

# **KI-on-Air – Künstliche Intelligenz in der Luftfahrt**

Finanziert im Rahmen des Programms TAKE OFF durch das BMK

## **Impressum**

### **Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:**

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und  
Technologie (BMK)

A-1030 Wien, Radetzkystraße 2

### **Programmverantwortung TAKE OFF**

Abteilung III/I4 – Mobilitäts- und Verkehrstechnologien

DI (FH) Ingrid Kernstock, MA

Tel.: +43 (0)1 71162- 652119

E-Mail: [ingrid.kernstock@bmk.gv.at](mailto:ingrid.kernstock@bmk.gv.at)

DI Theresa Bauer, BSc

Tel.: +43 (0)1 71162- 653210

E-Mail: [theresa.bauer@bmk.gv.at](mailto:theresa.bauer@bmk.gv.at)

Website: [www.bmk.gv.at](http://www.bmk.gv.at); [www.open4aviation.at](http://www.open4aviation.at); [www.aeronautics.at](http://www.aeronautics.at)

### **Programmmanagement TAKE OFF**

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

A-1090 Wien, Sensengasse 1

DI Vera Eichberger

Tel.: +43 (0)5 7755- 5062

E-Mail: [vera.eichberger@ffg.at](mailto:vera.eichberger@ffg.at)

Website: [ffg.at/takeoff](http://ffg.at/takeoff)

### **Für den Inhalt verantwortliche Autorinnen und Autoren:**

BRIMATECH Services GmbH und Linz Center of Mechatronics GmbH

Autor 1: Mag. Johanna Berndorfer und Mag. Florian Lipok (BRIMATECH Services GmbH)

Autor 2: Dr. Thomas Buchegger (Linz Center of Mechatronics GmbH)

Tel.: +43 664 9689424

E-Mail: [jb@brimatech.at](mailto:jb@brimatech.at)

Website: [brimatech.at](http://brimatech.at)

Wien, 23. Oktober 2020

**Copyright und Haftung:**

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bund der Autorinnen und Autoren ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorinnen und Autoren dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an [i4@bmk.gv.at](mailto:i4@bmk.gv.at).

## Inhalt

<b>Executive Summary.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>8</b>
1.1 Ausgangssituation.....	9
1.2 Zielsetzung.....	9
1.3 Methodologie.....	10
1.4 Abgrenzung.....	13
<b>2 Luftfahrtanwendungen mit KI-Relevanz.....</b>	<b>15</b>
2.1 Luftfahrtanwendungen.....	15
2.2 KI-Teilgebiete.....	17
2.3 Vielversprechende Anwendungsfelder für Österreich.....	18
<b>3 Forschungspotentiale für die Luftfahrt.....</b>	<b>24</b>
3.1 Autonomous Flight.....	24
3.2 U-SPACE   ATM   CNS.....	28
3.3 Product & Manufacturing   Structural Health   Materials & Recycling.....	33
3.4 Vielversprechende Forschungsthemen.....	38
<b>4 Akteure und Rahmenbedingungen.....</b>	<b>40</b>
4.1 Akteure und ihre Kompetenzfelder.....	40
4.2 Wahrgenommenes Potential von KI in der Luftfahrt.....	52
4.3 Rahmenbedingungen.....	54
<b>5 Herausforderungen und Handlungsfelder.....</b>	<b>64</b>
5.1 Vernetzung und Etablierung eines Ökosystems.....	64
5.2 Aufbau von Humanressourcen.....	67
5.3 Schaffung der KI-Voraussetzungen im Unternehmen.....	69
5.4 Verbesserung des Verständnisses für KI-Möglichkeiten und Angebote.....	71
5.5 Empfehlungen für die Ausgestaltung zukünftiger Ausschreibungen.....	72
<b>6 Anhang.....</b>	<b>75</b>
6.1 KI-relevante SRIA Anwendungen.....	75
6.2 Thesaurus KI-Teilgebiete.....	80
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>83</b>
<b>Abkürzungen.....</b>	<b>84</b>

# Executive Summary

Künstliche Intelligenz ist eine Schlüsseltechnologie des digitalen Wandels. Sie hat die Fähigkeit, Märkte fundamental zu verändern und bereits bestehende Geschäftsmodelle nachhaltig zu verändern und auf neue Weise zu etablieren. Die aktuellen Entwicklungen in der Luftfahrt verlangen die Einführung innovativer Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle, um den künftigen Herausforderungen gerecht zu werden. Künstliche Intelligenz (KI) und die damit einhergehende Digitalisierung sind in der Luftfahrt, wie auch in vielen anderen Sektoren, entscheidende Faktoren für die künftige Wettbewerbsfähigkeit geworden. Hier gilt es Chancen für Österreich zu erkennen und zu nutzen, sowie sich auf die damit einhergehenden Herausforderungen vorzubereiten.

Die gegenständliche Studie KI-on-Air wurde im Rahmen des nationalen Luftfahrtprogramms Take Off als F&E Dienstleistung „Artificial Intelligence“ ausgeschrieben. Ziel ist es, für Österreich das Forschungspotential von KI für die Luftfahrt zu analysieren und Handlungsfelder abzuleiten, um das Potential von KI für die österreichische Luftfahrtindustrie und -forschung bestmöglich zu nutzen. Dazu wurden in der Ausschreibung fünf Fragestellungen definiert.

## **Für welche Luftfahrtanwendungen wird der Einsatz von KI in Zukunft zu erwarten sein?**

Die Analyse der F&E Bedarfe, welche in der europäischen strategischen Forschungs- und Innovationsagenda SRIA von ACARE festgeschrieben sind, zeigte ein immenses Potential für den Einsatz von KI; gut neunzig Prozent der fast 900 F&E Bedarfe sind KI-relevant. Die resultierenden vielversprechenden Anwendungsfelder reichen von Autonomous Flight und ATM, über Structural Health und Material Use bis hin zu Efficient Supply Chain Management und Customer Service and Retention.

## **Welche Technologien rund um KI erweisen sich in diesem Zusammenhang als besonders relevant?**

Den Luftfahrtanwendungen wurden KI-Teilgebiete gegenübergestellt und bewertet. Diese reichen von Wissensbasierten Systemen und Maschinelles Lernen über Autonome Systeme und Robotics bis hin zu Product & Process Optimization und KI-enabled New Products & Services. Als besonders relevant werden neben Machine Learning KI-Zugänge

wie Reinforcement Learning, Transfer Learning oder Generative Adversarial Networks erachtet. Ein Augenmerk sollte auch auf Data Science, Sensorfusion, System-of-Systems Architekturen sowie Semantic Databases (Knowledge Graphs) gelegt werden.

### **Welche Forschungspotentiale entstehen dadurch für die Luftfahrt?**

Ein Online-Workshop diene der Identifikation von Use Cases mit hohem Luftfahrtverwertungspotential und hoher KI-Relevanz im Sinne von Innovationsgehalt. Use Cases mit hohem Forschungspotential sind etwa Aeronautical Decision Making/Virtual Pilot, Wetterphänomene und Flight Trajectory Management im Anwendungsfeld Autonomous Flight; oder Risk Prediction & Detection, Flight Object Recognition and Tracking oder Conflict Detection and Resolution im Bereich U-SPACE; für den Anwendungsbereich Product&Manufacturing/Structural Health/Materials and Recycling sind die vielversprechenden Themen Structural Health Monitoring, Materialentwicklung oder Design von Komponenten, Systemen und Produktionsanlagen sowie Fertigungsprozesse.

### **Welche Akteure müssten einbezogen werden, um diese Potentiale ausschöpfen zu können?**

Österreich verfügt über breit gefächerte, über Ländergrenzen hinweg anerkannte KI-Kompetenzen, und eine gegenüber der Anwendung von KI aufgeschlossene Luftfahrtindustrie und -forschung. Etwa 200 Unternehmen und Forschungsinstitute beschäftigen sich in Österreich mit KI. Diese Kompetenzen gilt es mit den Luftfahrtakteuren zu verflechten, um gemeinsam Zielsetzungen, Problemstellungen und Lösungsansätze definieren zu können. Weiters bedarf eine erfolgreiche Entwicklung und Anwendung von KI in der Luftfahrt der Einbindung eines breiten Portfolios an Stakeholdern wie Endanwender, Forschungseinrichtungen, Start-ups, KI-Expertinnen und -Experten, Datenlieferanten, Infrastrukturbereitsteller, Zertifizierungsstellen, Verbände oder die Öffentliche Hand.

### **Welche Rahmenbedingungen müssen dabei beachtet werden?**

Technische Anforderungen betreffen vor allem die Daten. Deren Menge und Qualität ist essentieller Erfolgsfaktor. Hinzu kommt sicherer Datenaustausch, Infrastruktur und Zertifizierbarkeit. Vertrauenswürdigkeit und Nachvollziehbarkeit der KI-Lösungen ist gerade in der Luftfahrt von großer Bedeutung. Auf organisatorischer Ebene spielt

Vertrauen in die Technologie eine Rolle; ein KI-Mindset muss aufgebaut werden. Dazu ist es unumgänglich, KI in der Unternehmensstrategie zu verankern und in den Aufbau von Humanressourcen zu investieren. Da KI noch vielerorts schwer greifbar ist, ist es wichtig, eine realistische Erwartungshaltung zu generieren und Ängste (wie Jobverlust durch Einsatz von KI im Unternehmen) zu adressieren. Rechtliche Rahmenbedingungen wie Sicherheit und Datenschutz, Dateneigentümerschaft, Standards und Zertifizierungen sind zentrale Voraussetzung für den Erfolg von KI. Zu den Technologietreibern zählen Kostendruck und Effizienzsteigerung bei Luftfahrtprozessen, wachsende Kundenerwartungen oder Digitalisierungstrends, Verfügbarkeit intelligenter Bauteile oder das immer wichtiger werdende Risikomanagement. Einem Einsatz von KI hinderlich sind etwa die fehlenden Grundlagen im Unternehmen (Daten in ausreichender Qualität und Menge), die fehlenden fachlich ausgebildeten Humanressourcen, die fragmentierten Zulieferketten und der enorme Kostendruck in der Luftfahrt-Branche.

Aus den identifizierten Herausforderungen lassen sich **Handlungsfelder** ableiten, die helfen das Potential von KI in der Luftfahrt für Österreich auszuschöpfen. Um einen guten Nährboden für eine erfolgreiche Entwicklung von KI in der Luftfahrt in Österreich zu schaffen, muss ein entsprechendes Ökosystem etabliert, Aktivitäten zur Vernetzung der Luftfahrt und KI-Akteure forciert und in den Aufbau von notwendigen Humanressourcen investiert werden. Die in der Luftfahrt tätigen Organisationen sind mitunter mit Unsicherheiten konfrontiert, die den Aufbau von notwendigen Grundlagen und das Wissen über das Einsatzpotential von KI betreffen. Hier kann größtmögliche Transparenz des Ökosystems helfen, ebenso wie gezielte, unterstützende Maßnahmen im Rahmen der österreichischen Luftfahrtprogramms Take Off.

# 1 Einleitung

Künstliche Intelligenz (KI) und die dafür notwendige Digitalisierung sind in der Luftfahrt, wie in vielen anderen Sektoren, entscheidende Faktoren für die künftige Wettbewerbsfähigkeit geworden. Der Einsatz von KI-Technologien in der Luftfahrt ermöglicht eine Erhöhung der Sicherheit, Anpassungsfähigkeit, Optimierung, Effizienz, Kapazität und betrifft alle Luftfahrt-Stakeholder. Jedoch erfordert deren Anwendung neue Kompetenzen und Kapazitäten sowie eine adäquate Anpassung der Regularien. Es werden neue Konzepte für Zertifizierung, Qualifizierung und den Datenaustausch gebraucht. Die Europäische Agentur für Flugsicherheit EASA rechnet bereits im Jahr 2025 mit der ersten Zertifizierung von KI-basierten Systemen in der Luftfahrt<sup>1</sup>. Es bedarf strategiepoltischer Maßnahmen auf nationaler und europäischer Ebene, um auch in Zukunft konkurrenzfähig bleiben zu können.

Die gegenständliche Studie KI-on-Air zeigt Wege auf, wie die österreichischen Kompetenzen aus Luftfahrt und KI gebündelt werden können, um den künftigen Anforderungen aus Gesellschaft, Markt, Wirtschaft, Umwelt und Sicherheit im Bereich Luftfahrt gewachsen zu sein. Es wird für Österreich das Forschungspotential von KI in der Luftfahrt aufgezeigt und mit welchen Lösungsansätzen dieses ausgeschöpft werden kann. Die im Rahmen von KI-on-Air entwickelten Handlungsempfehlungen können eine Basis für weiterführende strategiepoltischen Maßnahmen bilden.

Mit Hilfe einer Potentialmatrix werden KI-Technologien den Luftfahrtanwendungen gegenübergestellt und bewertet, um in weiterer Folge für Österreich vielversprechende Anwendungsfelder identifizieren zu können (Kapitel 2). Zukunftsträchtige Use Cases werden nach ihrem Potential für die österreichische Luftfahrtindustrie und -forschung untersucht und dahinterliegende Forschungsthemen abgeleitet (Kapitel 3). Neben Akteuren, Anforderungen und Trends zeigt die Umfeldanalyse Rahmenbedingungen auf, die einen Einsatz von KI-Technologien in der Luftfahrt fördern oder hindern (Kapitel 4). Aus den identifizierten Herausforderungen werden Handlungsfelder abgeleitet, um das

---

<sup>1</sup> <https://www.aviationtoday.com/2020/02/19/easa-expects-certification-first-artificial-intelligence-aircraft-systems-2025/>.

Potential von Künstlicher Intelligenz in der österreichischen Luftfahrtzulieferindustrie und -forschung bestmöglich zu nutzen (Kapitel 5).

## 1.1 Ausgangssituation

Künstliche Intelligenz ist eine Schlüsseltechnologie des digitalen Wandels. Sie hat die Fähigkeit, Märkte fundamental zu verändern und bereits bestehende Geschäftsmodelle nachhaltig zu verändern und auf neue Weise zu etablieren. Die aktuelle Entwicklung der Luftfahrt verlangt die Einführung innovativer Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle, um den künftigen Herausforderungen gerecht zu werden. Der derzeitige Trend zur Digitalisierung und zum Einsatz von KI-Technologien wird die Produktion und den Betrieb moderner Flugzeuge verändern. Es ist wichtig, bereits jetzt die Weichen für Österreich zu stellen.

Wie bereits im White Paper des Österreichischen Rats für Robotik und Künstliche Intelligenz<sup>2</sup> festgehalten, braucht es eine „treffsichere Forschungs-, Entwicklungs- und Investitionspolitik, um die Potentiale von Robotik und KI-Technologien in all ihren Anwendungsbereichen auszuschöpfen, und damit neue Märkte und Anwendungen zu erschließen“.

Diesen Rahmenbedingungen entsprechend wurde für den Bereich Luftfahrt die gegenständliche Studie im Rahmen des nationalen Luftfahrtprogramms Take Off als F&E Dienstleistung „Artificial Intelligence“ ausgeschrieben. Es gilt für Österreich das Forschungspotential von KI für die Luftfahrt zu analysieren und Handlungsfelder abzuleiten.

## 1.2 Zielsetzung

Das Ziel von KI-on-Air ist es, das Forschungspotential von KI und angrenzenden Technologien in der Luftfahrt für Österreich zu untersuchen und maßgeschneiderte Lösungsansätze für das Ausschöpfen des Potentials aufzuzeigen. Des Weiteren gilt es, die Kompetenzen der Akteure der Querschnittstechnologie KI mit jenen der

---

<sup>2</sup> [https://www.acrai.at/wp-content/uploads/2020/03/ACRAI\\_White\\_Paper\\_DE.pdf](https://www.acrai.at/wp-content/uploads/2020/03/ACRAI_White_Paper_DE.pdf)

Anwendungsbranche Luftfahrt gezielt zu bündeln und voranzutreiben, und den Aufbau eines gemeinsamen Ökosystem zu ermöglichen.

Für KI-on-Air werden folgende Zielsetzungen definiert.

- Ziel 1: Aufzeigen des Forschungspotentials von KI in der Luftfahrt  
Identifikation von zukünftigen Use-Cases, die eine rasche Umsetzung der KI-Potentiale erlauben und schnelle Lernprozesse ermöglichen, Analyse von konkreten Herausforderungen, die beim Einsatz von KI-Technologien in der Luftfahrt entstehen.
- Ziel 2: Lösungsansätze für das Ausschöpfen des Potentials  
Erarbeitung von für Österreich erfolgversprechende Use-Cases, Forschungsthemen und Handlungsempfehlungen. Dabei werden technische, rechtliche, organisatorische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen berücksichtigt, die die Realisierung des Potentials fördern oder hindern (Datenformate, Standards, etc.).
- Ziel 3: Vernetzung der Akteure  
Schaffung einer Basis zum Aufbau eines Ökosystems aus Technologiepartnern, Forschungseinrichtungen und Institutionen aus den Bereichen KI und Luftfahrt, das Kooperationen und einen schnellen Wissenstransfer ermöglicht.

### 1.3 Methodologie

Im Rahmen von KI-on-Air werden folgende, im Ausschreibungsleitfaden definierte Fragestellungen untersucht.

- Für welche **Luftfahrtanwendungen** wird der Einsatz von Artificial Intelligence in Zukunft zu erwarten sein?  
Den Ausgangspunkt für die Identifikation von vielversprechenden Luftfahrtanwendungen bildet die strategische Forschungs- und Innovationsagenda SRIA<sup>3</sup> (Strategic Research and Innovation Agenda) von ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in

---

<sup>3</sup> ACARE, Strategic Research & Innovation Agenda, 2017 update, Volume 1 & 2

Europe). SRIA enthält eine strategische Roadmap für Luftfahrtforschung, -entwicklung und -innovation, die sowohl evolutionäre als auch revolutionäre Technologien berücksichtigt.

- Welche **Technologien rund um KI** erweisen sich in diesem Zusammenhang als besonders relevant?

Eine Analyse von Deep Tech Strömungen sowie deren Potential für zukünftige Anwendungen mit breiterer Relevanz für den österreichischen Markt wird durchgeführt.

- Welche **Forschungspotentiale** entstehen dadurch für die Luftfahrt?

