Jitterbuffer kommt nun ein Jitterbuffer zum Einsatz, der sich dynamisch am Jitter Wert des ersten Sprachpakets orientiert. Kommt das erste Sprachpaket relativ betrachtet früh (niedriger Jitter Wert), führt dies zu einem höheren Jitterbuffer (Funkkanal 1 / Funkspruch 4). Kommt das erste Sprachpaket hingegen relativ betrachtet spät, führt dies zu einem kürzeren Jitterbuffer (Funkkanal 2 / Funkspruch 3).

Beschreibung der technischen Lösung „Dynamic Jitter Compensation“

An der Datensenke besteht nun die Herausforderung darin, beim Eintreffen des ersten Sprachpakets zu erkennen, wie hoch der Jitter Wert dieses Pakets ist – d.h. ob das Paket, relativ betrachtet, früh oder spät eingetroffen ist. Diese Funktionalität wäre bei einer „normalen“ Voice over IP-Anwendung, wie aus dem Privatumfeld bekannt, kaum möglich. Im ED-137 Standard jedoch wird die Voice over IP-Verbindung zwischen Quelle und Senke nicht erst aufgebaut, wenn ein Funkspruch abgestrahlt werden soll. Stattdessen besteht eine permanente Voice over IP-Verbindung, mit der permanent Sprachpakete im RTP-Format (Real-Time Transport Protocol) übertragen werden. Wird kein Funkspruch übertragen, werden „leere“ RTP-Pakete ohne Sprachdaten und nur mit RTP-Header übertragen (R2S). Mithilfe dieser permanenten Verbindung und den dadurch ausgetauschten Datenpaketen ist es möglich die relativ betrachtete kürzeste Paketlaufzeit zu ermitteln und somit den Jitter Anteil zu berechnen.

Ist nun beim Eintreffen des ersten auszusendenden Sprachpakets bekannt, welchen Jitter Wert dieses Paket hat, kann die Verzögerungszeit bis zum Beginn der Aussendung entsprechend angepasst werden.

Der Algorithmus besteht somit aus zwei funktionalen Blöcken:

Block 1: Ermittlung der minimalen Paketlaufzeit zwischen Datenquelle und Datensenke

Die Datenpakete werden gemäß ED-137 Standard von der Datenquelle erzeugt und der Abtastzeitpunkt des ersten Sprachsamples wird im RTP-Header als Timestamp eingetragen (T_{RTP}). Anschließend wird das Paket über das Netzwerk zur Datensenke übertragen. Die Abtastfrequenz beträgt 8 kHz.

In der Datensenke läuft ein Timer (T_{SENKE}) mit annähernd der gleichen Frequenz wie in der Datenquelle. Der Timer wird nach dem Aufbau einer

Session auf den Timerwert T_{RTP} des ersten eingetroffenen RTP/R2S Pakets gesetzt. Fortan werden die Timerwerte der eintreffenden RTP-Pakete mit dem Timerwert des Timers in der Senke verglichen.

Innerhalb eines einstellbaren Intervalls T_i wird pro empfangenem Paket nachfolgende Verarbeitung durchgeführt:

1. T_{RTP} des empfangenen Pakets $> T_{SENKE}$: Paket ist schneller als die zuvor Empfangenen.
→ T_{SENKE} wird auf T_{RTP} gesetzt.
2. T_{RTP} des empfangenen Pakets $\leq T_{SENKE}$: Schnellere Pakete wurden zuvor empfangen
→ die kleinste Differenz zu $(T_{RTP} - T_{SENKE})$ wird zwischengespeichert als Wert T_{MIN}

Nach Ablauf des Intervalls T_i erfolgt nachfolgende Verarbeitung:

1. Ist der Wert von T_{MIN} innerhalb eines einstellbaren Wertebereiches, so wird T_{SENKE} um einen einstellbaren Wert reduziert.
2. Ist der Wert von T_{MIN} außerhalb eines einstellbaren Wertebereiches, so wird T_{SENKE} auf den Wert des schnellsten Pakets des letzten Intervalls gesetzt.

Durch die oben aufgeführten Schritte kann über den Timer T_{SENKE} die relative minimale Paketlaufzeit ermittelt werden.

Block 2: Verzögerung des ersten Pakets eines Funkspruches bzw. Verzögerung nach Unterbrechung des Datenstroms

Das in Block 1 beschriebene Verfahren wird so lange ausgeführt, bis einer der nachfolgenden Fälle auftritt:

1. Empfang eines Pakets mit „PTT On“ Codierung, wenn zuvor Pakete mit „PTT Off“ Codierung gesendet wurden.
2. Empfang eines Pakets mit „Squelch On“ Codierung, wenn zuvor Pakete mit „Squelch Off“ Codierung gesendet wurden.
3. Unterbrechung des Datenstromes zwischen Paketen mit „PTT On“ Codierung (audio buffer underrun).
4. Unterbrechung des Datenstromes zwischen Paketen mit „Squelch On“ Codierung (audio buffer underrun).

Tritt einer der Fälle 1 bis 4 auf, wird der Timestamp des zu verzögernden Pakets T_{RTP} mit dem Timer T_{SENKE} verglichen:

- Ist $T_{RTP} \geq T_{SENKE}$, so wird das Paket um die volle einstellbare Jitterbufferzeit T_{JB} verzögert.
- Ist $T_{RTP} < T_{SENKE}$, so wird die Jitterbufferzeit T_{JB} um $(T_{SENKE} - T_{RTP})$ verringert und das Paket mit diesem Wert verzögert.