Die vielversprechenden Luftfahrtanwendungsfelder werden den identifizierten KI-Zugängen in einer Matrix gegenübergestellt. Im Austausch mit der KI- und der Luftfahrtcommunity erfolgt eine Validierung dieser Matrix, eine Priorisierung der Anwendungsfelder und eine Identifikation von vielversprechenden Use Cases und Forschungsthemen. Eine Umfeldanalyse mit Fokus Österreich erlaubt eine zusätzliche Untersuchung etwaiger Anforderungen, Treiber/Barrieren und Trends. Ergebnis sind die unter Berücksichtigung der erhobenen Rahmenbedingungen priorisierten Use Cases und Forschungsthemen.

- Welche **Akteure** müssten einbezogen werden, um diese Potentiale ausschöpfen zu können?

Eine Online-Kurzumfrage zu den Use Cases dient nicht nur der Identifikation interessierter Akteure aus Österreich, sondern auch dem Awareness-Building. Miteinbezogen werden Forschungseinrichtungen, Ausbildungseinrichtungen, Unternehmen und Start-ups. In einem Workshop werden Use Cases und Forschungsthemen priorisiert. Zusätzlich zielt der Workshop auf die Vernetzung der Luftfahrt- und KI-Community ab und dient der Validierung der Zwischenergebnisse.

- Welche **Rahmenbedingungen** (technisch, organisatorisch, rechtlich, gesellschaftlich) müssen dabei beachtet werden?

Die zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen aus technischer, organisatorischer, gesellschaftlicher und rechtlicher Sicht werden primär über problemzentrierte Experteninterviews erhoben. Die Rahmenbedingungen sind unumgänglich für eine erfolgreiche Umsetzung.

Folgende Graphik fasst die methodische Herangehensweise von KI-on-Air zusammen.

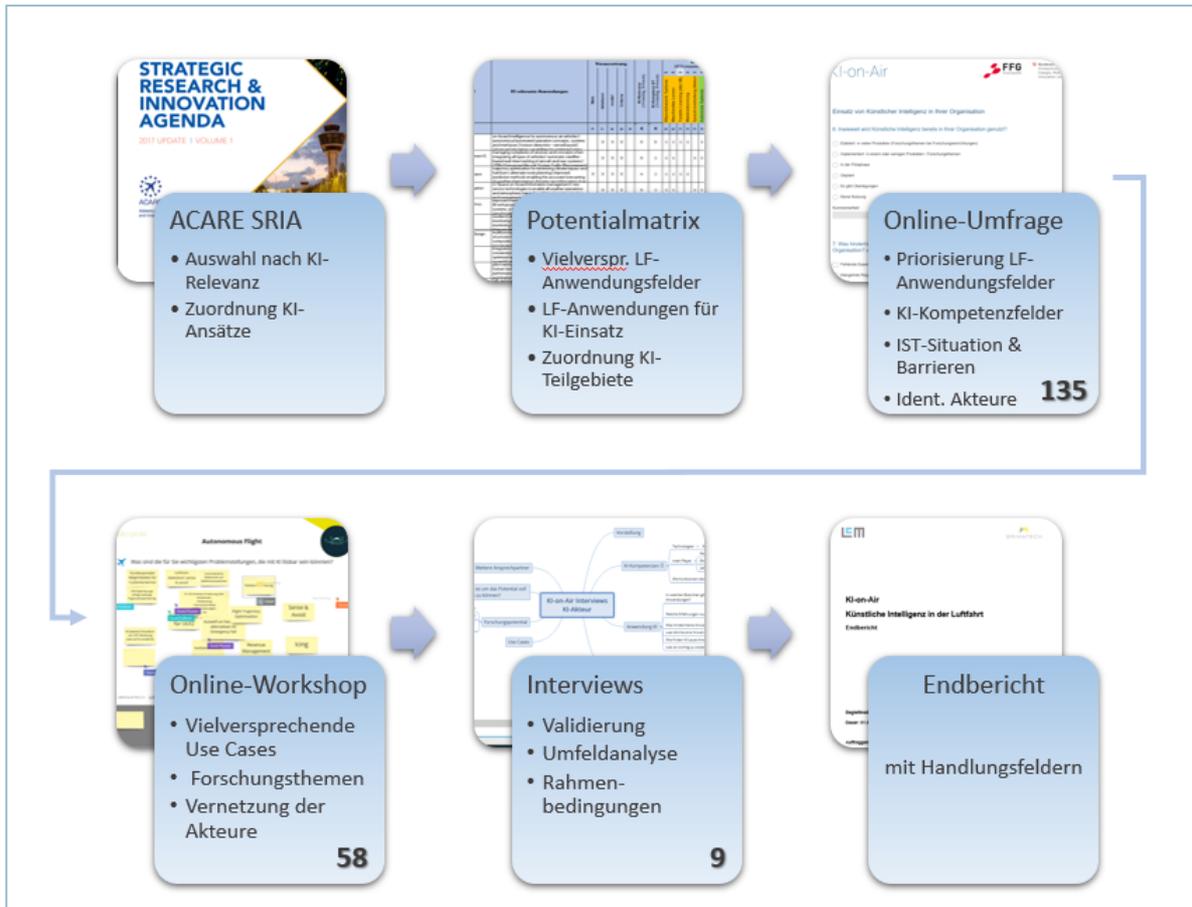


Abb. 1: Methodologie KI-on-Air

Die Online-Umfrage diente der Identifikation von KI-Akteuren und ihrer Kompetenzen, sowie der Priorisierung von Luftfahrt-Anwendungsfeldern, denen ein Potential für den Einsatz von KI zugesprochen wurde. Es nahmen 135 Personen an der Erhebung teil, von denen sich 60 der Luftfahrtbranche und 56 der KI-Community zuordneten; 19 Personen sahen sich in beiden Tätigkeitsfeldern.

Der Online-Workshop zielte auf die Validierung der vielversprechenden Anwendungsfelder sowie die Identifikation von Use Cases und Forschungsthemen ab. Zusätzlich ermöglichte er eine Vernetzung der Communities aus Luftfahrt und KI. Der Online-Workshop fand am 24. Juni 2020 statt. Etwa 60 Akteure aus den Bereichen Luftfahrt (53%) und KI nahmen daran teil. Als Keynote-Speaker konnte Clemens Wasner (EnliteAI, AI Austria) gewonnen werden.

Experteninterviews gaben Aufschluss zu Anforderungen, Rahmenbedingungen und Trends und zeigten Herausforderungen auf. Die Auswahl der Gesprächspartnerinnen und -partner

beruhte auf einer möglichst breiten Abdeckung der Luftfahrtsegmente und KI-Expertise. Neun Gespräche mit Fachleuten aus Luftfahrt und KI wurden geführt, und zwar mit FACC, Frequentis, Greiner Aerospace und Rosenbauer für die Luftfahrt und Aeroficial Intelligence, EnliteAI, Know-Center, Software Competence Center Hagenberg und Technische Universität Graz für den Bereich KI.

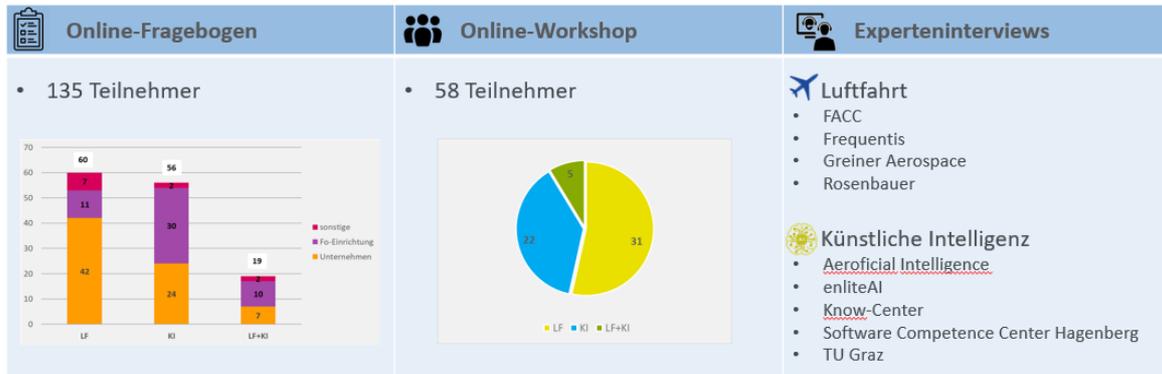


Abb. 2: Qualitative Erhebung

Die erhobenen Einschätzungen und Statements wurden zusammengefasst und in Handlungsfelder abgeleitet, die einer künftigen erfolgreichen Einbindung von KI in die österreichischen Luftfahrtforschungsaktivitäten dienen sollen.

## 1.4 Abgrenzung

Für Künstliche Intelligenz gibt es keine allgemeingültige und von allen Akteuren konsistent genutzte Definition. Im Wesentlichen wird Künstliche Intelligenz als Überbegriff für Anwendungen genutzt, bei denen Maschinen menschenähnliche Intelligenzleistungen erbringen. Die Europäische Kommission<sup>4</sup> veröffentlichte folgende Definition von KI, die auch das Studienteam verwendet.

- KI bezeichnet Systeme mit einem „intelligenten“ Verhalten, die ihre Umgebung analysieren und mit einem gewissen Grad an Autonomie handeln, um bestimmte Ziele zu erreichen.

<sup>4</sup> European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on Artificial Intelligence for Europe, Brussels, 25.4.2018, COM(2018) 237 final

- KI-basierte Systeme können rein softwaregestützt in einer virtuellen Umgebung arbeiten (z. B. Sprachassistenten, Bildanalysesoftware, Suchmaschinen, Sprach- und Gesichtserkennungssysteme), aber auch in Hardware-Systeme eingebettet sein (z.B. moderne Roboter, autonome Pkw, Drohnen oder Anwendungen des „Internet der Dinge“).

Unter dem Begriff Luftfahrt wird die Gesamtheit aller mit der Nutzung des Luftraums durch Luftfahrzeuge zusammenhängenden Tätigkeiten, Einrichtungen und Techniken verstanden (auch auf dem Boden). Das Augenmerk liegt auf der zivilen Luftfahrt.

Der regionale Fokus der Studie liegt auf Österreich. Jedoch werden europäische Strategiepapiere und Best-Practice-Beispiele mit eingebunden.

Aufgrund der COVID-19-Pandemie wurde der Workshop online abgehalten. Das Studienteam war bemüht, über virtuelle Stehtische in den Pausen und nach den Arbeitsgruppen die Vernetzung der Akteure aus Luftfahrt und KI bestmöglich zu unterstützen.

Die in diesem Bericht zusammengefassten Ergebnisse basieren überwiegend auf den durch Umfrage, Workshop und Experteninterviews generierten Erkenntnissen. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Es handelt sich vielmehr um eine Momentaufnahme, denn KI ist gekennzeichnet durch ihre rasante Entwicklung, sowohl betreffend Akteure als auch Einsatzmöglichkeiten.

## 2 Luftfahrtanwendungen mit KI-Relevanz

Die strategische Forschungs- und Innovationsagenda SRIA<sup>5</sup> (Strategic Research and Innovation Agenda) von ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe) bildet die Basis für die Identifikation von vielversprechenden Luftfahrtanwendungen.

Nach einer Analyse der SRIA Anwendungsfelder und Aktivitäten auf KI-Relevanz und einer Festlegung der KI-Teilgebiete erfolgt eine Clusterung der Anwendungsfelder und Zuordnung der KI-Teilgebiete. Vorabdefinierte Indikatoren, wie Verwertungspotential in der Luftfahrt und KI-Relevanz, unterstützen die Auswahl vielversprechender Anwendungsfelder.

### 2.1 Luftfahrtanwendungen

Die Luftfahrt zeichnet sich durch die hohe Komplexität ihrer Produkte und Komponenten aus, die sehr langen F&E-Zyklen (bis zu 20 Jahren) unterliegen und technologie- und kapitalintensiv sind. Daher ist es wichtig, auf europäischer Ebene Forschungsanstrengungen langfristig zu koordinieren. So kann über viele Jahre hinweg Kontinuität bei den F&E-Bemühungen gewährleistet werden.

Aus diesem Grund wurde die strategische Forschungs- und Innovationsagenda SRIA (Strategic Research and Innovation Agenda) von ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe) als strategische Roadmap für Forschung, Entwicklung und Innovation in der Luftfahrt entwickelt. Die SRIA stellt einen Leitfaden für Maßnahmen in europäischen und nationalen Förderprogrammen bereit, um eine zielgerichtete, gemeinsame Forschungsförderung zu ermöglichen.

---

<sup>5</sup> ACARE, Strategic Research & Innovation Agenda, 2017 update, Volume 1 & 2

Dabei schlägt die SRIA eine missionsorientierte F&E-Entwicklung vor, die den gesellschaftlichen und marktbezogenen Anforderungen gerecht wird, die industrielle Führungsrolle beibehält und ausbaut, die Umwelt und die Energieversorgung schützt, Sicherheit gewährleistet, Forschung, Testfähigkeiten und Bildung priorisiert.

- Challenge 1. Meeting societal and market needs
- Challenge 2. Maintaining and extending industrial leadership
- Challenge 3. Protecting the environment and energy supply
- Challenge 4. Ensuring safety and security
- Challenge 5. Prioritising research, testing capability and education

Für jede Challenge erarbeiteten ACARE Arbeitsgruppen Handlungsfelder, Anwendungsbereiche und F&E Bedarfe, denen unterschiedliche Domänen (Concepts, Infrastructure, Knowledge, Policy, Technology, etc.) und Zeithorizonte zugeordnet wurden.

Das Studienteam konzentrierte sich auf die F&E Bedarfe, prüfte diese auf KI-Relevanz, definierte Anwendungskategorien und ordnete die (zusammengefassten) Bedarfe diesen Kategorien zu. Über 90% der gut 890 F&E Bedarfe konnte eine KI-Relevanz beigemessen werden. Abb. 3 zeigt die definierten Anwendungskategorien, sowie die zugeordneten SRIA Aktivitätsfelder mit KI-Relevanz.



Abb. 3: Clusterung der KI-relevanten SRIA-Anwendungen

Eine ausführliche Auflistung einschließlich einer 3. Detailebene findet sich im Anhang (Kapitel 6.1). Hier wird ebenso auf die SRIA „Action Area“ verwiesen, dem der F&E Bedarf entnommen wurde.

## 2.2 KI-Teilgebiete

Ziel ist es, den KI-relevanten Anwendungsfeldern KI-Teilgebiete zuzuordnen, die bei der Lösung des identifizierten F&E Bedarfs (SRIA) eingesetzt werden können. Dabei wird zwischen KI-Disziplinen und KI-Einsatzgebiete unterschieden.

### KI-Disziplinen

- Wissensbasierte Systeme

Wissensbasierte Systeme sind in der Lage, komplexe Probleme zu lösen, indem auf Grundlage einer vorhandenen Wissensbasis Schlussfolgerungen gezogen werden.

- Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen generiert in einem Lernprozess aus vorhandenen Daten Wissen über Muster, Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten, Abhängigkeiten und versteckte Strukturen in diesen Daten.

- Transfer Learning

Im Transfer Learning wird ein Machine Learning Modell, das für eine bestimmte Anwendung trainiert wurde, als Ausgangspunkt für das Training einer anderen Anwendung verwendet.

- Mustererkennung

Die Mustererkennung beschäftigt sich mit den mathematisch-technischen Aspekten der automatischen Verarbeitung von Mustern. Dazu gehören die Klassifikation einfacher Muster und die Analyse komplexer Muster.

- Sprachverarbeitung (Natural Language Understanding)

Natural Language Understanding (NLU) bezeichnet das Verstehen natürlicher Sprache durch eine Software. Man kann NLU als Abbildung von Text nach Bedeutung interpretieren.

### KI-Einsatzgebiete

- Autonome Systeme

Ein autonomes System ist ein System, das in seiner Umwelt für längere Zeitspannen ohne jegliche Form externer Kontrolle agieren kann.

- **Automatisiertes Design**

Automatisiertes Design ist eine wissensbasierte Methode, die bei der Produktentwicklung verschiedene Konstruktionskonzepte und Echtzeitanwendungen miteinander verbindet.

- **Robotik**

Robotik ist die Wissenschaft oder Technologie von Robotern, ihrem Design, ihrer Herstellung, ihrer Anwendung und ihrem Einsatz.

- **Kognitive Systeme und Assistenten**

Ein kognitives System ist eine neuartige Software- oder Hardwarelösung, die in gewisser Weise Fähigkeiten der menschlichen Intelligenz nachahmt.

Kognitive Assistenten stellen rechnergestützte Fertigkeiten - typischerweise basierend auf Sprachverarbeitung, Machine Learning und Schlussfolgerungen in großen Datenmengen, zur Verfügung, die das menschliche Erkenntnisvermögen übertreffen und skalieren.

- **Prädiktive Systeme**

Vorhersagesysteme verwenden (datenbasierte oder wissensbasierte) Modelle, um die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Ereignisse oder Zustände zu bestimmen.

- **Produkt- & Prozessoptimierung**

Die Prozessoptimierung ist ein planmäßiges Bestreben, die Effizienz und die Effektivität in Prozessen zu verbessern. Dabei können Methoden zur Ideenfindung, einmalige Methoden oder kontinuierlich eingesetzte Methoden angewendet werden.

- **New Products & Services**

New Products & Services sind Güter oder Dienstleistungen, die sich in ihren Eigenschaften oder ihrem vorgesehenen Nutzen signifikant von bisher produzierten Produkten oder Dienstleistungen einer Firma unterscheiden.

Diese KI-Teilgebiete werden in der Folge vielversprechenden Luftfahrtanwendungsfeldern zugeordnet.

## **2.3 Vielversprechende Anwendungsfelder für Österreich**

Zahlreiche Roadmaps, Strategie- und Positionspapiere und einschlägige Artikel beschäftigen sich mit der Anwendung von KI in der Luftfahrt. Beispielhaft seien hier die

„Artificial Intelligence Roadmap – A human-centric approach to AI in aviation“ der European Union Aviation Safety Agency (EASA), publiziert im Februar 2020<sup>6</sup> oder „FLY AI Report – Demystifying and Accelerating AI in Aviation/ATM“ der EUROCONTROL, publiziert im März 2020<sup>7</sup>, genannt.

Als für Österreich relevant werden jene Anwendungsfelder erachtet, die es einerseits ermöglichen, Kompetenzen in Österreich aus- und aufzubauen, und andererseits hinsichtlich ihres Verwertungspotentials attraktiv sind. Die Kombination der Ergebnisse aus der Internetrecherche zu potentiellen KI-Einsatzmöglichkeiten in der Luftfahrt und der SRIA-Analyse (Kapitel 2.1) führte zur folgender Auswahl an Anwendungsfeldern und beispielhaften Anwendungen.

- **Autonomous Flight**

on-board intelligence for autonomous air vehicles | autonomous/automated operation concepts, systems and interfaces | horizon detection – sense & avoid | advanced simulation capabilities for optimized sizing and stress testing of components | anomaly detection | on-board automation strategies with regard to ATM

- **U-Space: Air Traffic Management including UAS Traffic Management**

Managing complexity of services and concepts when integrating all types of vehicles | automatic satellite-based real-time tracking of aircraft and new systems | UTMs (Unmanned Aircraft System Traffic Management) that minimise drone noise pollution | multi-criteria flight optimisation | new operational concepts based on multiple aircraft/fleet interactions to enable process and environmental optimisation

- **(Standard) Air Traffic Management**

Trajectory optimisation for minimising climate impact and fuel burn | alternate route planning | improved prediction methods enabling the accurate forecasting of weather phenomena | dynamic reconfiguration of air route system | improve flight planning tools enabling operators to insert environmental features into overall optimisation

- **CNS – Communication, Navigation and Surveillance**

U-Space on-board information management | new sensor technologies to enable all weather operations and atmospheric hazard avoidance | communication and navigation

---

<sup>6</sup> <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA-AI-Roadmap-v1.0.pdf>

<sup>7</sup> <https://www.eurocontrol.int/publication/fly-ai-report>

technologies employing AI | monitoring of accurate air vehicle position for surveillance applications, search & rescue and the like

- **Propulsion and Energy Efficiency**

Improved thermodynamic and propulsive efficiency by AI-enhanced thermal management and cooling systems, or by improved aeroelasticity and aerodynamics | design optimisation | adaptive/active noise control (variable/morphing structures) | increased engine efficiency (variable geometry, e.g. variable pitch fan blades) | improved characterisation of failure mechanisms | engine parameter self-adjustment to maintain performance

- **Structural Health**

(Resilient) design for no/reduced maintenance | trend monitoring for condition-based maintenance | health monitoring & diagnostics & prognostics (develop new damage detection methodology, life cycle assessment data collection) | cognitive sensor technology

- **Product and Manufacturing Design and Development**

Multifunctional control surfaces and morphing structures for optimized aircraft control | optimised composite structures | new manufacturing or assembly processes (automation) | smart acoustic-efficient materials for cabin noise management | green manufacturing | simulation for optimised aerodynamics and structures, aero-acoustics design of the airframe | AI based product or concept design | AI based modelling for product-, process design or commissioning

- **Material Use and Recycling**

Integration of bulk material and manufacturing conversion towards resource efficient and topologically optimised architectures | improved materials and assembly efficiency | optimised repair, test, and recycle technologies for innovative materials | improved end-of-life management (smart logistics and product life-cycle management) | design for sustainability

- **Training and Simulator**

Pilot training | pilot assistance | understanding the human factors, their interaction, their effect on performance and the measurability for adaptive automation | combined analysis of multiple actor's decision-making processes (multiple pilots, controllers, + AOC...) |

automated and intelligent systems which decouple safety systems from human error or adapt to individual human performance

- **Autonomous Machines and Ground Processes**

Fully automated transportation of passenger, baggage and freight | smart taxiing concepts | environmental impact assessment and reduction of other airport users' ground operations, including smart airport manoeuvring | optimised aircraft and runway de-/anti-icing

- **Efficient Supply Chain Management**

Improved end to end, vertical and horizontal supply chains, facilitating manufacturing processes | collaborative supply chain integration across multiple vendor platforms | agile forecasting of demand and supply in inventory systems | intelligent logistics

- **Fleet Management and Airport Operations**

Optimised air vehicle operation, fleet operation and flows | optimised crew scheduling | flight delay prediction and rebooking customers' flights | integrated intermodal passenger, baggage and freight processes | impact assessment of customer-centric airport design on airport business model

- **Customer Service and Retention**

Prediction of customer profiles and expectations | intelligent passenger flow management | decision making mechanisms for a multimodal transport system | tools for strategic, tactical and real-time door-to-door multi-modal transport modelling and simulation

Die folgende Potentialmatrix (Abb. 4) zeigt diese Anwendungsfelder und stellt sie den KI-Teilgebieten aus Kapitel 2.2. gegenüber. Zusätzlich wurde vom Studienteam eine Bewertung nach KI-Relevanz, KI-Kompetenz in Österreich und Luftfahrtkompetenz in Österreich vorgenommen, die im Rahmen der Online-Umfrage validiert wurde. Die KI-Relevanz ist ein Indikator für das Einsatzpotential von KI im jeweiligen Anwendungsfeld. KI-Kompetenz bewertet die in Österreich zur Verfügung stehende relevante KI-Expertise, wobei hier die Breite, sprich Anzahl der entsprechenden KI-Organisationen, ebenso wichtig ist wie die Tiefe (internationales Ansehen). Selbiges gilt für die Österreichkompetenz betreffend KI-Teilgebiete und Luftfahrtanwendungsfeld (Spalten 4-15 und Spalte 16).

Anwendungsfeld	KI-Relevanz (1=niedrig, 5=hoch)	KI-Kompetenz AT (1=niedrig, 5=hoch)	KI-Teilgebiete (AT Kompetenz (1=niedrig, 5=hoch))											LF-Kompetenz AT (1=niedrig, 5=hoch)	
			5	5	3	4	3	4	4	4	4	3	4		4
<b>Häufigkeit bzw. Mittelwert</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>4</b>
Autonomous Flight	5	5	X	X	X	X		X			X	X			5
U-Space: Air Traffic Mgmt & UAS Traffic Mgmt	5	3	X	X			X	X			X		X	X	3-5
Standard Air Traffic Management	4	3	X	X	X	X					X	X	X		4
CNS (Communication, Navigation & Surveillance)	5	3	X	X			X	X			X		X	X	5
Propulsion and Energy Efficiency	5	5	X	X					X			X	X		4
Structural Health	5	5	X	X	X			X	X			X	X	X	4
Product and Manuf. Design & Development	5	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5
Material Use and Recycling	3	3	X	X					X			X	X	X	5
Training and Simulator	4	3	X	X		X	X	X	X		X		X	X	3
Autonomous Machines and Ground Processes	5	5							X	X	X			X	2
Efficient Supply Chain Management	3	4	X	X							X	X	X		2
Fleet Management and Airport Operations	3	5	X	X	X	X		X				X	X	X	3
Customer Service and Retention	4	5	X	X	X	X	X	X				X	X	X	2

Abb. 4: Komprimierte Potentialmatrix KI-relevanter Luftfahrtanwendungsfelder

In Spalte 2 wird die KI-Relevanz des Anwendungsfeldes bewertet, wobei 1 niedrig und 5 hoch bedeutet. Nachdem bei der Identifikation der Anwendungsfelder bereits die KI-Relevanz ausschlaggebend war, liegt hier der Durchschnittswert naturgemäß eher hoch, bei 4. Die 3. Spalte zeigt die in Österreich vorhandene und für die Bearbeitung des Anwendungsfeldes benötigte KI-Kompetenz. Auch hier liegt der Durchschnittswert bei 4. Österreich verfügt über ein breites Portfolio an KI-Kompetenzen, wobei gegenwärtig die Teilgebiete Wissensbasierte Systeme und Maschinelles Lernen in Österreich am stärksten

bearbeitet werden. Für diese beiden Disziplinen, gemeinsam mit Product & Process Optimization besteht der höchste Einsatzbedarf bei den Anwendungsfeldern. Die letzte Spalte schätzt die in Österreich vorhandene Kompetenz im Luftfahrt-Anwendungsfeld ab, wobei auch hier 1 niedrig und 5 hoch bedeutet.

Ein Anwendungsfeld bietet für alle KI-Teilgebiete Einsatzmöglichkeiten und liegt bei allen Indikatoren im Spitzenfeld: Product and Manufacturing Design and Development. Ebenso von besonderer Bedeutung für Österreich hinsichtlich Relevanz und Kompetenz sind die Anwendungsfelder Autonomous Flight, Propulsion and Energy Efficiency sowie Structural Health.

In einem nächsten Schritt erfolgte eine Validierung dieser Anwendungsfelder im Rahmen einer Online-Umfrage. 124 der 135 Umfrage-Teilnehmenden beantworteten die Frage, welche der Anwendungsfelder für die eigene Organisation von Bedeutung sei; Mehrfachnennungen waren möglich (siehe Abb. 5). Die blauen Balken spiegeln die Antworten der reinen Luftfahrt-, die gelben jener der KI-Organisationen wider, grün sind jene Organisationen, die sowohl in der Luftfahrt als auch im Bereich KI tätig sind.

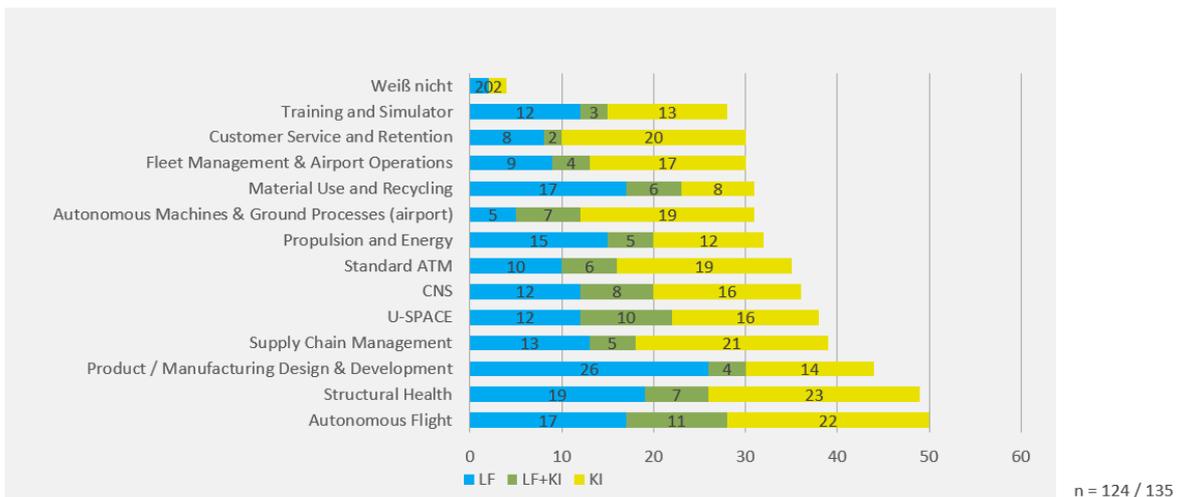


Abb. 5: Bedeutung der Anwendungsfelder (Online-Umfrage)

Die für die österreichische Luftfahrt- und KI-Organisationen bedeutendsten Anwendungsfelder sind Autonomous Flight, Structural Health und Product and Manufacturing Design and Development. Für die Luftfahrtorganisationen ist Material Use and Recycling ebenso wichtig wie Autonomous Flight, wohingegen die KI-Organisationen auch Schwerpunkte in Supply Chain Management, Customer Service and Retention und Standard ATM, sowie Autonomous Machines and Ground Processes (airport) sehen.

# 3 Forschungspotentiale für die Luftfahrt

Basierend auf den vielversprechenden Anwendungsfelder, welche aus der Online-Umfrage resultierten, erfolgte eine Zusammenfassung der bedeutendsten Anwendungsfelder in drei Themenfelder:

- Autonomous Flight
- U-SPACE | Air Traffic Management | Communication, Navigation & Surveillance
- Product & Manufacturing | Structural Health Monitoring | Material Use and Recycling

Der Online-Workshop diente der näheren Betrachtung dieser Themenfelder. In drei Arbeitsgruppen wurden ausgehend von den Problemstellungen der Luftfahrt Lösungsansätze seitens der KI-Community gefunden und hinsichtlich Luftfahrt-Verwertungspotential und KI-Relevanz (mit Fokus Innovationsgehalt) bewertet.

## 3.1 Autonomous Flight

In der Arbeitsgruppe Autonomous Flight wurden folgende **Problemstellungen** identifiziert, die mit dem Einsatz von KI-Lösungen beantwortet werden könnten:

- Aeronautical Decision Making / Virtual Pilot
- Wetterphänomene
- Flight Trajectory Management
- Customer- and business-relevant topics
- Notfallverfahren
- Datenquellen

Im nächsten Schritt wurden diese Problemstellungen in folgender Matrix nach LF-Verwertungspotential und KI-Relevanz analysiert und angeordnet. Im rechten oberen Quadranten finden sich die Problemstellungen, die in beiden Kategorien als hoch eingestuft wurden.

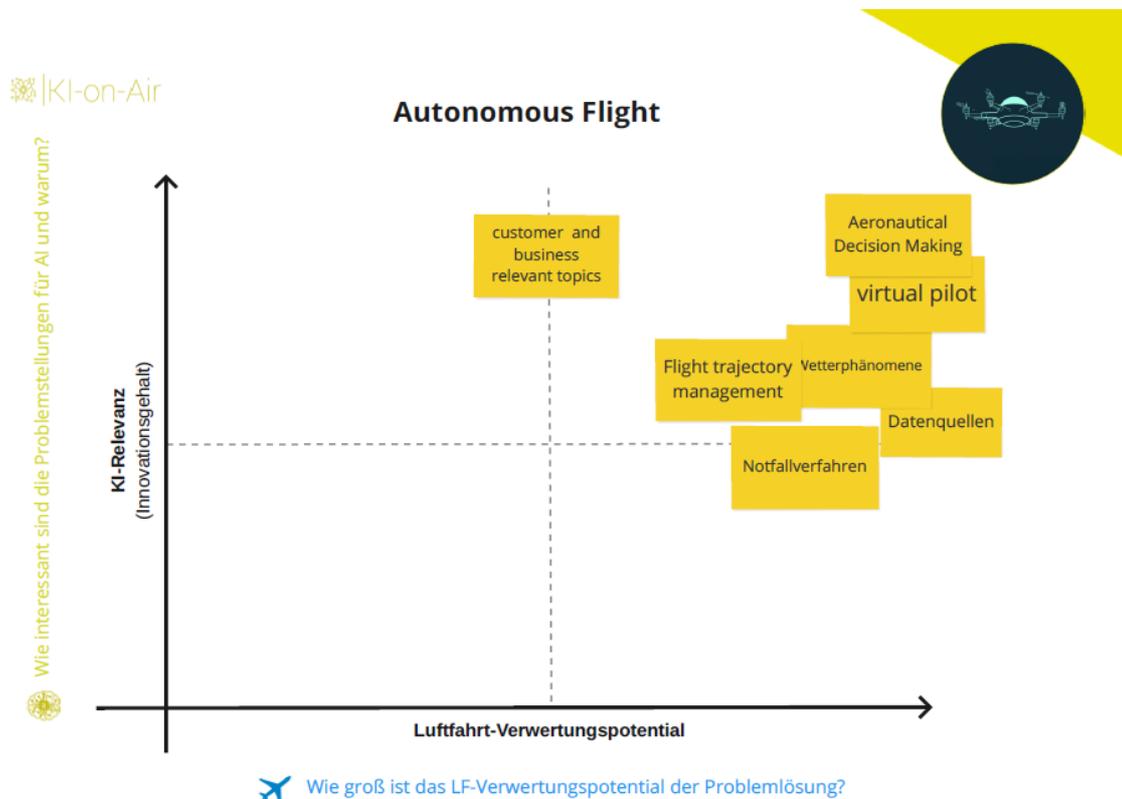


Abb. 6. Autonomous Flight: Clusterung der LF-Problemstellungen

Generell wurden alle definierten Problemstellungen von den Workshop-Teilnehmern als sehr relevant eingestuft, was die Themenauswahl im Vorfeld bestätigt.

Die vier Themenbereiche mit größter Luftfahrt- und KI-Relevanz (im Diagramm rechts oben) werden in der Folge näher erläutert. Es handelt sich um Stellungnahmen der Workshop-Teilnehmenden.

### Aeronautical Decision Making

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Die hier zu treffenden Entscheidungen werden als sicherheitskritisch und wichtig beschrieben (in Regelfällen und besonderen Situationen).

Hohe KI-Relevanz aufgrund folgender Anwendungen:

- Assistenzdienste für den Piloten (Early Warning ist sehr relevant)
- Austausch von Information zwischen Flugzeugen / Drohnen, hier kann die KI-Unterstützung bei kooperativen und nicht kooperativen Entscheidungen liefern.

Generell wird diesen Themenfeld als sehr breit und mit sehr hohem Potential für KI-Lösungen beschrieben.

### Virtual Pilot (thematisch verwandt mit Aeronautical Decision Making)

---

Hohes LF-Verwertungspotential aufgrund folgender Anwendungen:

- Simulations- und Testumgebungen (Air-Labs Austria), daher auch thematisch nahe am Aeronautical Decision Making.
- Reinforcement Learning-Agenten
- Ferngesteuerte Helikopter

Hohe KI-Relevanz, da thematisch sehr eng mit Aeronautical Decision Making verbunden.

---

### Wetterphänomene

---

Hohes LF-Verwertungspotential, da es auf viele Bereiche Auswirkung hat, wie bspw.:

- Decision Making
- Flight Trajectory Management
- Notfallverfahren (bspw. bei Kameraversagen im Nebenflug)

Hohe KI-Relevanz, da:

- Die Zuverlässigkeit von Sensordaten immer relevant sind: Hier kann die Aussagekraft mitgetrackt werden und in der KI (spätestens in der Sensorfusion) berücksichtigt werden.

Das Thema überlappend mit allen Themen ist.

---

### Flight Trajectory Management

---

Hohes LF-Verwertungspotential aufgrund der Anwendungen:

- Erstellung von Notlandetrajektorien
- Sense & Avoid: Erkennen von Hindernissen (bspw. Vogelschwarm), Erstellung von Ausweichrouten
- Planung der Gesamtroute: zeitoptimal, wegoptimal, ökonomisch.