Von einer Arbeitnehmererfindung zum DFS-Patent

Das oben beschriebene Verfahren wurde von Rainer Thomas und Andreas Potyka zunächst als Arbeitnehmererfindung beschrieben. Mittlerweile ist die Lösung als Patent für die DFS in Deutschland genehmigt [1]. Die Patentanmeldung in Europa sowie zehn weiteren Ländern wird aktuell durchgeführt.

Validierung des Algorithmus und Messergebnisse

Um die Funktionalität des oben beschriebenen „Dynamic Jitter Compensation“ Algorithmus vor der Veröffentlichung zu validieren, wurde am Referenzsystem Sprachkommunikation in Langen ein Messaufbau erstellt und entsprechende Messreihen durchgeführt.

Nach der Patentanmeldung wurden technische Prototypen erstellt, die unter anderem zur Validierung der VoIP-Einführung für den operativen Flugfunk dienten. Hierfür werden aktuell für die ca. 3000 eingesetzten Flugfunk Radios IP Gateways im Rahmen einer europaweiten Ausschreibung beschafft. Die gewonnenen Erkenntnisse durch die Validierung lieferten wichtigen Input für die Anforderungen. Das DFS Patent wird vom Auftragnehmer im fertigen Produkt umgesetzt und wird so zu einer besseren Qualität der Funksprüche beitragen.

Abkürzungsverzeichnis

DDC	Dynamic Delay Compensation
EUROCAE	European Organization for Civil Aviation Equipment
JB	Jitter Buffer
PTT	Push-to-Talk
R2S	„leere“ RTP-Pakete ohne Sprachdaten
RTP	Real-Time Transport Protocol
VoIP	Voice-over-IP

Referenzen

- [1] DFS (2022). Verfahren zur Jitter-Kompensation bei einem Empfangen von Sprachinhalt über IP-basierte Netzwerke und Empfänger hierfür sowie Verfahren und Vorrichtung zum Senden und Empfangen von Sprachinhalt mit Jitter-Kompensation. *Patent beim Deutschen Patent- und Markenamt*. Aktenzeichen DE: 10 2021 117 762.6. Abgerufen am 6.5.2024 von URL: <https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/register?AKZ=1020211177626>

Studentische Abschlussarbeiten

DFS Dual Studierende & in DFS Fachbereichen betreute Studierende

Die im Folgenden nach Autoren in alphabetischer Reihenfolge gelisteten studentischen Abschlussarbeiten sind in der Zusammenarbeit der DFS mit Hochschulen und Universitäten entstanden und wurden im 1. Halbjahr abgeschlossen. Viele der Arbeiten enthalten einen Sperrvermerk, sodass eine Veröffentlichung der gesamten Arbeit nicht möglich ist. Die akademischen Ansprechpartner wurden daher, soweit bekannt, ergänzt.

Entwicklung eines Messsystems zur Validierung von Thyristoren

von Carrera, Miguel

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 27.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Michael Kuhn & Prof. Dr. Peter Fromm

In dieser Bachelorarbeit wird ein Messsystem für Thyristoren entwickelt, die zum schnellen Schalten von hohen Strömen bspw. in Primärradarsystemen der Flugverkehrskontrolle verwendet werden. In solchen Hochleistungssystemen unterliegen Thyristoren einer starken Belastung und ändern über ihre Lebenszeit ihre Eigenschaften. Die Charakterisierung dieser Eigenschaften ist von hoher Bedeutung, um die Lebenszeit der Thyristoren und die ihrer umgebenden Schaltung zu verlängern. Diese Arbeit identifiziert wichtige Thyristorkenngrößen im Modulatormodul des Radarsystems SRE-M. Anhand der identifizierten Parameter werden Messverfahren ausgewählt. Für die Kenngrößen Sperrstrom und Zündverzögerung wird ein Messsystem entwickelt, implementiert und validiert. Zudem werden die Thyristoren von Modulatormodulen eines Radarsystems charakterisiert und anschließend für das Matching jeweils zweier in Reihe geschalteter Thyristoren verwendet. Das Matching hat die Reduzierung der Belastung der Thyristoren und ihrer umgebenden Schaltung zur Folge.

Multilateration von ADS-B-Daten Implementation eines MLAT-Servers am Beispiel der Deutschen Flugsicherung

von Chen, Michael

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Informatik, Abgabedatum: 22.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Klaus Kasper

Herkömmliche Multilaterationssysteme bieten gegenüber Radaranlagen viele Vorteile für die Ortung von Luftfahrzeugen, sind aber durch die große Anzahl benötigter Empfänger teuer im Aufbau. Das im Aufbau befindliche ADS-B-Empfängernetzwerk der Deutschen Flugsicherung könnte dazu geeignet sein, bei geringen Mehrkosten ein großflächiges Multilaterationssystem über Deutschland zu ermöglichen. In dieser Arbeit wird ein Multilaterationsserver vorgestellt, der auf Grundlage der erwarteten Empfängerkonstellation eine Multilateration von ADS-B-Signalen vornehmen kann.