Hohe KI-Relevanz, da es ein klassisches Optimierungsproblem ist (Bsp.: Fuel Economy mit einer Zielfunktion und unterschiedlicher Gewichtung).

---

Als Antwort auf die oben genannten LF-Problemstellungen (in Abb. 7 links in gelb abgebildet) wurden KI-Methoden (in grün) von der KI-Community erarbeitet:

## Autonomous Flight



Was sind die KI-Antworten auf die LF-Problemstellung?

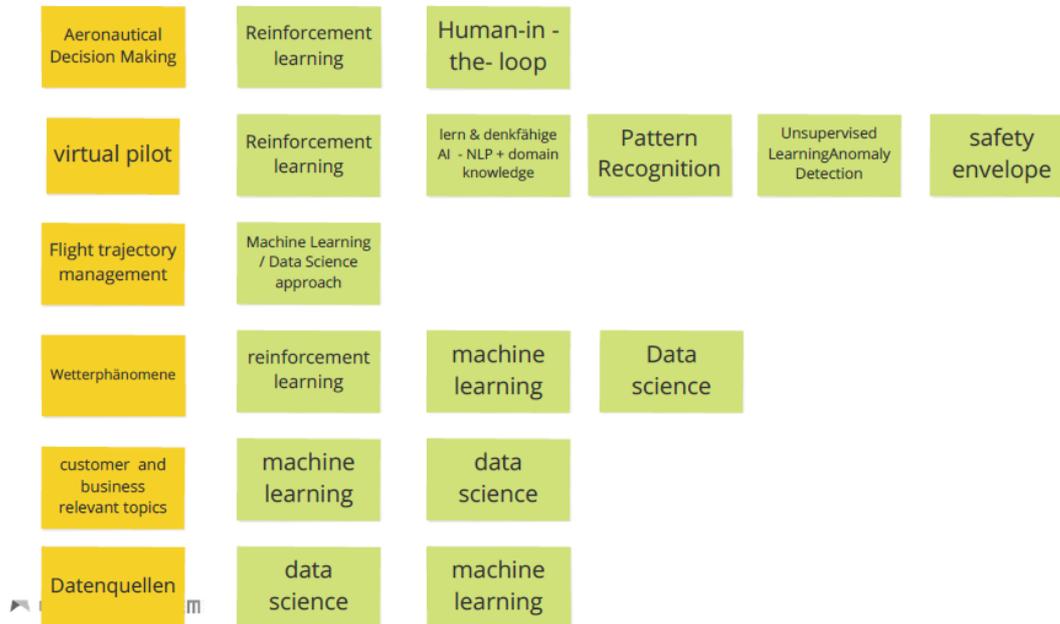


Abb. 7: Autonomous Flight: KI-Methoden als Antwort auf LF-Problemstellungen

### Fazit

Das Themenfeld Autonomous Flight wurde sowohl von den Luftfahrt- als auch von den KI-Teilnehmern des Workshops als sehr relevant gesehen. Dementsprechend wurden auch alle behandelten Problemstellungen als sowohl relevant für die Luftfahrt als auch für die Anwendung von KI-Lösungen eingestuft, was die Auswahl im Vorfeld bestätigt. Als besonders wichtig wurden folgende Forschungsthemen bzw. Use Cases analysiert:

- Aeronautical Decision Making / Virtual Pilot
- Wetterphänomene
- Flight Trajectory Management

Dabei ist zu erwähnen, dass viele Themenfelder in Zusammenhang stehen und nicht isoliert betrachtet werden können.

Zur Beantwortung dieser Problemstellungen wurden folgende **KI-Methoden** am häufigsten genannt:

- Reinforcement Learning
- Machine Learning
- Data Science

## 3.2 U-SPACE | ATM | CNS

Für den Bereich U-SPACE | ATM | CNS wurden in der Arbeitsgruppe zahlreiche **Problemstellungen** der Luftfahrt identifiziert, bei deren Lösung der Einsatz von KI als vielversprechend erachtet wird:

- Risk Prediction and Detection
- Conflict Detection and Resolution (in allen Zeitskalen, in ATM und UTM)
- Trajectory Prediction
- Flight Object Recognition and Tracking
- Assistenzsysteme
- Speech Recognition
- Erkennen menschlichen Versagens
- Flugplanung und Netzwerkplanung bei Flexible use of Airspace ATM/UTM
- Automatisierte Wetterbeobachtung

Diese Problemstellungen galt es nach Luftfahrt-Verwertungspotential und KI-Relevanz zu bewerten (siehe Abb. 8).

**Alle** in der folgenden Abbildung angeführten Themenbereiche werden für sehr luftfahrtrelevant erachtet. Eher links (Abb. 8) sind Themen angeführt, die vor allem auf eine Erhöhung der Effizienz abzielen, weiter rechts geht es vor allem um sicherheitskritische Themen. Eine Abschätzung der Anzahl potentieller Kunden wurde von den Workshopteilnehmern nicht vorgenommen, da noch nicht absehbar ist, wie die jeweiligen datenbasierten Geschäftsmodelle, etwa unter SWIM (System Wide Information Management), aussehen werden und wie viele Stakeholder monetäre Beiträge leisten werden.

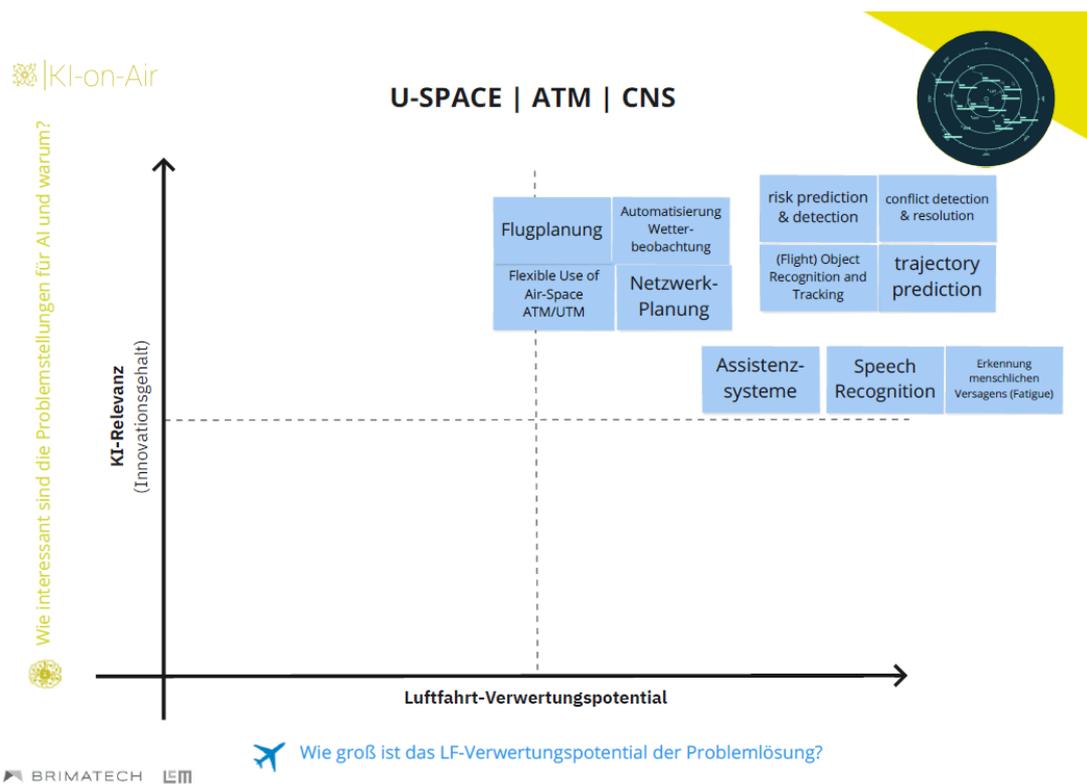


Abb. 8: U-SPACE | ATM | CNS: LF-Problemstellungen und Relevanz

Die **KI-Relevanz** ist bei fast allen Themen **hoch**. Bei den Themen „Erkennen menschlichen Versagens“, „Speech Recognition“, „Conflict Detection“ und „Assistenzsysteme“ wurde angemerkt, dass in anderen Branchen (wie Automotive) bereits viel an grundlegender KI-Forschung erfolgt ist und man sich hier auf ergänzende luftfahrtspezifische Fragestellungen beschränken kann.

Die vier sicherheitskritischen Themenbereiche mit größter Luftfahrt- und KI-Relevanz (im Diagramm rechts oben) werden in der Folge näher erläutert. Es handelt sich um Stellungnahmen der Workshop-Teilnehmenden.

### Risk Prediction and Detection

LF-Problemstellung:

- Generelle Anomalie- und Störungserkennung

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Ein immer dichter werdender Luftraum (Integration von Drohne) benötigt Risk Prediction-Systeme.
- Für Überflugsverbotszonen für Drohnen benötigt man KI-gestütztes Geofencing.

Hohe KI-Relevanz:

- Lernendes System zur Risk Prediction

## Risk Prediction and Detection

---

- Datenanalyse zur Risk Detection, beispielsweise Near Misses, Hotspots
- 

## (Flight) Object Recognition and Tracking

---

LF-Problemstellung:

- Obstacle Recognition
- Geofencing; Sense & Avoid
- Digital Tower Support Tools, Aircraft Detection, Obstacle Detection
- Safety net to detect runway incursions
- Parametrisiertes Geomodell zum Zusammenführen der Sensordaten

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Sicherheitsthema „foreign object debris recognition“ am Boden (Runway).
- Im Luftraum ist (Flight) Object Recognition and Tracking nötig wegen des Übergangs zu Trajectory Management und der Integration unbemannter Flugobjekte.
- In Schwchat gibt es bereits ein Testbed mit Kameras/Sensorik, auf dem in Forschungsprojekten aufgebaut werden kann.

Hohe KI-Relevanz:

- Selbstlernende Systeme
  - Automatisierung bestehender Ansätze der Bildauswertung und Sensordatenfusion
  - Gute Datenlage aus bestehenden Sensoren
- 

## Trajectory Prediction

---

LF-Problemstellung:

- Intelligent Traffic Control z.B. entsprechend COLREGS im Marinebereich – Trajectory Planning

Hohes LF-Verwertungspotential:

- SESAR entwickelt System der Business Trajectories für die kommerzielle Luftfahrt, um Durchsatz des europäischen Luftfahrtsystems zu optimieren
- Trajectory Prediction ist Voraussetzung für Conflict Detection und Resolution

Hohe KI-Relevanz:

- Vorhersagemodelle sind typische KI-Anwendungen
- 

## Conflict Detection and Resolution

---

LF-Problemstellung:

- Conflict Detection and Resolution in allen Zeitskalen / in ATM und UTM

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Konflikte entstehen bei flexibler Nutzung des Luftraumes (UTM) im strategischen, taktischen und operativen Bereich, also in allen Zeitskalen, von der Flugplanung bis zum Betrieb, wenn Schlechtwetterzellen umflogen werden sollen.
  - Überschreitung der Kapazitätsgrenzen vermeiden.
  - Enge Verknüpfung mit Thema „Flugplanung“ und „Risk Prediction“. Man muss Konflikte im Vorhinein vermeiden.
  - Viele (alle) Stakeholder sind betroffen, da Bord- und Bodenseite involviert sind.
-

## Conflict Detection and Resolution

- Das Thema ist eine Fragestellung für die gesamte Luftfahrt, da sollte Österreich Themenführerschaft anstreben.

Hohe KI-Relevanz wegen:

- Komplexität und Vernetztheit der Systemebenen
- Algorithmen zur Conflict Resolution fehlen, unter Beachtung der Randbedingung einer möglichst sinnvollen und ökonomischen Lösung.

In den besonders KI relevanten Themenbereichen sind folgende KI-Ansätze vielversprechend (Abb. 9).

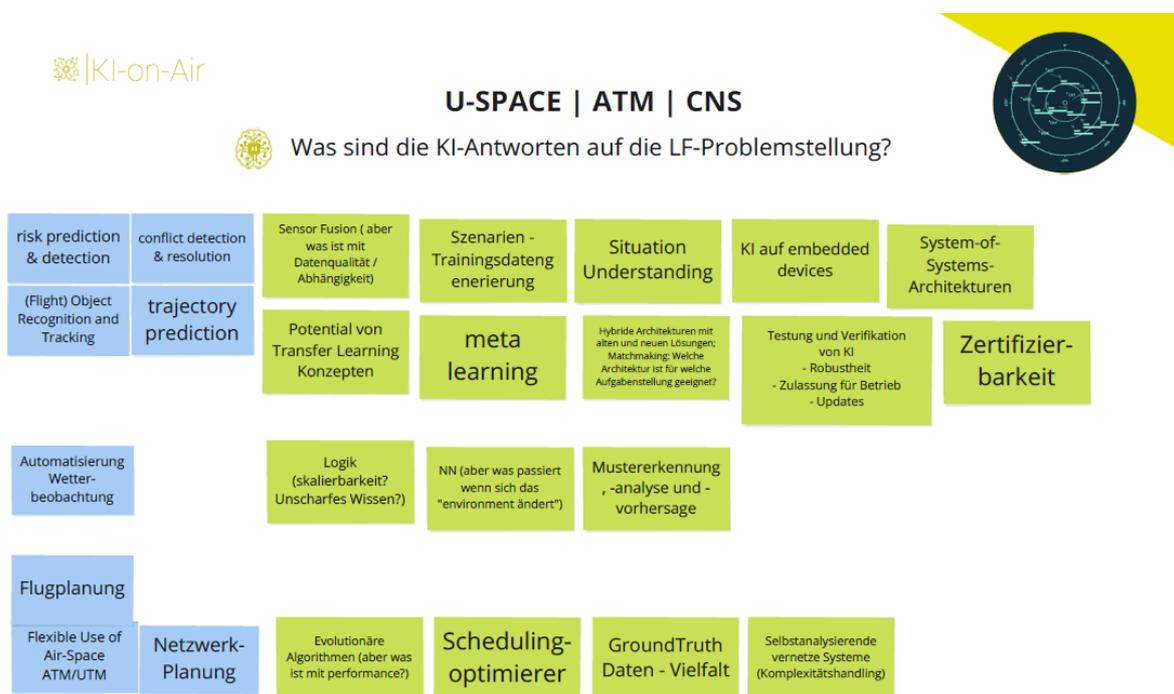


Abb. 9: U-SPACE/ATM/CNS: KI-Methoden als Antwort auf LF-Problemstellungen

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Arbeitsgruppe wiesen auf Einschränkungen hin, die es beim Einsatz von KI zu berücksichtigen gilt.

- Pauschale Aussagen über die Leistungsfähigkeit einer KI sind problematisch.
- Matchmaking: welche Architektur ist für welche Aufgabenstellung geeignet?
- Hybride Ansätze mit alten und neuen Lösungen.
- Sensor Data Fusion, wobei die Frage der Datenqualität und der Abhängigkeit der Messparameter voneinander berücksichtigt werden müssen.

- Szenarios zur Datengenerierung, um das Verhalten der KI in Situationen zu schulen, für die keine oder wenige Daten vorliegen.
- Situation Understanding. Problemstellungen müssen von den Technikern durchdrungen werden, damit sie diese für die KI verständlich beschreiben können. Das bedarf einer engen Zusammenarbeit.
- KI auf Embedded Devices erlaubt erste Datenqualitätschecks, bevor die Datensätze weitergeleitet und analysiert werden
- System of Systems Architekturen
- Transfer Learning Konzepte und Meta Learning
- Testung und Verifikation von KI sind vorzusehen. Es geht dabei um Robustheit, Zertifizierbarkeit, Zulassung für den Betrieb, Ansätze für Updates.
- Zertifizierung: Hier sind sinnvolle Systemarchitekturen, klare Systemgrenzen und eine klare Abgrenzung der Aufgabenstellung wichtig, sollte von Anbeginn mitgedacht und auch ausgeschrieben werden. Es wäre ein Forschungsthema herauszufinden, welche Architektur(en) für eine Fragestellung geeignet sind, wenn eine Zertifizierung angestrebt wird.

Prinzipiell können viele KI-Methoden auf die identifizierten Problemstellungen angewandt werden. Die genaue Auswahl muss nach genauer Detailanalyse der Problemstellung erfolgen. Aufgrund der Sicherheitsrelevanz der Lösungen ist die Zertifizierbarkeit von KI ein zentrales Thema.