Datenanalyse und Implementierung von Machine Learning Algorithmen für Predictive Maintenance der MSSR-Radaranlage Lüdenscheld

von Damkröger, Luca

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 20.02.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Michael Kuhn & Prof. Dr. Peter Fromm

In der vorliegenden Bachelorthesis wird zunächst eine Datenanalyse von IoT-Daten der MSSR Radaranlage Lüdenscheld durchgeführt. Dabei wird untersucht, inwiefern die aufgezeichneten Daten einen Rückschluss auf den Schaden des Hauptlagers der Radaranlage liefern. Es wird festgestellt, dass als Indikator für einen bevorstehenden Schaden die Schwingungen an den Motoren des Antriebs und der Drehkupplung eine große Rolle spielen. Im weiteren Verlauf der Thesis wird ein Konzept erstellt, wie die aufgezeichneten Daten in Machine Learning Algo-

rithmen verwendet werden können, um solche Schäden vorherzusagen. Das Konzept stellt verschiedene Machine Learning Algorithmen vor, vergleicht diese und wählt die passendsten aus. Diese Algorithmen werden im Anschluss in Python implementiert, um einen Wert zu berechnen, der den Gesundheitszustand der Radaranlage widerspiegelt. Abschließend wird erläutert, wie das entwickelte Programm erweitert bzw. die Algorithmen in deren Aussagekraft verbessert werden können.

Entwicklung und Implementierung einer Kalibrierungsstrategie für Netzwerkanalysatoren

von Jansen, Lukas

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 19.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Michael Kuhn & Prof. Dr. Peter Fromm

In der vorliegenden Bachelorthesis wird eine Kalibrierungsstrategie bestehend aus den Kalibrierverfahren SOL, SOLT und TRL für vektorielle Netzwerkanalysatoren zunächst entwickelt und anschließend unabhängig vom verwendeten Netzwerkanalysator objektorientiert in Python implementiert. Die Ansteuerung zweier vektorieller Netzwerkanalysatoren wird ebenfalls separat von der Kalibrierungsstrategie objektorientiert implementiert. Für das SOL-Kalibrierverfahren wird basierend auf bekannten Berechnungen der Fehlerterme eine Matrixdarstellung eines Fehlervierpols hergeleitet. Auf dieser Matrixdarstellung basierend wird für das SOLT-Kalibrierverfahren ein vollständiges Fehlermodell für Zweitor-Netzwerkanalysatoren ebenfalls in Matrixdarstellung entwickelt. Darüber hinaus werden für das TRL-Kalibrierverfahren werden bekannte Berechnungen der Fehlerterme genutzt und erweitert, aus denen die Bestimmung von kalibrierten Streuparametern ebenfalls in Matrixdarstellung erarbeitet wird. Anschließend wird an der Implementierung der entwickelten Kalibrierungsstrategie in Python eine Betrachtung der Auswirkungen von zufälligen Messabweichungen auf die entwickelten Kalibrierverfahren und deren Fehlermodelle mittels Monte-Carlo-Simulation vorgenommen. Dabei wird die Fehleranfälligkeit des entwickelten Fehlermodells für das SOLT-Kalibrierverfahren sichtbar. Die Berechnung und Implementierung des TRL-Kalibrierverfahrens wird ebenfalls ausgewertet und mit der des SOLT-Kalibrierverfahrens verglichen. Abschließend wird ein Ausblick gegeben, wie das Fehlermodell für das SOLT-Kalibrierverfahren und die Implementierung für das TRL-Kalibrierverfahren verbessert

werden können. Aufbauend auf den entwickelten Python-Klassen ist es sowohl möglich, weitere Kalibrierverfahren effizient zu implementieren als auch weitere Netzwerkanalysatoren einzubinden. Damit kann eine geräteunabhängige Softwareschnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

IP-Ertüchtigung der Subsysteme des Instrumentenlandesystems am Flughafen München

von Kiakos, Georgios

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 01.04.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr.-Ing. Johannes Gerdes & Julia Gahler (M.Sc.)

Um Luftfahrzeugen eine sichere Landung zu ermöglichen, betreibt die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH das Instrument Landing System an den internationalen Verkehrsflughäfen. Zur permanenten Sicherstellung der Funktion ist jedes Subsystem des ILS an eine Fernsteuerung und -überwachung angebunden. Die Anbindungen erfolgen aktuell über serielle Schnittstellen unter Verwendung des RS232-Protokolls. Diese werden künftig mithilfe von IP-Konvertern auf IP umgesetzt. Ein Konzept wurde dazu vom Produktmanagement vorgegeben. Die Zielsetzung dieser Bachelorarbeit ist die Erstellung einer Konfiguration der IP-Konverter, die die Anforderungen dieses Konzepts erfüllt und die Umsetzbarkeit erstmals am Flughafen München überprüft. Das Konzept konnte erfolgreich umgesetzt werden. Dazu waren jedoch Änderungen erforderlich, welche aufgelistet und ausgewertet werden. Die Konfiguration dient als Grundlage für die IP-Anbindung aller weiteren ILS.

Mitarbeiterbindung der Generation Z am Beispiel der DFS Deutschen Flugsicherung GmbH – Handlungsempfehlungen für das Personalmanagement der DFS

von Krampe, Lara-Patricia

Masterarbeit, Steinbeis University – Schools of Next Practices, Fachbereich General Management – Digital Innovation und Business Transformation, Ansprechpartnerin: Prof. Dr. Julia Müller

In der modernen Arbeitswelt ist die Bedeutung der Mitarbeiterbindung durch ein Zusammentreffen von Faktoren wie dem demografischen Wandel und dem teils daraus resultierenden Fachkräftemangel noch größer geworden. Angesichts solcher Rahmenbedingungen ist die Aufrechterhaltung einer ausreichend

großen Belegschaftsgröße von entscheidender Bedeutung. Wirksame Strategien der Mitarbeiterbindung überbrücken die Kluft zwischen den Generationen sowie ihren teils verschiedenen Bedürfnissen und machen das Potenzial einer vielfältigen Belegschaft nutzbar.