## **Fazit**

Das Themenfeld U-SPACE/ATM/CNS wird im Hinblick auf den KI-Einsatz sowohl seitens Luftfahrt als auch seitens KI als hochrelevant eingestuft. Folgende Forschungsthemen wurden herausgearbeitet:

Sicherheitsthemen:

- Risk Prediction and Detection
- Trajectory Prediction
- Conflict Detection and Resolution (in allen Zeitskalen, in ATM und UTM)
- Flight Object Recognition and Tracking

Effizienzthemen:

- Flexible Use of Airspace ATM/UTM
- Flugplanung

- Automatisierung und Wetterbeobachtung
- Netzwerkplanung

Prinzipiell können viele KI-Methoden angewandt werden, die genaue Auswahl ist nach Detailanalyse der Problemstellung festzulegen. Von besonderem Interesse sind:

- System-of-Systems Architekturen
- Sensor Fusion
- Situation Understanding
- Methoden zur Scheduling Optimierung
- Mustererkennung

### **3.3 Product & Manufacturing | Structural Health | Materials & Recycling**

In der Arbeitsgruppe Product & Manufacturing | Structural Health | Materials & Recycling wurden folgende LF-Problemstellungen nach Luftfahrt-Verwertungspotential und KI-Relevanz (mit Fokus auf Innovationsgehalt) bewertet:

- Design von Komponenten, Systemen und Produktionsanlagen
- Materialentwicklung
- SHM (Structural Health Monitoring)
- Produktions- und Fertigungsprozesse sowie Logistik
- Predictive Maintenance in der Produktion
- Automated (AI-based) Screening

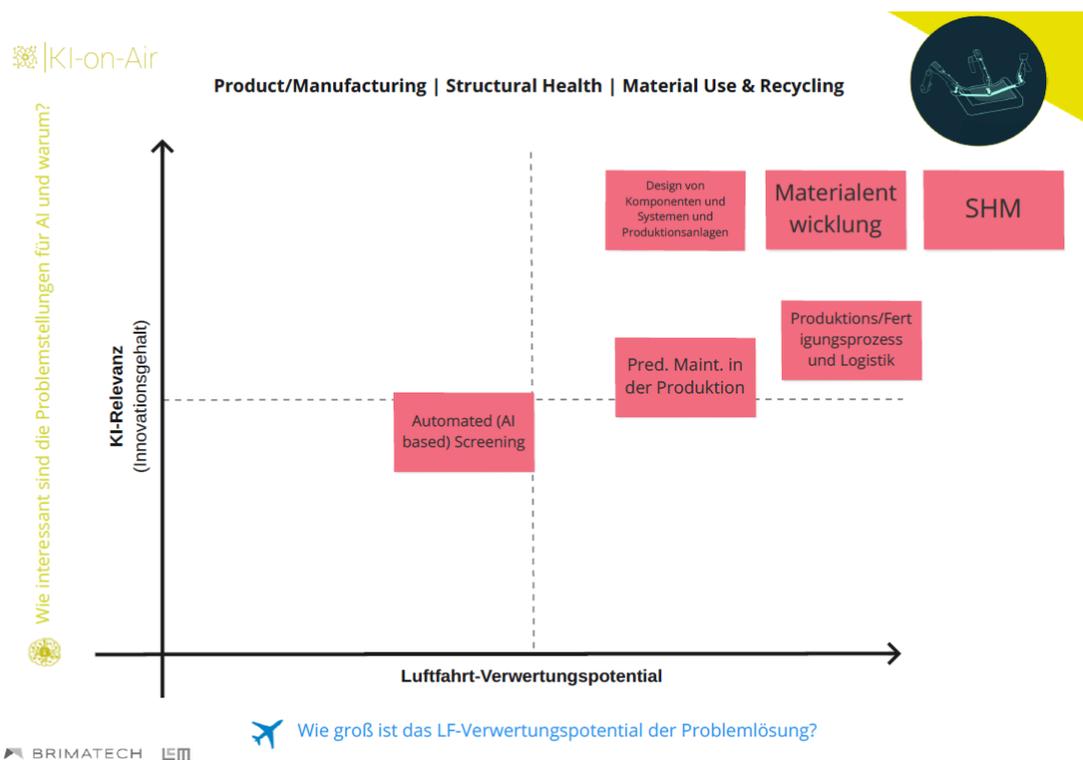


Abb. 10. Product & Manufacturing | Structural Health | Materials & Recycling: Clustering der LF-Problemstellungen

Das Themenfeld Product & Manufacturing/SHM/Materials & Recycling wurde sowohl von der Luftfahrt- als auch von der KI-Seite als sehr relevant eingestuft. Darin sind folgende Forschungsthemen besonders wichtig:

#### Design von Komponenten, Systemen und Produktionsanlagen

LF-Problemstellung:

- Design von Komponenten und Systemen nach neuen Kriterien (z.B. Nachhaltigkeit, Klima)
- „first time right“ Produktionsanlagen – disaggregierte Produktion weltweit verfügbar (just in time)
- Schnellere, automatisierte Standardisierung und Zertifizierung
- Optimierung von Verfahren und Losgrößen
- Variantenoptimierung und Komplexitätsreduktion

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Automatische standard- und zertifizierungsgerechte Entwicklung
- Bauteiloptimierung durch Feedback 2 Design
- Generatives Design für Komponenten und Systeme
- Automatisierung des Designprozesses

Hohe KI-Relevanz:

- Unsupervised learning
- Generative Networks
- Knowledge Graphs, Semantic Databases

## Design von Komponenten, Systemen und Produktionsanlagen

---

- Transfer Learning
- 

## Materialentwicklung

---

LF-Problemstellung:

- Schnellere Materialentwicklung und Zulassung
- Nachhaltigere Materialien
- Verfügbarkeit von Materialien
- Verstehen, was passiert wirklich in den Materialien

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Neue Leichtbaustrukturen mit Hybriden und Multimaterialien
- Generatives Design für Materialien
- Verbindung Simulation und echte Daten und Anforderungsprofile aus der Praxis
- Simulation und Optimierung von Materialeigenschaften (z.B. Schwingung, Akustik, Festigkeit, ...)

Hohe KI-Relevanz:

- evolutionary computation / optimization
  - generative networks GANs
  - knowledge graphs
  - transfer learning
- 

## SHM Structural Health Monitoring

---

LF-Problemstellung:

- Wartungszeit und Verfügbarkeit von Komponenten
- Lebensdaueroptimierung von Komponenten
- Sensoren an kritischen Komponenten

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Structural Health Monitoring für Komponenten zur Erhöhung der Sicherheit und Nachhaltigkeit (Lebensdauer)
- Feedback 2 Design

Hohe KI-Relevanz:

- anomaly detection
  - sensor fusion / real world / digital twin
  - transfer learning
  - virtual sensing
- 

## Predictive Maintenance in der Produktion

---

LF-Problemstellung:

- Gleichbeliebende Qualität sicherstellen
- Produktionsanlagen optimiert warten

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Prediktive Wartung von Produktionsanlagen
-

## Predictive Maintenance in der Produktion

---

- Bessere Nutzung von Ressourcen (Personal / Material)

Hohe KI-Relevanz wegen:

- time series analysis
  - novelty detection
  - anomaly detection
- 

## Produktions- und Fertigungsprozesse und Logistik

---

LF-Problemstellung:

- Tiefes Prozess- und Logistikverständnis: Simulation / Optimierung
- Nutzung von Ressourcen (Produktionplanung)

Hohes LF-Verwertungspotential:

- Digital Twin der Supply Chain und der Produktionsprozesse
- Kollaborationsprozesse

Hohe KI-Relevanz wegen:

- reinforcement Learning
  - GANs
  - CoBots
  - machine learning
  - privacy reserve learning
- 

Als Antwort auf die genannten LF-Problemstellungen (in der Abbildung unten in pink links) wurden folgende KI-Methoden (in grün) erarbeitet:



Was sind die KI-Antworten auf die LF-Problemstellung?

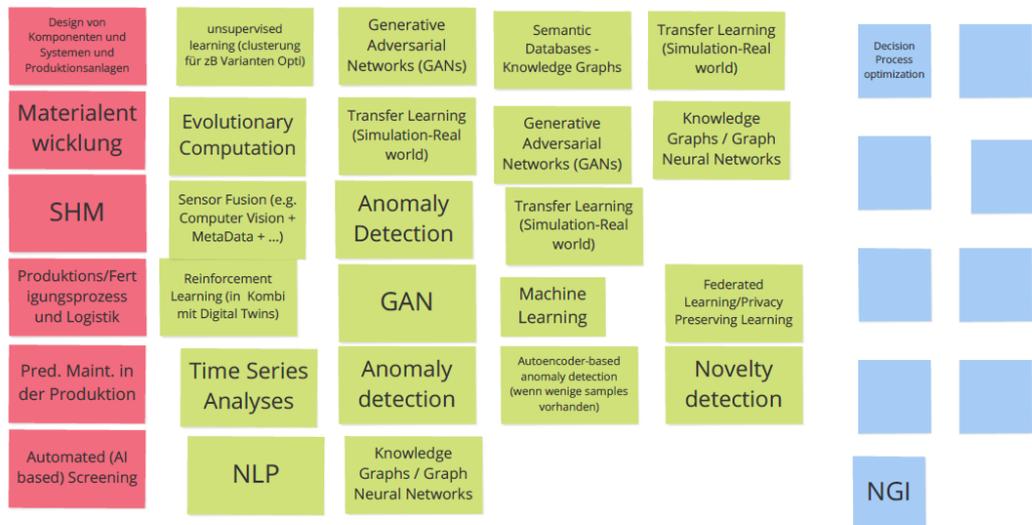


Abb. 11: Product & Manufacturing | Structural Health | Materials & Recycling: KI-Methoden als Antwort auf LF-Problemstellungen

**Fazit**

Das Themenfeld Product & Manufacturing/SHM/Materials & Recycling wurde sowohl von der Luftfahrt- als auch von der KI-Seite als sehr relevant eingestuft. Darin sind folgende Forschungsthemen besonders wichtig:

- Design von Komponenten, Systemen und Produktionsanlagen
- Materialentwicklung
- Structural Health Monitoring
- Predictive Maintenance in der Produktion
- Produktions- und Fertigungsprozesse und Logistik

Die meistgenannten KI-Methoden sind dabei:

- GAN (Generative Adversarial Networks)
- Anomaly Detection
- Knowledge Graphs

### 3.4 Vielversprechende Forschungsthemen

Die aus dem Online-Workshop generierten, hinsichtlich Luftfahrt-Verwertungspotential und KI-Relevanz vielversprechenden Forschungsthemen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### USE CASES

##### **Autonomous Flight**

- Aeronautical Decision Making / Virtual Pilot
- Wetterphänomene
- Flight Trajectory Management

##### **U-SPACE | ATM | CNS**

- Risk Prediction & Detection
- (Flight) Object Recognition and Tracking
- Trajectory Prediction
- Conflict Detection and Resolution

##### **Product & Manufacturing | Structural Health | Materials & Recycling**

- Design von Komponenten, Systemen und Produktionsanlagen
- Materialentwicklung
- Structural Health Monitoring
- Predictive Maintenance in der Produktion
- Produktions- und Fertigungsprozesse und Logistik

Abb. 12: Vielversprechende Use Cases

Sowohl im Workshop als auch im Rahmen der Experteninterviews wurden weitere Forschungsthemen genannt, die als vielversprechende erachtet werden:

- **Total Airport Management:**  
Überall wo Regelschleifen vorhanden sind, können KPIs (key performance indicator) mittels KI-Lösungen optimiert werden.
- **Remote Tower:**  
In diesem Forschungsthema kann auf den bestehende Smart Hubs aufgebaut werden.
- **Gesamtsystem der Passagier- und Frachtflugzeuge:**  
Mögliche KI-Anwendungen umfassen hier: Optimierung von An- und Abflug, Flugwege, Trajektorien, Verbesserung der Lärmbelastung etc.
- **Decision Support Systeme:**  
Hier können KI-Lösungen Handlungsalternativen zur Verfügung stellen
- **Testung und Verifikation von KI:**

Robustheit, Zertifizierbarkeit, Zulassung für Betrieb, Updates

- Situation Understanding
  - LSTM (Long Short-Term Memory): Detektieren von Langzeitkorrelation
  - Reinforcement Learning
  - Spiking Neural Network für Energieeffizienz
- Sicherheit und Datenschutz
- Szenarien- und Trainingsdatengenerierung
- System-of Systems- Architekturen
- Sensorfusion
- AI auf embedded Devices

Das Forschungspotential von KI in der Luftfahrt ist als sehr hoch einzustufen. Österreich verfügt über eine ausgezeichnete Basis an innovativen Luftfahrt- und KI-Organisationen. Doch müssen für einen erfolgreichen KI-Einsatz Rahmenbedingungen unterschiedlicher Natur berücksichtigt werden.

# 4 Akteure und Rahmenbedingungen

Die in der Folge dargestellten Erkenntnisse geben einen Einblick in das KI-Umfeld im Hinblick auf die österreichische KI-Landschaft, das wahrgenommenen Potential von KI in der Luftfahrt und die Rahmenbedingungen, die den Einsatz von KI maßgeblich beeinflussen. Sie basieren im Wesentlichen auf der Online-Umfrage (135 Teilnehmerinnen und Teilnehmer) und den geführten Experteninterviews. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

## 4.1 Akteure und ihre Kompetenzfelder

Da die Luftfahrt-Akteure und ihre Kompetenzen hinlänglich bekannt sind (siehe aeronautics.at) liegt der Fokus in diesem Abschnitt auf KI-Akteuren und ihren Kompetenzen. Insgesamt konnten 190 für die gegenständliche Studie relevante, österreichische Unternehmen und Forschungsinstitute identifiziert werden.

75 Personen aus diesen Organisationen nahmen an der Online-Umfrage teil. Dabei sehen sich drei Viertel als reine KI-Organisationen, der Rest ist sowohl in KI als auch in der Luftfahrt tätig. 56% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer kommen aus Forschungseinrichtungen. Dies zeigt die hohe Forschungsaktivität in diesem Technologiefeld.

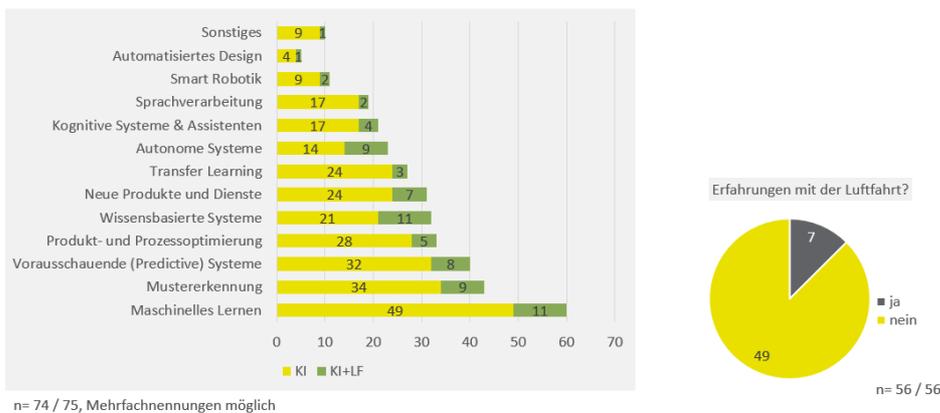


Abb. 13: Kompetenzfelder der KI-Organisationen (Online-Umfrage)

Wie in Abb. 13 ersichtlich, beschäftigt sich ein Großteil (mehr als 80%) mit dem KI-Teilgebiet Maschinelles Lernen, gefolgt von Mustererkennung (58%) und Vorausschauende (Predictive) Systeme (54%). Nur 7 der 56 reinen KI-Organisationen verfügen bereits über Erfahrungen mit der Luftfahrt.

In Österreich finden sich die Aktivitäten auf dem Gebiet der KI hauptsächlich in Wien, Oberösterreich, der Steiermark und in Wien. In Wien sind mehr als die Hälfte aller KI-Start-ups ansässig, in der Steiermark und Oberösterreich finden sich ebenso viele Unternehmen mit KI-Bezug, die von Universitäten und Forschungsorganisationen unterstützt werden. Die österreichische KI-Landschaft wächst beständig um etwa 20% jährlich seit 2015 (Zuwachs der KI-Startups), wobei sich das Wachstum 2020 – vermutlich Corona-bedingt – verlangsamt hat. Unternehmen haben ihre KI-Aktivitäten und -Investitionen deutlich gesteigert, was sich in eigenen KI-Abteilungen, Startup-Kollaborationen, Spin-outs und Übernahmen zeigt.<sup>8</sup>

Im Allgemeinen lassen sich die österreichischen im Bereich KI tätigen Organisationen folgendermaßen darstellen:

### **Universitäten**

An den Universitäten gibt es in Österreich breite Kompetenz sowohl im „klassischen“ KI-Bereich (sprich symbolische KI, bei der es um Datenbank- und Beweissysteme geht) als auch im Bereich „moderne“ KI, auch Machine Learning (einschließlich Deep Learning, Reinforcement Learning und Industrial Decision Making) genannt.

Während einzelne, dezidiert KI-zentrierte Institute auf eine 50-jährige Geschichte zurückblicken (vor allem in den Bereichen Robotik, wissensbasierte Systeme oder Mustererkennung), sind andere hochspezialisierte Institute eher jünger und wuchsen in den vergangenen Jahren stark an. Auffallend an der österreichischen KI-Forschungslandschaft ist auch die gute geografische Streuung, die sich in folgender Abbildung zeigt.

---

<sup>8</sup> Quelle: AI Landscape Austria (EnliteAI, 2020): <https://www.enlite.ai/works/ailandscapeaustria>

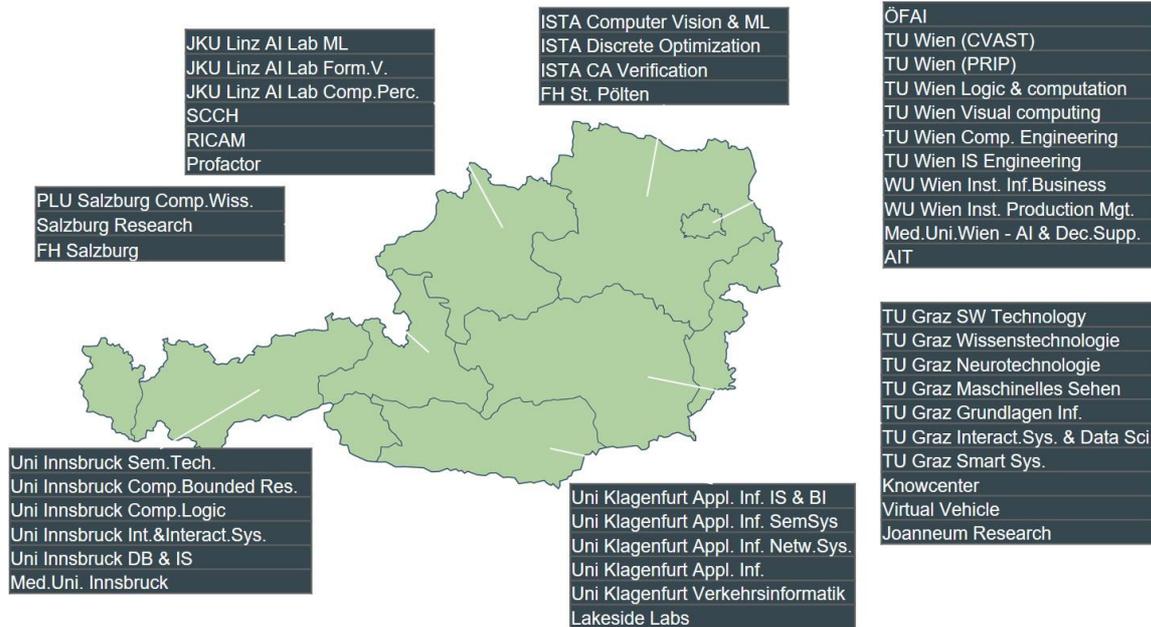


Abb. 14: Forschungseinrichtungen mit KI-Bezug in Österreich<sup>9</sup>

Im Hinblick auf die Top 25% wissenschaftliche Publikationen im Themenfeld KI wird die Liste der österreichischen Forschungseinrichtungen im langjährigen Schnitt von der **Technischen Universität Wien** angeführt, gefolgt von der **Technischen Universität Graz**, der **Universität Wien** und der **Johannes Kepler Universität Linz**. Wie in Abb. 15 ersichtlich, entwickelte sich die **Medizinische Universität Wien** in den letzten 4 Jahren sehr stark und nimmt gegenwärtig gemeinsam mit der **Universität Wien** Platz 1 ein (Quelle: OECD<sup>10</sup>).

<sup>9</sup> Quelle: Ergebnisbericht: Zusammenfassung der Ergebnisse der Expertinnen und Experten zur Erarbeitung eines Strategieplans für Künstliche Intelligenz

<sup>10</sup> <https://www.oecd.ai/data-from-partners?selectedTab=AIResearch>

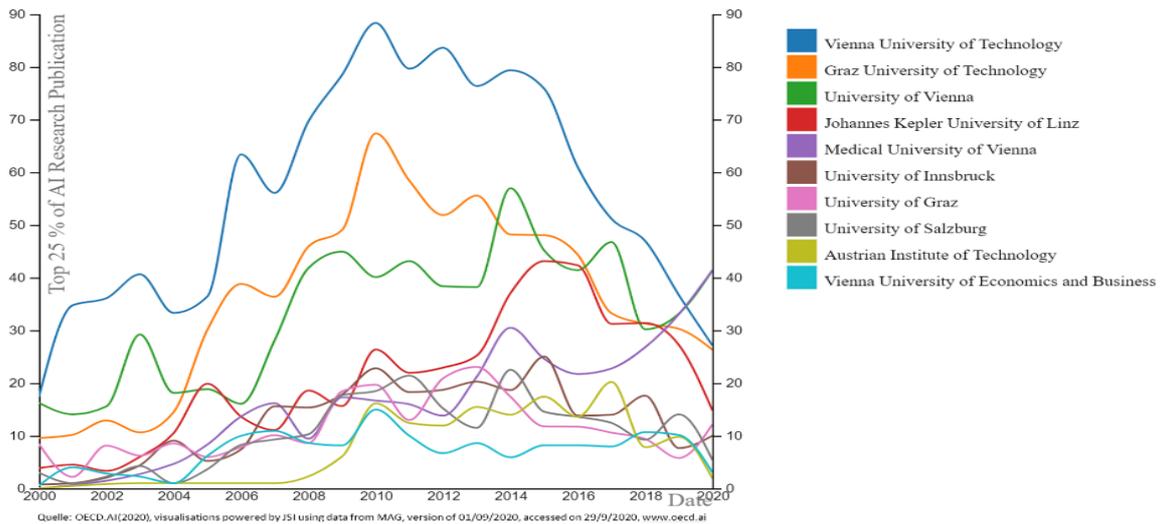


Abb. 15: Top 25% Ranking wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI der österreichischen Forschungseinrichtungen

Im Vergleich dazu zeigt Abb. 16 die Entwicklung der Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen in ihrer Gesamtheit.

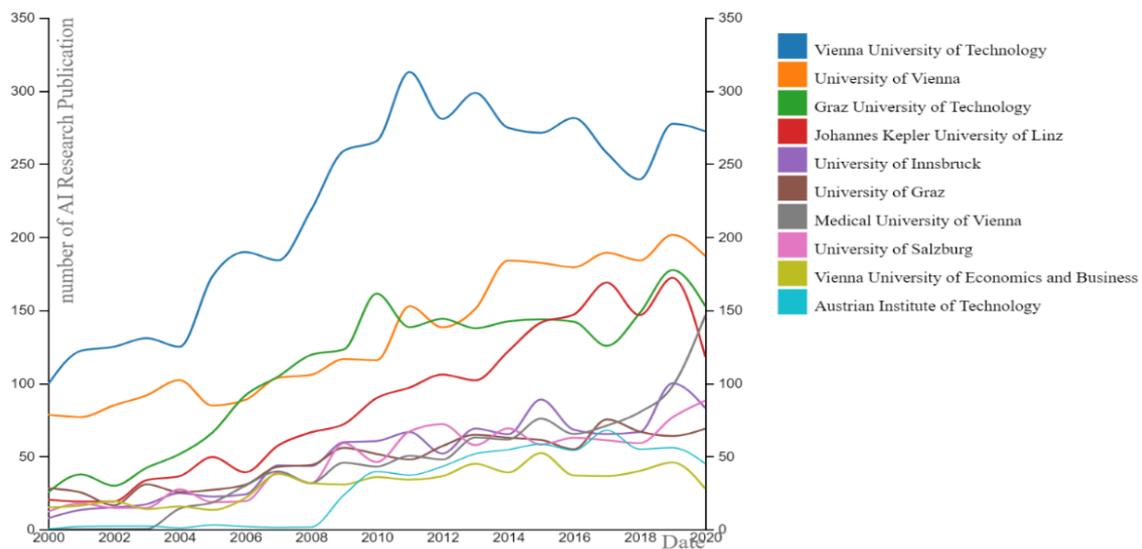


Abb. 16: Wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI der österreichischen Forschungseinrichtungen

Beide Diagramme zeigen das steigende Engagement der **Medizinuniversität Wien** in Bezug auf KI-Publikationen.

## Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Unter den außeruniversitären Forschungseinrichtungen (RTOs - Research and Technology Organisations) gibt es mehrere Player, die in Österreich KI-Kompetenz besitzen. Daneben sind auch die Kompetenzzentren (COMET K1) mit Themenfeld KI zu nennen, wo die Dissemination über Tools erfolgt, die angedockte Unternehmen nutzen können. Betrachtet man die FTI-Landschaft der österreichischen KI-Szene unter dem Blickpunkt ihrer thematischen Aktivitäten (durch die Auswertung von Daten öffentlich geförderter Forschungsprojekte), ergibt sich die Kompetenzlandkarte Österreichs im Bereich der universitären sowie außeruniversitären Forschung<sup>11</sup>:

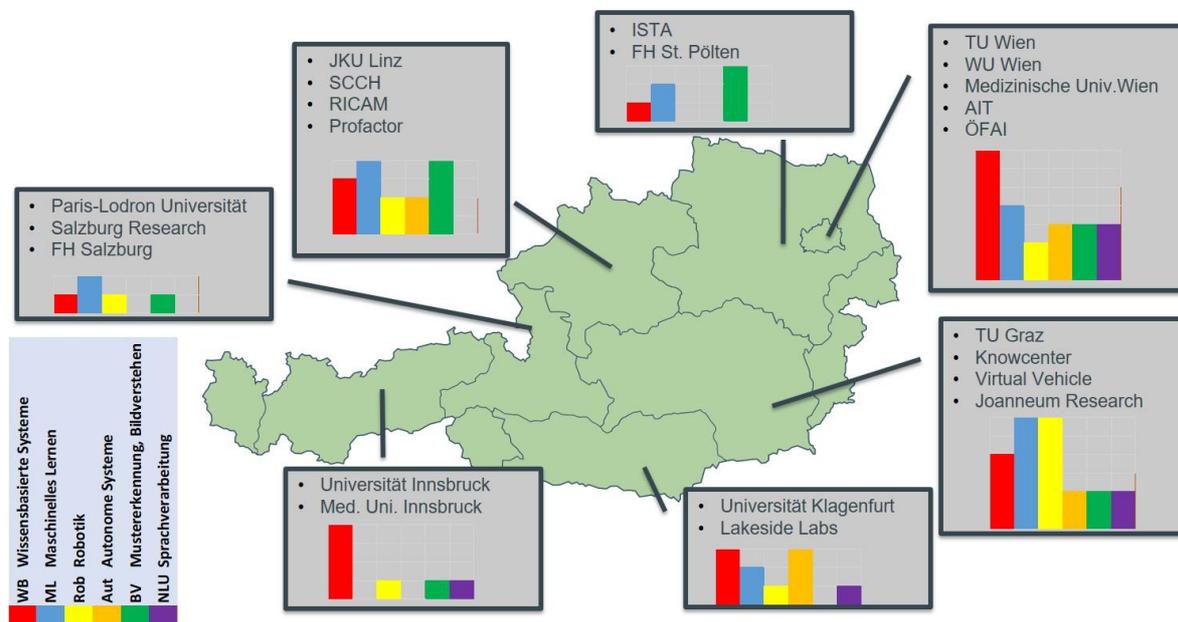


Abb. 17: Kompetenzlandkarte Österreichs im Bereich der universitären sowie außeruniversitären Forschung

Die Institute, die sich in Österreich mit KI-Forschung beschäftigen, decken das Technologiespektrum gut ab. Besonders stechen die Aktivitäten im Bereich des Machine Learnings hervor, aber auch symbolische Methoden (Wissensbasierte Systeme), Robotik und Autonome Systeme sind gut vertreten. KI-Forschung wird fast österreichweit betrieben, wobei starke Schwerpunkte in Wien und Graz, aber auch in Linz (und

<sup>11</sup> Quelle: Ergebnisbericht: Zusammenfassung der Ergebnisse der Expertinnen und Experten zur Erarbeitung eines Strategieplans für Künstliche Intelligenz

Hagenberg) sowie in Klagenfurt liegen. Weitere regionale Aktivitäten bestehen in Innsbruck, St. Pölten und Klosterneuburg, sowie in Salzburg.

Die wissenschaftlichen Publikationen der außeruniversitären Forschungseinrichtungen werden mit großem Vorsprung von **AIT** (Austrian Institute of Technology) angeführt, gefolgt von **Joanneum Research** und **Austrian Research Institute for Artificial Intelligence**.

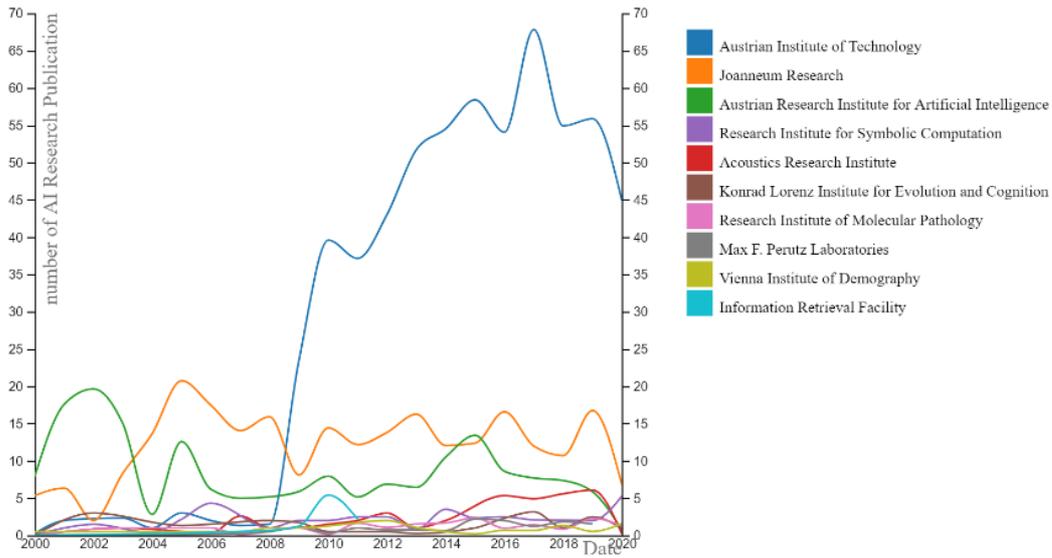


Abb. 18: Ranking wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI der österreichischen, außeruniversitären Forschung

Den Fokus der KI-Forschung in Österreich zeigen die KI-Aktivitätsbereiche in FFG-geförderten Projekten<sup>12</sup>:

---

<sup>12</sup> Quelle: Artificial Intelligence Potential Österreich: Zahlen, Daten, Fakten (BMK, 2019)

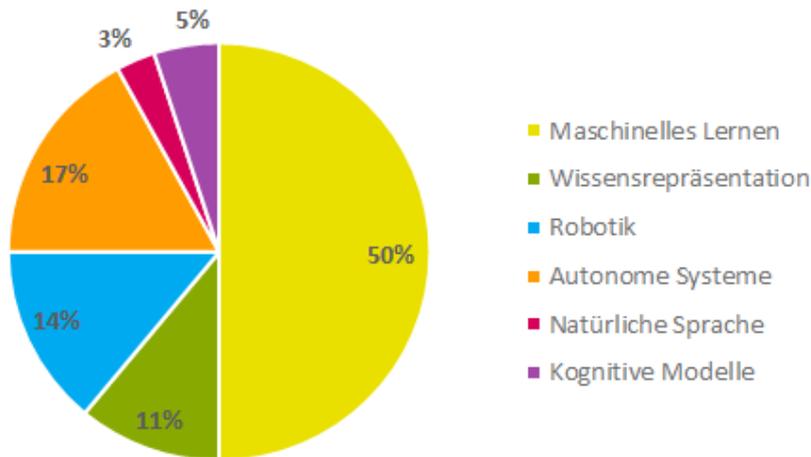


Abb. 19: KI-Aktivitätsbereiche in FFG-geförderten Projekten, FFG

Den größten Anteil hat Machine Learning, gefolgt von Autonomen Systemen, Robotik und Wissensrepräsentation.

### Branchen und Industrie

Künstliche Intelligenz findet sich in unterschiedlichsten Branchen und kann branchenübergreifend eingesetzt werden. Im Folgenden werden solche Bereiche aufgelistet, die potentiell interessant für den Einsatz von KI in der Luftfahrt sein können<sup>13</sup>.

- **Automotive & Mobilität**

Österreich hat eine lange Geschichte im Automobilbau. In den letzten Jahren haben einige Unternehmen nicht nur ihre Bemühungen um Elektromobilität und Digitalisierung verstärkt, sondern sind auch führend bei der Anwendung von KI im Automobilbau. Zudem sind DeepTech-Startups entstanden, die Spracherkennung mit benutzerdefinierten Modellen und AI-Silizium revolutionieren sollen.

- **Big Data & Enabler**

Österreich beherbergt nicht nur viele Unternehmen in dieser Domain, sondern auch Tochtergesellschaften und KI-Kompetenzzentren internationaler Unternehmen.

- **Bild- und Videoverarbeitung**

---

<sup>13</sup> Quelle: AI Landscape Austria (EnliteAI, 2020): <https://www.enlite.ai/works/ailandscapeaustria>

Unternehmen in diesem Bereich haben globale Kundenbedürfnisse identifiziert und in neue Geschäftsmodelle umgewandelt. Anwendungen sind hier etwa Bilderkennungsdienste von Passlesern bis hin zu intelligenten Zählern.

- CleanTech

KI wird oft als wesentliches Element zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen angeführt. Österreichische Unternehmen haben begonnen, an Lösungen in diesem Bereich zu arbeiten - von der Verbesserung der Effizienz von Photovoltaiklösungen bis zur Reduzierung der Ausfallzeiten im Bauwesen.

- Halbleiter

In der Halbleiter-Industrie geschieht laufend starker Technologietransfer von den Universitäten zur Electronic Based Systems- (EBS) Industrie. Wichtige Player sind hier im Bereich der Halbleiter und Systemlösungen.

- Hardware

Bisher konzentrierten sich zahlreichen Chip-Designteams der Unternehmen in diesem Bereich auf Automobilanwendungen, es werden jedoch weitere Anwendungsbereiche erwartet, insbesondere in der Fertigung.

- Health & MedTech

Österreichs medizinische Universitäten bieten eine ideale Kombination aus großen Datenmengen, Spitzentechnologien und einer hohen Bereitschaft, Spin-Outs zu generieren. Der Forschungsschwerpunkt in diesem Bereich liegt hauptsächlich in der Erkennung von Haut- und Netzhauterkrankungen.

- Industry & Robotics

Unter „Industry“ finden sich häufig Themen von Robotics bis Internet of Things (IoT). Spezifische KI-Anwendungen in Österreich umfassen die Sensorfusion und Bilderkennung für Robotics-Anwendungen sowie den Einsatz von KI-Assistenten vor Ort.

- Logistik

In der Logistik führt KI zu optimierten Abläufen und enormen Einsparungspotential. Start-ups bieten bspw. schnellere Preisvorhersagen im Güterverkehr an.

- Sprache und Text

Österreich beherbergt Pionierunternehmen in der Text- und Sprachanalyse für große B2B-Kunden. Kürzlich ist eine neue Welle von Unternehmen entstanden, die sich auch an B2C-Kunden richten.

- Markt- und Trendanalyse

Das Screening von sozialen Medien oder die automatische Zusammenfassung von Dokumenten und Texten sind zwei Anwendungsfälle in diesem Bereich der Markt- und Trendanalysen.

- Datenschutz

Weltweit ist die EU führend in Bezug auf Datenschutzbestimmungen. Folge davon ist, dass sich Unternehmen auf diese Wahrung der Privatsphäre spezialisieren und mittels KI in skalierbare Geschäftsmodelle umwandeln.

- Software

Im Softwarebereich gibt es mehrere Player, die sich auf Optimierungen mittels KI spezialisiert haben.