Um die Wirksamkeit von Mitarbeiterbindungsmaßnahmen bei der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH auf die Generation Z zu erforschen, wurde vorgelagert eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, die berufliche Werte der Generation identifizierte. Folgend war das Ziel der Arbeit, diese Werte zu verifizieren, sie den Mitarbeiterbindungsmaßnahmen der DFS gegenüberzustellen und zu überprüfen, ob diese die Werte der Generation Z treffen. Auf Basis dessen wurden Handlungsempfehlungen an das Personalmanagement adressiert. Unterschiedliche Ausprägungen der Werte in Bezug auf unterschiedliche Jobstrukturen bzw. Bereiche des Unternehmens wurden ebenfalls beleuchtet. Hierfür wurden Interviews mit Mitarbeitenden der Generation Z sowie Mitarbeitenden der Personalentwicklungsabteilung geführt.

Es zeigte sich, dass die beruflichen Werte der Selbstverwirklichung, Weiterentwicklung, Work-Life-Balance (WLB) und Flexibilität auf die Generation Z in der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH zutreffen. Die Bedeutung der Selbstverwirklichung, der Arbeit als Strukturgeber, von persönlichen und beruflichen Zielen sowie von Arbeitszeitflexibilität wurden einheitlich verstanden. Unterschiedliche Auffassungen gab es in beruflichen Zielen, der WLB, der Ortsflexibilität und der individuellen Gestaltung des Arbeitsplatzes. Auf Basis der Forschungsergebnisse wurden Handlungsempfehlungen für die DFS formuliert, welche die Kernpunkte der kontinuierlichen Anpassung der Mitarbeiterbindungsmaßnahmen, des Feedbacks, der Flexibilität und der Kommunikation enthalten. Neben der Nutzung der Forschungsergebnisse im Unternehmen bieten die Ergebnisse Anknüpfungspunkte in der langfristigen Forschung von beruflichen Werten der Generation Z.

Für weitere Informationen siehe auch: Ciupka, S. (2024). *Auch meine Generation brennt für ihre Arbeit. Direct. Mitarbeiterzeitung der DFS Deutsche Flugsicherung*, 2/2024, Langen, S. 13

Konzeption eines Leitfadens zur Reduzierung von Sicherheitsschwachstellen bei der Softwareprogrammierung in einer kritischen Infrastruktur

von Krause, Felix

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Informatik, Abgabedatum: 21.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Klaus Kasper

Die Bachelorarbeit „Konzeption eines Leitfadens zur Reduzierung von Sicherheitsschwachstellen in der Softwareprogrammierung in einer kritischen Infrastruktur“ untersucht, wie sicherheitsrelevante Schwachstellen in der Programmierung von Software für den operativen Einsatz eines Unternehmens der kritischen Infrastruktur adressiert werden können und welche Maßnahmen zur Reduktion angewandt werden können. Dabei wird der Stellenwert von Standards und Richtlinien berücksichtigt, die sowohl zu Zwecken der Produktqualitätssicherung als auch als verbindliche Vorgaben für eine kritische Infrastruktur umzusetzen sind. Es wird exemplarisch gezeigt, in welcher Intensität Sicherheit in die Programmierung für Softwareentwickler in einem Großunternehmen der kritischen Infrastruktur einfließt und wie ein Leitfaden ein einheitliches und sicheres Vorgehen unterstützen kann.

Automatisierte Impact Analyse regulatoriver Compliance für ATM/ANS Equipment

von Lücht, Jannes

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Informatik, Abgabedatum: 08.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Klaus Kasper

In dieser Arbeit werden die Möglichkeiten der Nutzung elektronisch verfügbarer Informationen zu rechtlichen und regulatoriven Nachweisdokumenten und anderen externen regulatoriven Anforderungen an ATM/ANS Einrichtungen analysiert. Dabei sollen Auswirkungen regulatoriver Änderungen auf die interne Nachweisführung reflektiert werden. Es wird im Folgenden erläutert, welche Anforderungen für die Zertifizierung bzw. für die Konformitätserklärung zur Inbetriebnahme von ATM/ANS Equipment relevant sind und wie diese im Rahmen der gesetzgebenen Organisationen erstellt und überarbeitet werden. Hierfür sollen sowohl der Aufbau sowie die Verfügbarkeit der öffentlichen Informationsquellen analysiert und bewertet werden, um zu überprüfen, inwiefern – und mit welchem Aufwand – aus dem

Lifecycle der regulativen Anforderungen Rückschlüsse auf Änderungen in der Nachweisführung gezogen werden können. Für den Rahmen der Analyse wird dieser Prozess auf eine Impact-Analyse abgebildet und anhand bekannter Prozesse und Metriken bewertet.

Qualitative und quantitative Datenerhebung, Reifegradbewertung und Analyse der Datenströme innerhalb der DFS-Technik

von Maier, Rudolf

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 12.02.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Michael Kuhn & Prof. Dr. Peter Fromm

Im Rahmen der durch die Abteilung Maintenance Solutions gestarteten Initiative Digital Maintenance (DiMa), die Teil der internen Konzernstrategie „DFS Strategie 2030“ ist, stehen im Bereich der DFS-Technik zukünftig grundlegende digitale Transformationsprozesse an. Datenmanagement, Digitalisierung und allen voran die digitale Transformation spielen in den kommenden Jahren eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Profitabilität und Wettbewerbsfähigkeit der DFS. Ziel dieser Bachelorthesis ist es im Rahmen einer digitalen Datenreifegradbewertung sowie einer Analyse des Ist-Zustands, die aktuelle Datenreife der DFS-Technik zu bestimmen und den Prozess Daten mit seinen einzelnen Datenströmen und -schnittstellen abzubilden. Basierend auf den Ergebnissen wird der DFS-Technik Bereich in Bezug auf seine digitale Datenreife eingeschätzt und identifizierte Defizite zum Erreichen der digitalen Transformation werden aufgezeigt.