Die Verteilung der KI-Unternehmen auf Einsatzgebiete stellt sich folgendermaßen dar<sup>14</sup>:

---

<sup>14</sup> Quelle: Artificial Intelligence Potential Österreich: Zahlen, Daten, Fakten (BMK, 2019)

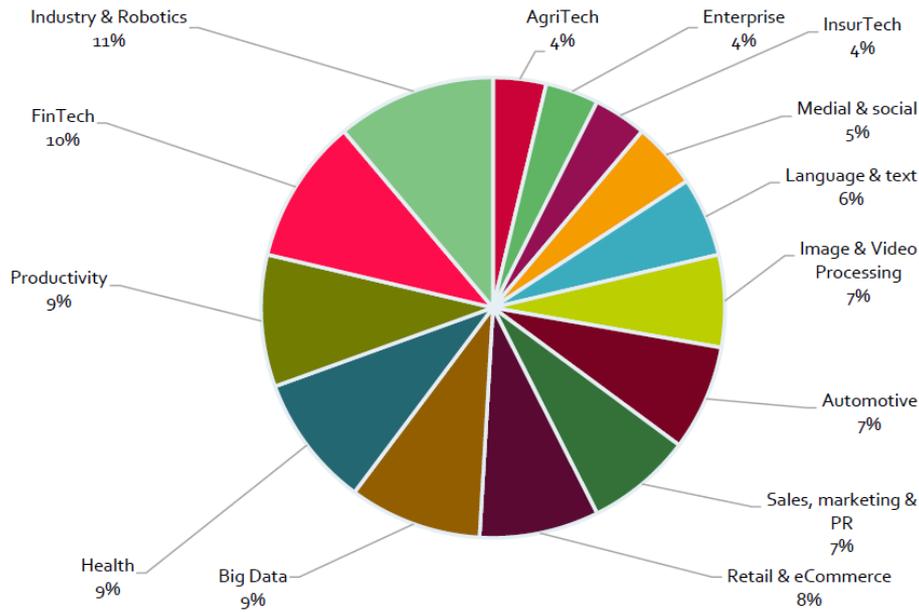


Abb. 20: AI-Landscape Österreich: Verteilung der Unternehmen auf Einsatzgebiete

In der eher fragmentierten Branchenaufteilung führt Industry & Robotics vor Finanztechnologie, Productivity, Health und Big Data.

Generell ist zu sagen, dass das Thema KI eher von der Academia getrieben wurde und man erst seit etwa 7 bis 8 Jahren (auch international) Produkte sieht, die tatsächlich Umsatz generieren.

Im Segment der **Start-ups** ist in den letzten Jahren die Anzahl der KI-Start-ups in Österreich um durchschnittlich 20% gestiegen, was in etwa ähnlich zu vergleichbaren Ländern wie Kanada ist. Im Jahr 2019 ging das Wachstum auf 12% zurück, im Jahr 2020 auf 7%. Insgesamt gibt es in Österreich rund 130 Startups mit KI-Bezug. Wien ist mit rund 50% aller Startups der klare Hotspot, die Steiermark und Oberösterreich beherbergen die meisten anderen Start-ups, was mit den sehr hohen F&E-Ausgaben in diesen beiden Bundesländern korreliert. Das Wachstum außerhalb Wiens hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen und zu einer gleichmäßigeren Verteilung geführt.<sup>15</sup>

Der Business-Fokus der Start-ups liegt in den Bereichen:

---

<sup>15</sup> Quelle: AI Landscape Austria (EnliteAI, 2020): <https://www.enlite.ai/works/ailandscapeaustria>

- Branchen- oder branchenspezifische Lösungen
- Unternehmensfunktion - Optimierung bestehender Prozesse
- Enterprise Intelligence - Analyse vorhandener Daten
- AI Tech Stack - Tools für Entwickler

## Vereine und Organisationen

Österreich hat eine lebendige KI-Community, die regelmäßig Veranstaltungen und Meetups im ganzen Land organisiert. Ziel der zentralen Vereine zu KI ist die Vernetzung der wichtigsten Player im Bereich KI in Österreich, idealerweise zum Matchmaking und der Erarbeitung von Anwendungsfällen mit Industrie und Forschung. Innerhalb dieser Strukturen gibt es auch Arbeitsgruppen zu Themen wie bspw. Deep Reinforcement Learning, die folgende Bereiche fokussieren:

- Industrie: Anwendungen und Use Cases
- Research: Forschungsfragen aus der Industrie.
- Curriculum: Grundlagen und Skills: Hier wird erarbeitet, welche Fähigkeiten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in diesem Bereich haben müssen (dazu wird es im Oktober 2020 eine Break-out Session geben).
- Community: Match Making & Austausch

Zudem gibt es zahlreiche Communities (hauptsächlich in Wien, Oberösterreich und der Steiermark), die sich mit dem Austausch unter KI-Akteuren beschäftigen.

## Öffentliche Institutionen

In Österreich gibt es zahlreiche öffentliche Organisationen, die die Einführung von KI entweder als Leadkunde oder via Fördermittel aktiv unterstützen. Dazu zählen u.a. Ministerien, Städte, Behörden und Cluster.

## Akzeleratoren, Inkubatoren und Investoren

KI-spezifische Programme sind sowohl in Europa als auch in Österreich eher die Ausnahme. Gegenwärtig betreiben die großen inländischen VCs keine spezifischen KI-Fonds. Infolgedessen ist eine Lücke entstanden, die einerseits von der lokalen Start-up-Community, und andererseits von Unternehmen geschlossen wurde, die ihre eigenen Programme starteten.

## Medien

In Österreich gibt es keine Medien, die auf KI- oder Technologietrends spezialisiert sind. Die Startup-Medien haben das Thema jedoch aufgegriffen und berichten über die Fortschritte in diesem Bereich auf lokaler und internationaler Ebene.

Zusammenfassend zeigt Abb. 21 die Vielfältigkeit der österreichische KI-Landschaft<sup>16</sup>.



Abb. 21: AI Landscape Austria

Eine erfolgreiche Entwicklung und Anwendung von KI in der Luftfahrt bedarf der Einbindung eines breiten Portfolios an Stakeholdern, wie etwa:

- Forschungseinrichtungen (KI, Luftfahrt, relevante Naturwissenschaften)
- COMET-Zentren
- Start-ups
- Industrie (Luftfahrt, Branchen mit ähnlichen Problemstellungen, KI)
- KI-Expertinnen und -Experten / KI-Consultants
- Endanwender (Flughafen, Air Traffic Controller, etc.)
- Datenlieferanten (Airlines, Triebwerkshersteller, Wetterdienste, etc.)
- Datenbereitsteller (Open Source Plattformen, Flughäfen, etc.)

<sup>16</sup> Quelle: AI Landscape Austria (EnliteAI, 2020): <https://www.enlite.ai/works/ailandscapeaustria>

- Infrastrukturbereitsteller (Rechenzentren, Clouds, 5G-Anbieter, etc.)
- Standardisierungs-/Zertifizierungsstellen (Zertifizierungsbehörden, EASA – European Aviation Safety Agency, etc.)
- Verbände und Think Tanks
- Öffentliche Hand (Ministerien, Förderung, rechtlicher Rahmen)

Diese sind wichtiger Bestandteil des KI-Ökosystems (siehe Kapitel 5.1).

## 4.2 Wahrgenommenes Potential von KI in der Luftfahrt

56% der Umfrage-Teilnehmerinnen und -Teilnehmer bewerten das Potential für die Anwendung von KI in der Luftfahrt als hoch (sehr hoch und eher hoch in Abb. 22), wobei hier die KI-Organisationen positiver gestimmt sind. Die meisten der Luftfahrtorganisationen erkennen zwar ein Potential, sind aber nicht völlig überzeugt von seiner Größe („mittel“). Nur 12% der Umfrageteilnehmerinnen und -teilnehmer sehen ein geringes oder kein Potential.

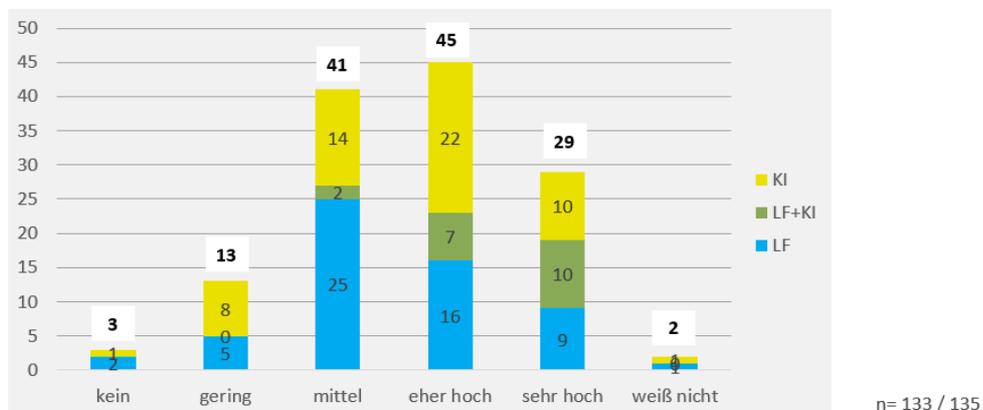


Abb. 22: Potential von KI in der Luftfahrt (Online-Umfrage)

In welchen Anwendungsbereichen KI einen Mehrwert für die eigene Organisation hätte, beantworteten 78 der 79 Luftfahrtorganisationen. 55% sehen den Mehrwert von KI in der Optimierung von Produkten und Prozessen, vor allem hinsichtlich Flugzeugstrukturen, Kabine, Fertigungstechnologien und Luftfahrzeugen. 50% führen Predictive Maintenance an. Neue Produkte und Dienstleistungen, die erst mit dem Einsatz von KI ermöglicht werden, sehen 45% der Befragten, wobei diese aus den Segmenten Flugzeugstrukturen, Kabine, Werkstoffe & Fertigungstechnologien und Luftverkehrsinfrastruktur stammen.

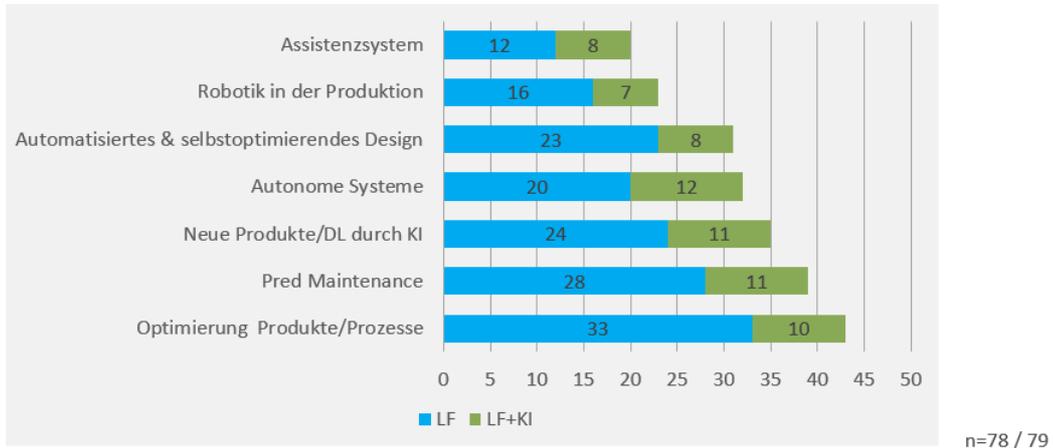


Abb. 23: Anwendungsmöglichkeiten für KI in der Luftfahrt (Online-Umfrage)

Da das Potential für den Einsatz von KI als eher hoch erachtet wird und Anwendungsmöglichkeiten in der Organisation gesehen werden, stellt sich die Frage, inwieweit KI in der eigenen Organisation bereits genutzt wird.

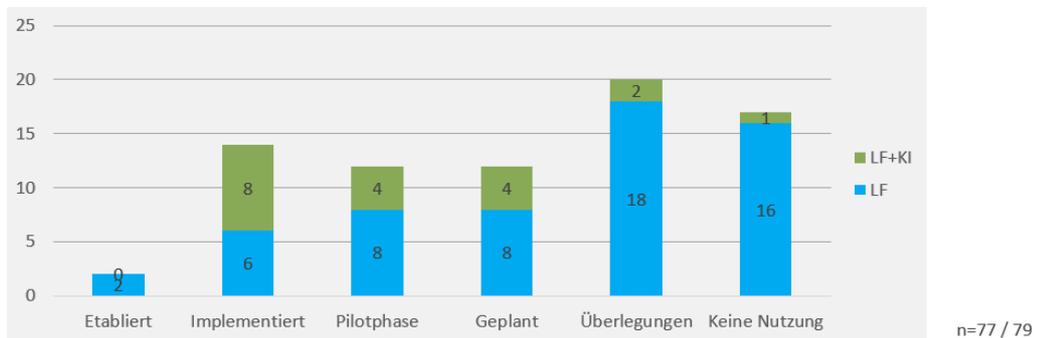


Abb. 24: KI-Nutzung der Luftfahrt-Organisationen (Online-Umfrage)

52% der befragten Luftfahrtorganisationen planen eine Anwendung von KI oder nutzen diese bereits; dies gilt vor allem für die Segmente Luftverkehrsinfrastruktur, Fertigungstechnologien, Luftfahrzeuge und Flugzeugstrukturen. Ein Viertel der Befragten Luftfahrt-Organisationen überlegen einen Einsatz; nur jeder Fünfte plant keine Nutzung.

## 4.3 Rahmenbedingungen

In der Folge werden Rahmenbedingungen dargestellt, die den Einsatz von KI in der Luftfahrt beeinflussen können. Neben technischen, organisatorischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Anforderungen werden Treiber und Barrieren untersucht.

### 4.3.1 Anforderungen

#### Technische Anforderungen

Für die erfolgreiche Umsetzung von KI-Projekten in der Luftfahrt sollten aus technischer Sicht unter anderem folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Datenbasis, Datenqualität und solides Datenmanagement
- Sicherer Datenaustausch (unter den Luftfahrt-Akteuren)
- Vertrauenswürdigkeit und Nachvollziehbarkeit der getroffenen KI-Entscheidungen
- Sicherheit (Schutz von Datenverkehr und Infrastruktur) und Datenschutz
- Rechenleistung (Server, Cloud, Data Center)
- Standards und Zertifizierbarkeit

Daten sind die Essenz der KI, die Datenqualität entscheidend über den Erfolg des KI-Einsatzes. Ein solides Datenmanagement stellt sicher, dass Daten schnell integriert, angereichert und bereitgestellt werden können, und bildet dadurch eine gesicherte Entscheidungsgrundlage. Die digitale Vernetzung muss so weiterentwickelt werden, dass über eine neutrale Infrastruktur ein sicherer Datenaustausch gewährleistet ist. Standards und Zertifizierbarkeit sind vor allem für die Luftfahrt von großer Bedeutung. Mittelfristig wird das Thema Rechenleistung noch verstärkt eine Rolle spielen.

Die allgemeinen technischen Rahmenbedingungen werden in Österreich als gut erachtet. Bezüglich der Rechenleistung sind Standardrechner für die Verarbeitung einfacher Tasks ausreichend, für Deep Learning braucht man jedoch mehr Leistung. Dabei gibt es einerseits die Möglichkeit von Cloudlösungen, die mit hohen Kosten verbunden sind, oder andererseits von eigenen Data Centern. Von einigen Interviewpartnern wurde daher der Wunsch nach Ausbau der Infrastruktur geäußert – teilweise sind die Kapazitäten bspw. der Universitäten den Anforderungen nicht gewachsen.

## Organisatorische Anforderungen

Die organisatorischen Anforderungen lassen sich wie folgt umreißen:

- Vertrauen in KI
- Aufbau eines KI-Mindset
- Verankerung von KI in der Unternehmensstrategie
- Eigene KI-Abteilung im Unternehmen
- Humanressourcen

Als organisatorische Grundlage für eine erfolgreiche Anwendung von KI ist Vertrauen in die Technologie unumgänglich. KI ermöglicht neue Geschäftsmodelle und Denkweisen, erfordert jedoch neue Zugänge. Daher ist es wichtig, eine KI-Kultur und entsprechendes Know-How aufzubauen.

Für Unternehmen stellt die Durchführung von KI-Projekten einen sehr hohen Ressourcen- und Personalaufwand dar. Deshalb ist der Kommittent der Unternehmensführung essentiell. Es ist weiters notwendig, Personal abzustellen, das den gesamten Prozess vorbereitet und begleitet – das kann intern oder durch externe Berater geschehen. Wichtig ist, dass das KI-Thema als Gesamtprozess verstanden wird, der nicht in der IT-Abteilung, sondern von einer eigenen Digitalisierungs- oder KI-Abteilung durchgehend begleitet wird, von der Datengenerierung bis zur Projektumsetzung. Diese Abteilung umfasst idealerweise einerseits Projektmanager mit guter interner und externer Vernetzung (zur internen Absicherung und zum Austausch mit anderen Unternehmen) und andererseits KI-Expertinnen und -Experten, die ebenfalls verknüpfend in unterschiedlichen Disziplinen denken können: Mathematik, Theoretische Physik, Stochastik, Statistik, Lineare Algebra, Coding, Programmiersprachen, Computerarchitekturwissen, etc. Sollten diese Fähigkeiten intern nicht verfügbar sein, bieten sich hier Abgänger der Studiengänge Machine Learning/Data Science.

## Gesellschaftliche Anforderungen

Hinsichtlich gesellschaftlicher Anforderungen wurden seitens der Gesprächspartner insbesondere genannt:

- Realistische Erwartungshaltung
- Ängste adressieren (z.B. Jobverlust)

Allgemeine Skepsis gegenüber der KI-Technologie ist im Luftfahrtsektor eher selten, es überwiegt generell das Interesse. Wichtig ist, die Erwartungen zu managen – keine Unternehmensmitarbeiterin oder -mitarbeiter sollte sich von KI-Lösungen Wunder erwarten. Nach erfolgreicher Datenanalyse und -explorierung kann eine Aussage getroffen werden, welchen Mehrwert der Einsatz von KI hätte.

Bedenken hinsichtlich des Verlusts des Arbeitsplatzes sind sicherlich ein Thema und sollten adressiert werden. Es gilt als sehr wahrscheinlich, dass einige Jobs in Zukunft nicht mehr vorhanden sein werden, an anderer Stelle werden jedoch wieder neue Jobmöglichkeiten entstehen. Dieses Bewusstsein muss gesellschaftlich und unternehmensintern geschaffen werden. Das Thema sollte den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gegenüber aktiv angesprochen werden; in Trainings kann auf die neuen Möglichkeiten der Entscheidungsvorbereitung und die erhöhte Planbarkeit von KI-unterstützten Prozessen eingegangen werden.

### **Rechtliche Anforderungen**

Rechtliche Anforderungen für eine breite Anwendung von KI sind etwa:

- Sicherheit und Datenschutz
- Dateneigentümerschaft – Wem gehören die Daten?
- Standards und Zertifizierbarkeit

Klare rechtliche Rahmenbedingungen, sowohl aus technologischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht, sind zentrale Voraussetzung für den Erfolg von KI. Für Produkt-, Maschinen- und Prozessdaten sind kartell-, eigentumschaftungs- und leistungsschutzrechtliche Fragestellungen maßgeblich<sup>17</sup>.