Untersuchung von Störeinflüssen auf den Landekurssender des Instrumentenlandesystems durch Baukräne

von Maier, Sebastian

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 21.02.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Michael Kuhn & Prof. Dr. Peter Fromm

Die Thesis befasst sich mit der Untersuchung von Störeinflüssen auf den Landekurssender des Instrumentenlandesystems auf der Landebahnmitte durch eingesetzte Baukräne. Dabei werden verschiedene Testfälle entwickelt, welche im Anschluss mittels der Simulationssoftware FEKO in Form einer Parameter-

studie simuliert und analysiert werden. Anhand der Ergebnisse wird eine Einschätzung über das Störpotenzial gegeben und überprüft, ob sich das Störverhalten vorhersagen lässt, sodass zukünftig Ressourcen und Kapazitäten eingespart werden können.

Verfolgbarkeit und Transparenz von EMAS-Nachhaltigkeitszielen und -maßnahmen durch kontinuierliche Bereitstellung von Kernindikatoren am Beispiel der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

von Mekschat, Leon Herbert Viljem

Masterarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Informatik, Abgabedatum: 01.12.2024, Ansprechpartner Hochschule Darmstadt: Prof. Dr. Jens-Peter Akelbein

Da das Thema Nachhaltigkeit unter anderem getrieben durch die fortschreitende Klimakatastrophe weiter in den Fokus von Organisationen rückt, wird es zunehmend über die Nutzung von Umweltmanagementsystemen wie dem Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) in deren Kultur verankert. Wie allerdings am Beispiel der DFS zu beobachten ist, kann die Effektivität und Umsetzung der für EMAS erstellten Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltleistung oft nicht nachverfolgt werden. Ziel dieser Arbeit ist es zu evaluieren, ob die kontinuierliche Bereitstellung von EMAS-Kernindikatoren die Nachverfolgbarkeit dieser definierten Maßnahmen und der ihnen übergeordneten Ziele ermöglichen kann. Dazu wird die zentrale Forschungsfrage „Eignet sich ein System zur kontinuierlichen Kernindikatorenbereitstellung, um die Schaffung neuer EMAS-Maßnahmen und deren Nachverfolgbarkeit zu ermöglichen?“ gestellt. Um diese zu untersuchen, wird das Gesamtkonzept „EMAS-Dashboard“ bestehend aus der Sammlung, Verarbeitung und Speicherung relevanter Daten, sowie einem Oberflächenkonzept erarbeitet und prototypisch implementiert. Anhand der Nutzbarkeit des Prototyps in den verschiedenen Phasen des EMAS-PDCA-Zyklus wird untersucht, ob sich ein solches Gesamtkonzept als Ansatz für die Maßnahmenverfolgung eignet. Da in der heutigen Zeit insbesondere in Automation von Prozessen und Abläufen durch vernetzte Sensoren des IoT eine große Menge Daten generiert und gesammelt werden (IoT-Daten), wird in einer sekundären Forschungsfrage untersucht, ob IoT-Daten für die Nachverfolgung der Maßnahmen nutzbar gemacht werden können. In einer prototypischen Implementierung konnte das konzipierte Gesamtsystem EMAS-Dashboard mit

Fokus auf die Kernindikatoren-Unterkategorie Strom aus dem EMAS Schlüsselbereich Energie umgesetzt werden. Es konnte anhand einer Analyse der geforderten Datengranularitäten von EMAS-Maßnahmen der DFS und der durch den Prototyp bereitgestellten Datengranularitäten bestätigt werden, dass IoT-Daten insbesondere die räumliche Granularität und somit auch die Nachverfolgung von Maßnahmen unterstützen können. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die Komponenten des EMAS-Dashboards sich an verschiedenen Stellen des EMAS-PDCA-Zyklus einbinden lassen, um dadurch eine Nachverfolgung von EMAS-Zielen und -Maßnahmen zu ermöglichen und unterstützen, wodurch die zentrale Forschungsfrage als bestätigt angesehen wird.

Servervirtualisierung im ATCAS-Umfeld des Simulationszentrums in der DFS-Kontrollzentrale Bremen

von Michalke, Max

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 25.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Antje Wirth & Prof. Dr. Shun-Ping Chen

Die vorliegende Arbeit behandelt das Thema der Hardwarevirtualisierung im flugsicherungstechnischen Umfeld. Für das in Bremen operativ genutzte primäre Flugsicherungssystem ATCAS existiert ein separates Simulationszentrum, in welchem die Fluglotsen für den Einsatz im operativen Betrieb geschult werden. Für die zukünftig eingesetzte Variante des Systems soll die Möglichkeit der Virtualisierung bestimmt werden. Dafür sind die serverseitigen Komponenten in eine virtuelle Umgebung zu bringen, aus der heraus sie mit den physischen Clients interagieren. Damit sollen dedizierte Server gespart und mithilfe mehrerer virtualisierter Serverinstanzen flexibel unabhängige Szenarien im Simulator betrieben werden können. Zielsetzung der Arbeit war es eine virtuelle Umgebung als Infrastructure as a System für die Virtualisierung der Komponenten bereitzustellen. Dafür wurde eine Testumgebung basierend auf der Virtualisierungsplattform VMware ESXi/vSphere aufgebaut. Darin wurden die ATCAS-Serverkomponenten virtualisiert. Über ein virtuelles Netzwerk sind diese miteinander und zu den physischen Netzwerkschnittstellen verbunden. Installiert und administriert wurden die virtuellen Server mithilfe eines Distributionsservers. Mit dem erfolgreich implementierten Serververbund wurde anschließend die Machbarkeit der Umsetzung analysiert. Dafür bestimmt worden sind die minimalen

Hardwareanforderungen, mit welchen das virtuelle System betrieben werden kann. Dazu wurde eine Abschätzung der benötigten Rechenleistung vorgenommen. Es wurden außerdem die Funktionsfähigkeit der Virtualisierungsumgebung und die Stabilität im Betrieb getestet. Daraus sind Schlüsse für den Einsatz und die praktische Umsetzbarkeit der Virtualisierung als Lösung der Problemstellung gezogen worden. Es erfolgten die Bewertung der Machbarkeit und abschließend die Erläuterung von Erweiterungsmöglichkeiten für das beschriebene Konzept.

Konzeption und Implementierung einer Referenz-CI/CD-Pipeline für eine Microservice-Architektur am Beispiel der Deutschen Flugsicherung

von Mühlens, Joel

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Informatik, Abgabedatum: 08.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Klaus Kasper

In der modernen Softwareentwicklung sind Microservices ein Schlüsselement für den Aufbau komponentenorientierter Architekturen. Dabei spielen Containertechnologien und deren Orchestrierung eine wesentliche Rolle, um automatisiertes Deployment zu ermöglichen und somit einen effizienten Entwicklungsprozess durch Continuous Integration und Continuous Deployment (CI/CD) Pipelines zu unterstützen. Insbesondere in regulierten Domänen kann es von entscheidender Bedeutung sein, die Services nicht isoliert, sondern als Teil eines integrierten Systems zu betrachten und zu evaluieren, um deren reibungslosen Einsatz sicherzustellen. Die gängige Veranschaulichung von CI/CD-Prozessen tendiert dazu, deren Komplexität sowie die Datenflüsse zwischen den einzelnen Komponenten vereinfacht darzustellen. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, ein generisches und anpassungsfähiges Konzept für CI/CD-Pipelines zu entwickeln, das auf die Bedürfnisse von Microservice-Architekturen zugeschnitten ist. Es soll die simultane Testung und Evaluierung mehrerer Services als kohärentes System vor deren Freigabe ermöglichen und legt dabei unter anderem Fokus auf die Analyse der Komponenten und ihrer Datenströme. Durch eine exemplarische Implementierung mittels ausgewählter Technologien wird die Praktikabilität des Konzepts demonstriert. Ferner wird die Anwendbarkeit des entwickelten Konzepts in einem realen Projekt der Deutschen Flugsicherung erprobt. Die Ergebnisse zeigen, dass es machbar ist, eine solche Pipeline unter Berücksichtigung spezifischer Anforder-

derungen zu entwickeln und zu implementieren, wobei die entworfene Referenz-Pipeline eine solide Basis für zukünftige Projekte bildet. Besonders hervorzuheben ist die Flexibilität und Skalierbarkeit des Konzepts durch den Einsatz von Containern und Kubernetes.

User Experience in sicherheitskritischen Arbeitsumgebungen

von Neufeld, Indrani

Masterarbeit, Universität zu Lübeck, Abgabedatum: 22.03.2024, Ansprechpartnerin im Fachbereich: Mareike Baumann (Abteilung Ergonomie & HMI)

In der dritten Welle der Forschung zur Mensch-Computer-Interaktion lag der Fokus bisher hauptsächlich auf der Untersuchung von User Experience (UX) von Freizeit- und Lifestyleprodukten, während die Bedeutung von UX in Arbeitsumgebungen vernachlässigt wurde. Insbesondere im sicherheitskritischen Bereich wurden eher Usability-Faktoren fokussiert. Dennoch haben einige Forschungsarbeiten aufgezeigt, dass auch in sicherheitskritischen Umgebungen die Berücksichtigung von UX von Vorteil sein kann. Diese Thesis untersucht basierend auf diesen Erkenntnissen genauer, auf welche Art UX in sicherheitskritischen Arbeitsumgebungen (SiKriAU) eingesetzt werden kann. Hierbei wird der Schwerpunkt auf UX-Methoden gelegt, da diese als zentrales Werkzeug für die Erfassung und Gestaltung von UX fungieren. Im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche mit 41 betrachteten Forschungsarbeiten konnte herausgearbeitet werden, dass wenig domänenspezifische Forschung existiert. Darüber hinaus konnte ein großer Nachholbedarf in der Operationalisierung von UX identifiziert werden. Es wurde außerdem aufgezeigt, dass bisher kein Methoden(-set) zur Erfassung von UX in SiKriAU existiert. Aus vier Experteninterviews konnten acht Anforderungen an Methoden in SiKriAU abgeleitet werden. Diese Erkenntnisse wurden in einem Schema zur Bewertung von UX-Methoden in SiKriAU aufbereitet, das eine systematische Auswahl geeigneter Methoden ermöglicht. In einer Fokusgruppe zur formativen Evaluation des Schemas mit acht Expertinnen und Experten konnte die Funktionalität validiert werden. Darüber hinaus wurde die Weiterentwicklungsmöglichkeit zu einem digitalen Assistenzsystem vorgeschlagen.

Implementierung und Test eines Algorithmus zur Interferenzerkennung bei GPS

von Reinhardt, Maxim

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum:

31.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Michael Kuhn & Prof. Dr. Peter Fromm

Aktuell wird in der Deutschen Flugsicherung (DFS) ein sehr rudimentärer Algorithmus zur Interferenzerkennung beim Ground Based Augmentation System (GBAS), das auf GPS basiert, verwendet. Dieser wertet lediglich die Abweichung des Carrier-Noise Ratio (C/N₀) von einem willkürlich festgelegten Mittelwert abhängig vom Elevationswinkel des Satelliten aus. Da Interferenzen bei den am Erdboden nur noch sehr schwachen Satellitensignalen ein wichtiges Thema sind, ist das Ziel der DFS, hier in Zukunft einen ausgereifteren Algorithmus zu nutzen. Ein Vorschlag für einen solchen Algorithmus kam von Indra, einem langjährigen Geschäftspartner der DFS. Dieser Algorithmus soll im Rahmen dieser Bachelorarbeit implementiert und getestet werden, um zu überprüfen, inwieweit sich dieser für die Anwendungszwecke der DFS eignet. Hierfür werden über einen Versuchsaufbau zusätzlich zum GPS-Signal künstliche Interferenzsignale in einen Empfänger gegeben und dann die Ergebnisse des Algorithmus ausgewertet und mit denen des bisher genutzten Verfahrens verglichen.

Entwicklung und Aufbau eines Peilers zur Lokalisation von Funkstörungen im Flugfunkband

von Sandmann, Henning

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik, Kolloquiumsdatum: 19.02.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Michael Kuhn & Prof. Dr. Peter Fromm

Die Kommunikation im Luftverkehr findet ausschließlich auf einem sehr kleinen Frequenzband statt. Die entsprechenden Frequenzen sind besonders im dichten europäischen Luftraum bereits ausgelastet. Das Problem wird durch störende Signale noch weiter verstärkt. Dabei können die Störungen entweder unabsichtlich durch technische Defekte oder absichtlich mithilfe von Störsendern erzeugt werden. Das Ziel dieser Bachelorthesis ist es, ein Peilersystem unter Zuhilfenahme bereits vorhandener Hardware zu entwickeln. Als Basis dient hierfür ein Raspberry Pi, welcher über ein Linux-Terminal gesteuert wird. Er kontrolliert nicht nur die Antenne, welche für die Peilung erforderlich ist, sondern auch den Empfänger, der die Signale auswertet. Auf diese Weise ist der Raspberry Pi in der Lage, nicht nur die Störfrequenz zu identifizieren, sondern auch die Richtung des Störsenders zu finden.

Suchfunktionen in Dokumentenmanagementsystemen am Beispiel der Deutschen Flugsicherung: Evaluierung einer semantischen Suche vs. traditionelle Stichwortsuche

von Trautner, Nils

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Informatik, Abgabedatum: 08.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Klaus Kasper

Suchmaschinen in Dokumentenmanagementsystemen verwenden häufig einfache Stichwortsuchen, bei denen Suchbegriffe dem exakten Wortlaut entsprechen müssen. Dies kann dazu führen, dass relevante Inhalte übersehen werden. Insbesondere bei Fluglotsen ist eine effektive Suchmöglichkeit in PDF-Dokumenten von großem Wert. Bisherige Arbeiten betrachten semantische Suchmethoden primär in Internet-Suchmaschinen und vernachlässigen dabei ihre Umsetzung bei PDF-Dateien. Dazu gibt es wenige wissenschaftliche Evaluationen bezüglich Suchfunktionen in sicherheitskritischen Umfeldern. Diese dieser Arbeit ist, dass semantische Suchfunktionen eine Verbesserung gegenüber traditioneller Stichwortsuchen in der Deutschen Flugsicherung darstellen. Ziel ist es zu belegen, dass sie messbar bessere Ergebnisse in einem Datensatz der DFS vorweisen. Es wird analysiert, welche Technologie für diesen Anwendungsfall am besten geeignet ist. Dazu werden die Suchmethoden mittels Exact-Keyword-Search, TF-IDF, Word2Vec und BERT implementiert und anhand ausgewählter Metriken miteinander verglichen. Durch die Betrachtung quantitativer Vergleichswerte konnte nachgewiesen werden, dass eine semantische Suchfunktion mittels BERT messbar bessere Ergebnisse im Flugsicherungsumfeld bietet als traditionelle Stichwortsuchen.

Erarbeitung einer Methodik zur Neugestaltung einer microserviceorientierten Gesamtschnittstelle am Beispiel des TFDPS der DFS

von Tremmel, Jonas

Bachelorarbeit, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Informatik, Abgabedatum: 08.03.2024, Ansprechpartner Dualer Studiengang DFS: Prof. Dr. Klaus Kasper

Die Deutsche Flugsicherung (DFS) betreut sämtlichen Luftverkehr an den Toren der großen Verkehrsflughäfen in Deutschland. Die Lotsen arbeiten dabei mit verschiedenen Unterstützungssys-

temen wie dem Tower Flight Data Processing System (TFDPS). Zur Kommunikation des TFDPS mit anderen Systemen nutzt die DFS aktuell eine monolithische Schnittstellensoftware namens Gateway, die bereits stark veraltet ist und einer Modernisierung im Rahmen des Projekts Tower ATS Next Generation (TANGe) unterzogen werden soll. Die Thesis erarbeitet für diese Erneuerung eine Methodik, anhand der eine monolithische Schnittstellensoftware zu einer microserviceorientierten Schnittstelle mit modernen APIs umgestaltet werden kann. Hierzu werden wichtige Designkriterien und Vorgehensweisen der Erneuerung beschrieben. Zusätzlich liefert die erarbeitete Methodik ein Einführungskonzept, welches die Notwendigkeit von Rückwärtskompatibilitäten und einer schrittweisen flüssigen Einführung ohne Gefährdung der Operabilität der Schnittstelle berücksichtigt. Die Methodik wird auf das bestehende Gateway zur Erneuerung angewendet. Dabei werden zunächst kleinere Microserviceadapter zur Anbindung der externen Partner mittels des Domain Driven Design entwickelt. Anschließend wird die API in zwei Schritten für interne sowie externe Kommunikation ausgearbeitet. Für Flugpläne findet eine prototypische Dokumentation und Entwicklung anhand der Methodikanwendung statt. Für die weitere Übertragung der erarbeiteten Erkenntnisse auf das Projekt TANGe und weitere DFS-Erneuerungen wird die Anwendbarkeit der Methodik evaluiert und von zwei Experten der Software Gateway bewertet. Die Thesis unterstützt dabei nachweislich die Ausarbeitung neuer Schnittstellen in Bezug auf die Arbeit der Entwickler, da sie Richtlinien und Vorgehensweisen strukturiert vorgibt. Die Methodik führt zu Ergebnissen, die technische Verbesserungen und Modernisierungen hinsichtlich Modularität, Erweiterbarkeit, Skalierbarkeit und schnelleren Entwicklungszyklen ermöglichen.

Aufbau und Erprobung eines drohnen-gestützten Messsystems für die Sekundär-radarkanäle mit Software Defined Radio

von Witt, Niklas

Bachelorarbeit, Rhein-Main Fachbereich: Ingenieurwissenschaften, Abgabedatum: 24.5.2024, DFS Ansprechpartner: Harald Fischer & Frank Schlönhardt

Die Ortungssysteme der Flugsicherung arbeiten auf eigens zugewiesenen Frequenzen im L-Band, 1030MHz und 1090MHz. Die Nutzung der Kanäle durch die verschiedenen Systeme erfolgt dabei weitgehend unkoordiniert, so dass für einen sicheren Betrieb aller Funktionen die Kanalauslastung ein kritischer Faktor ist. Die Kanalauslastung wird in Deutschland durch ein Netzwerk von Sensoren kontinuierlich überwacht.

Neben der Überwachung durch dieses bodengestützte Netzwerk ist es erforderlich, in regelmäßigen Abständen auch Messungen in der Luft durch Messflüge zu realisieren. Diese Messflüge sind sehr kostenintensiv, unflexibel und erfordern einen relativ hohen Koordinationsaufwand. In der Arbeit wird ein drohnengestütztes Empfangssystem basierend auf Software Defined Radio aufgebaut und erprobt. Aufbauend auf einer vorgegebenen Drohne und vorhandener Softwaremodule werden verschiedene Lösungsmöglichkeiten zur Integration in ein flugtaugliches System vorgestellt. Nach Auswahl der Komponenten werden zwei Alternativen aufgebaut, im Rahmen einer ersten Erprobung gegenübergestellt und mit einem Referenzsystem verglichen. Nach einer Überarbeitung erfolgten ein Messflug und eine detaillierte Analyse des Messverhaltens. Abschließend werden das Potential des aufgebauten Systems dargestellt und mögliche Erweiterungen vorgeschlagen.

Innovation im Fokus

Informationen zu Forschung, Entwicklung und Validierung

Innovation im Fokus erscheint halbjährlich und beschäftigt sich bevorzugt mit Informationen zu Forschung, Entwicklung und Validierung mit Beteiligung DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Diese Ausgabe ist elektronisch im Internet (www.dfs.de > Medien > Publikationen > „Schlagworte“ Innovation im Fokus) sowie über das DFS Intranet verfügbar. 90 Exemplare werden in gedruckter Form aufgelegt.

Wie auch der Vorgänger-Zeitschrift „TE im Fokus“ wurde dieser Zeitschrift von der Deutschen Bibliothek eine ISSN (International Standard Serial Number) zugeteilt:

Printversion: ISSN 2198-8951 (vormals: 1861-6364)

Internet-Version: ISSN 2198-896X (vormals: 1861-6372)

Datum dieser Ausgabe: 24.06.2024

DISCLAIMER

Alle hier erwähnten Warenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer. Warenzeichen werden nicht ausdrücklich als solche gekennzeichnet. Aus dem Fehlen von Urheber- oder Markenrechtskennzeichen darf jedoch nicht geschlossen werden, dass es sich um einen nicht geschützten Namen oder um eine nicht geschützte Marke handelt.

COPYRIGHT

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH unzulässig und wird zivil- und strafrechtlich verfolgt. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Copyright © 2024 by DFS Deutsche Flugsicherung GmbH – Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder eines GM-Eintrages.



DFS Deutsche Flugsicherung

Impressum

Innovation im Fokus
Informationen zu Forschung,
Entwicklung und Validierung

Herausgeber:

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
Dr. Gerolf Ziegenhain,
Bereichsleitung Planung & Innovation

Redaktion:

Dr. Konrad Hagemann
Tel. +49 (0)6103 707 5745
E-Mail: konrad.hagemann@dfs.de

Stefan Tenoort
Tel. +49 (0)6103 707 5769
E-Mail: stefan.tenoort@dfs.de

Dr. Morten Grandt
Tel. +49 (0)6103 707 1139
E-Mail: morten.grandt@dfs.de

Oliver Haßa
Tel. +49 (0)6103 707 5762
E-Mail: oliver.hassa@dfs.de

Iris Filbrich
Tel. +49 (0)6103 707 1131
E-Mail: iris.filbrich@dfs.de

Anschrift der Redaktion:

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
Redaktion Innovation im Fokus
Am DFS-Campus 5
63225 Langen
E-Mail: forschung@dfs.de

Nachdruck nur mit Genehmigung.