Die rechtlichen relevanten Rahmenbedingungen für KI in der Luftfahrt sind sicherlich in erster Linie die Zertifizierbarkeit der neuen Lösungen, die in der Regel langwierige Zertifizierungsprozesse durchlaufen. Für neue KI-Anwendungen gilt es herauszufinden, welche Lösungen mit schon vorhandenen Normen und Zertifizierungen bereits umsetzbar sind und wofür es neue Zertifizierungen benötigt. In der Luftfahrt ist die

---

<sup>17</sup> Accenture, Mission mit Vision – Wie Österreich eine Zukunft mit künstlicher Intelligenz gestaltet, 201

Nachvollziehbarkeit von getroffenen Entscheidungen entscheidend, um eine Zertifizierung überhaupt zu ermöglichen. Dies ist bei Entscheidungen über die Architektur einer KI-Lösung zu berücksichtigen.

Wie schon erwähnt ist die Datenerstellung eine der Grundvoraussetzungen für die Umsetzung von KI-Projekten. Das Eigentum an diesen Daten bedarf eines geeigneten rechtlichen Rahmens. Zu klären ist hier bspw., ob der Datenersteller der alleinige Eigentümer ist, welche und inwieweit Daten geteilt werden müssen, und wie Kosten der Datenerstellung gerecht aufgeteilt werden können.

Viele Anwendungen von KI in der Luftfahrt sind was den rechtlichen Bereich betrifft mit dem autonomen Fahren zu vergleichen, vor allem wenn man an Entscheidungsunterstützungssysteme von Fluglotsen und Piloten denkt. Hier können die rechtlichen Rahmenbedingungen angeglichen werden.

### **4.3.2 Treiber und Trends**

Trends sind sehr häufig auch Technologietreiber. Aufgrund der oft schwierigen Trennung zwischen Treiber und Trends werden diese in der Folge gemeinsam betrachtet.

#### **Kostendruck und Effizienzsteigerung bei Luftfahrtprozessen**

Wichtige Vorteile beim Einsatz von KI-Instrumenten sind die Effizienzsteigerung und die damit verbundene Kostenersparnis, was sich auf fast alle luftfahrtbezogenen Prozesse erstreckt. Ein weiterer Mehrwert ist Qualitäts- oder Umsatzsteigerung. Es geht bspw. in der kommerziellen Luftfahrt um die Optimierung des Turn-Arounds und das Minimieren von Verspätungen, was erhebliche Kosteneinsparungen bringen würde. Zentral beteiligt daran ist der Flughafen mit all seinen ineinandergreifenden Prozessen. Durch das Anlernen einer KI kann die Komplexität dieser Prozesse abgebildet oder verringert und besser steuerbar gemacht werden.

Zudem entsteht mit der immer größer werdenden Menge an Daten und den KI-Technologien, um diese auch verwertbar zu machen, ein Angebot neuer Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, das in Zukunft von den Anwendern in der Luftfahrt nachgefragt werden wird.

## **Intelligentes Engineering**

Es gilt, Kundenbedürfnisse frühzeitig zu erkennen und in die Entwicklung einzubringen. Ebenso sollen Daten aus dem Betrieb zurück ins Design fließen. Effizientes Design ermöglicht beispielsweise Materialeinsparungen bei gleichbleibender Qualität, aber auch eine Verbesserung der Funktionalität durch z.B. Topologieoptimierung mit KI.

## **Erwartungen der Passagiere hinsichtlich Dienstleistung und Flexibilität**

Fluggäste verlangen nach den gleichen Technologien, die sie von anderen Verkehrsmodi wie Auto oder Bahn kennen und gewohnt sind. Als Beispiel sei hier, etwa seamless door-to-door booking oder flexible Routenplanung genannt.

## **Datengetriebene Entscheidungsprozesse**

Durch die neuen Möglichkeiten von KI in Verbindung mit großen Datenmengen geht der Trend dahin, Entscheidungen auf Basis von Daten zu treffen und Entscheidern Auswahlmöglichkeiten zu bieten. Dies birgt großes Potential im Bereich der Sicherheit sowie der Kostenersparnis. Indikator dafür ist die Suche vieler Unternehmen nach Data Scientists zum Heben dieses Optimierungspotentials.

## **Neue Technologien im Riskiomanagement**

Der Trend zu verstärktem Einsatz von Sensorik betrifft nicht zuletzt den Bereich Sicherheit. Die so generierten Daten werden etwa in der Früherkennung von Gefahren hilfreich sein. Beispielsweise wird von Einsatzkräften am Flughafen zunehmend ein immer schnelleres Reagieren und Agieren gefordert. KI basierte Systeme können hier aufgrund der kurzen Reaktionszeiten eine große Unterstützung sein. Ziel dabei ist jedoch nicht bspw. das effiziente Löschen, sondern die intelligente Früherkennung und Brandprävention.

## **Paradigmenwechsel in der Luftraumüberwachung**

In der Luftfahrt wird ein Paradigmenwechsel vorbereitet: Durch 4D Trajectory Management (alle Luftfahrt-Stakeholder wissen über die Position von anderen Luftfahrtobjekten Bescheid) werden Trajectory Based Operations ermöglicht werden. Künstliche Intelligenz wird hierbei folgende Aufgaben vereinfachen:

- Verbesserung der strategischen Planung
  - Verbesserung der Trajektorienprognose (MET: bspw. Umfliegen von Gewitterwolken; und ATM: Deconflicting von einer Vielzahl von Trajektorien)
  - Erhöhung des Automatisierungsgrades (Konfliktlösungs- Supporttools)
  - Effizienzsteigerung im Bereich ATC (Spracherkennung für Trainings)
- Flugobjekterkennung und Tracking mit Kameras (Drohnen und Flugobjekte)

### **Verfügbarkeit intelligenter Bauteile**

In den kommenden Jahren wird es auch in der Luftfahrt zum vermehrten Einsatz von intelligenten Bauteilen kommen. Diese Bauteile werden untereinander kommunizieren, werden relevante Parameterdaten zur Verfügung stellen und die Wartung und den Betrieb deutlich optimieren. Durch den Einsatz dieser intelligenten Bauteile wird die Menge an Daten deutlich steigen, was wiederum den Einsatz von KI-Services ermöglichen wird.

### **Rasante Entwicklung in KI-Disziplinen**

Die Schnelligkeit ist ein Charakteristikum von KI. KI-Disziplinen und ihre Einsatzmöglichkeiten entwickeln sich mitunter rasant. So gab es beispielsweise auf dem Gebiet des Deep Reinforcement Learnings (DRL), als Teilbereich des Machine Learnings, die ersten Durchbrüche ab 2016. DRL ist technologisch komplex und hat erst einen niedrigen TRL (Technologiereifegrad), ist jedoch sehr breit einsetzbar, wie bspw. bei der Kontrolle von automatischen Systemen (hier werden Agenten trainiert), bei Trading, Control Theory, Computerspielen, Robotik, Quantenfeldtheorie (zum Lösen analytischer Integralgleichungen), etc. Aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung und dem damit einhergehenden immensen Rechenaufwand kann DRL zu einer Schlüsseltechnologie werden, da es überall dort eingesetzt werden kann, wo Optimierung und Beschleunigung gefragt sind.

### 4.3.3 Barrieren

Im Rahmen der Online-Umfrage haben 74 Akteure der Luftfahrt die Frage, was den Einsatz von KI hindert oder erschwert, beantwortet (siehe Abb. 25).

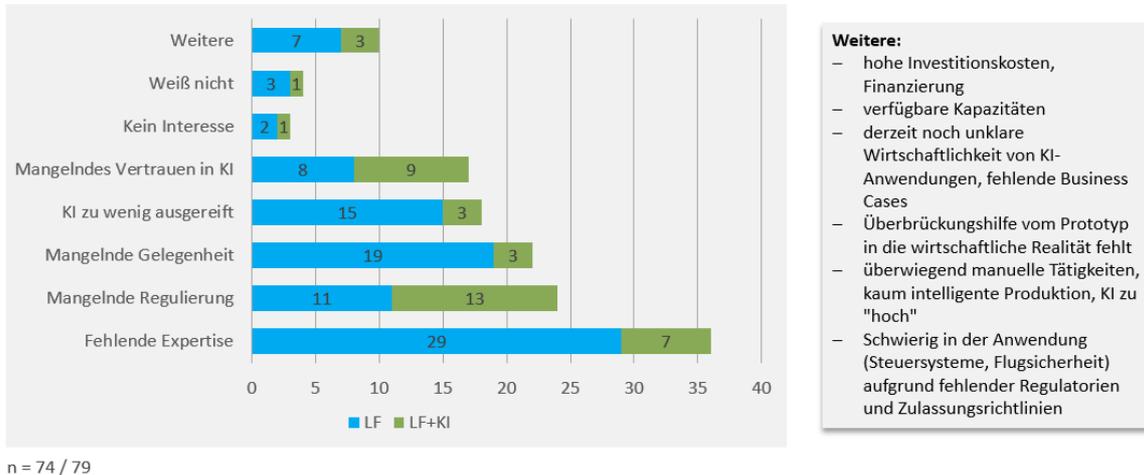


Abb. 25: Umfrageergebnis zu KI-Barrieren

Zusätzlich zu den oben in der Online-Umfrage erhobenen Barrieren haben die Interviewpartner noch folgende genannt:

#### Datenbezogene Barrieren

- Datenqualität und Datenmenge: Hier fehlt den Unternehmen meist bereits die Grundlage zur Datenakquise (bspw. die Vernetzung der Maschinen, fehlendes Know-how, etc.).
- Datenaufbereitung: Dies ist Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung von KI, da bei fehlender Datenaufbereitung Modelle falsch trainiert werden.
- Rechenleistung: Vor Allem bei rechen- und datenaufwändigen Technologien wie Deep Reinforcement Learning ist die Rechenleistung häufig unzureichend oder teuer zugekauft.
- Sicherheit, Robustheit, Verlässlichkeit: Adversarial Attacks (Feindliche Angriffe) können bspw. gravierende Folgen haben und damit ein großes Problem darstellen. Dieser Bereich wird daher bereits stark beforscht.
- Explainability: Um die Daten auch nutzbar zu machen, müssen diese in nützliche Information umgewandelt werden. Dies stellt viele Unternehmen schon aufgrund der „garbage-in-garbage-out“ Situation vor große Herausforderungen.
- Mangelnder Datenaustausch in der Luftfahrt

Weiters wurde als problematisch erachtet, dass es keine Vereinheitlichung des Datenaustausches über die Ländergrenzen hinweg gibt. Hier bräuchte es eine Regulierung, die die Weitergabe von bspw. Flugzeugdaten zwischen allen beteiligten Stakeholdern regelt.

### **Betriebsinterne Hürden**

Den (mittelständischen) Unternehmen fehlen mitunter ein fundiertes Verständnis und die nötige Kompetenz im Hinblick auf KI. So sind die Möglichkeiten von KI für die je eigene Organisation kaum bekannt, Kompetenzen werden in der Regel noch nicht systematisch aufgebaut. Zudem fehlt in den meisten Fällen ein entsprechender Business Case. Hinzu kommt, dass KI als sehr „forschungslastig“ gesehen wird, es mangelt an Proof-of-Concepts oder Best-Practices, die der Unternehmensrealität entsprechen.

Der gesamte Prozess der Integration von KI-Tools in ein Unternehmen ist ressourcen- und zeitintensiv. Dies reicht von der Herstellung und Aufbereitung von Daten bis hin zur Durchführung von Prozessen, die unternehmensintern von einer Mitarbeiterin oder einem Mitarbeiter aktiv getrieben oder durch externe Berater begleitet werden müssen. Diese Humanressourcen fehlen jedoch den meisten Unternehmen. Zudem müssen bei mittelständischen Unternehmen erst gewisse Grundvoraussetzungen zur Datengenerierung (bspw. Integration von Maschinen) geschaffen werden, bevor KI-Produkte und Services implementiert werden können. Hier haben bspw. Unternehmen Vorteile, die bereits über Data Warehouses bzw. Data Lakes verfügen.

### **Spezifika der Luftfahrt-Branche**

Die Luftfahrt ist geprägt von einer sehr fragmentierten Zulieferkette: Wenige große Unternehmen werden von vielen kleinen Unternehmen beliefert. Dies erschwert jedes firmenübergreifende Unterfangen, im Bereich der Digitalisierung und ebenso der KI, da der Stand der Digitalisierung der unterschiedlichen Unternehmen von handschriftlichen Zetteln bis zu firmenübergreifenden Datenplattformen reicht.

Zudem ist der Kostenfaktor für neue Technologien in der Luftfahrt entscheidend. Aufgrund von kleinen Stückzahlen (Losgrößen) ist der Hebel hier kleiner als bspw. in der Automobilindustrie. Namhafte Automobilhersteller haben bereits vergeblich versucht, vorhandene neue Technologien in Flugzeuge zu transferieren. Daher ist die

Luftfahrtindustrie weniger geneigt, hohe Investitionen in neue Technologien wie KI zu tätigen.

### Fehlender Proof-of-Concept

Sowohl der Unternehmensseite, als auch der Academia-Seite fehlt der Proof-of-Concept in erfolgreichen KI-Projekten. Unternehmen beklagen das Fehlen von Best Practice-Beispielen, die der Unternehmensrealität entsprechen. Dies liegt einerseits an den noch (teilweise) fehlenden Voraussetzungen (Datenbasis, Kommittent des Vorstandes, Personaleinsatz) auf Unternehmensseite, und andererseits auf Seiten der Academia an fehlenden Lead-Kunden, die die angewandte Forschung vorantreiben. Haupttreiber für den Einsatz von KI ist die Effizienzsteigerung, daher benötigt es erfolgreich umgesetzte Projekte in Unternehmen, um den Nutzen greifbar für die wichtigen Entscheider zu machen.

### Zertifizierungen

Gerade in der kommerziellen Luftfahrt sind Zertifizierungsprozesse sehr zeitaufwendig. Die folgende Abbildung zeigt die Zeitachse von KI-Zertifizierungen in der Luftfahrt, erstellt von der EASA (European Aviation Safety Agency). Beispielsweise wird der Level 3 (Box rechts), in dem „more autonomus machines“ zum Einsatz kommen, nicht vor 2028-2030 erwartet.

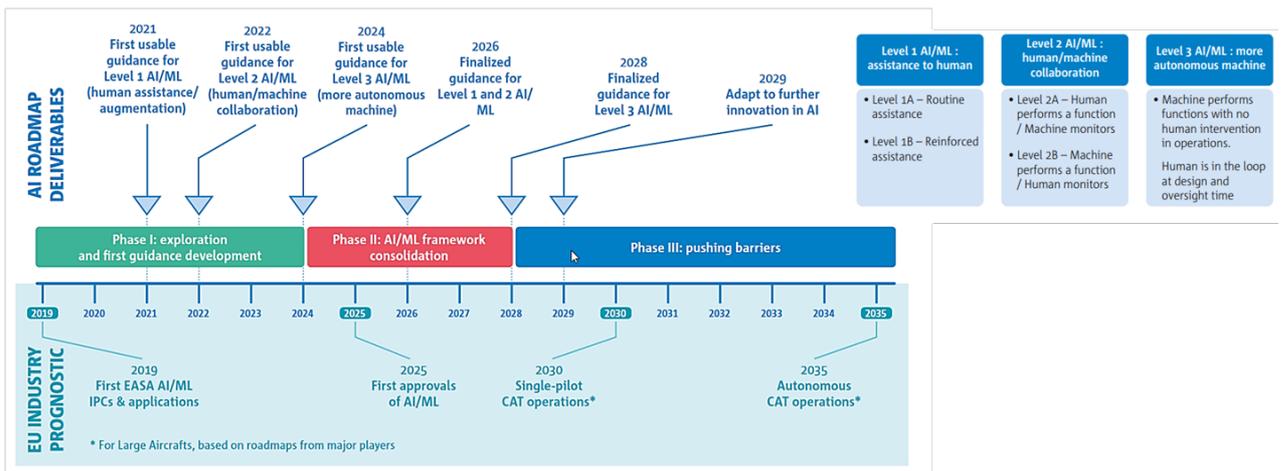


Abb.: EASA Roadmap für KI in der Luftfahrt

Grund dafür ist die in der Luftfahrt durchzuführende AI-Trustworthiness-Analyse, die aus drei Stufen besteht:

- Wie erkenne ich das das Anlernproblem (Learning Assurance)?
- Wie bleibt dieses Problem erklärbar (AI Explainability)?
- Wie kann das Eintreten eines Flugunfalles vorhergesagt werden (AI Safety Risk Mitigation)?<sup>18</sup>

Im Vergleich zu anderen Branchen stellt dieser Zertifizierungsprozess für KI-Anwendungen eine Eintrittsbarriere in den Luftfahrtsektor dar und muss bei der Marktumsetzung in Betracht gezogen werden.

Speziell im Bereich der Digitalisierung und KI wirken fehlende Zertifizierungen als Hemmschuh für Innovation. Beispielsweise müssen die Normen für intelligente Materialien in Flugzeugen erst geschaffen werden, um einen Proof-of-Concept und später die Verwendung im Flugzeug zu ermöglichen.

### **Kosten**

Die Luftfahrt steht unter großem Kostendruck. Die langen Entwicklungszyklen in der Luftfahrt erschweren den Einsatz von neuen Technologien. Hier haben es vor allem Technologien wie KI schwer, in die vorher noch einiges an Vorarbeit und Ressourcen investiert werden müssen, bevor die Kostenersparnis durch Effizienzsteigerung sichtbar wird. Ebenso erschweren die geringen Losgrößen in der Luftfahrt Investitionen in neue Technologien.

---

<sup>18</sup> Impulspräsentation von Werner Langhans (Frequentis); Workshop, Arbeitsgruppe ATM

# 5 Herausforderungen und Handlungsfelder

Um das Potential von KI in der Luftfahrt für Österreich ausschöpfen zu können, müssen die mit der Entwicklung und dem Einsatz von KI verbundenen Herausforderungen berücksichtigt werden. Die folgenden 5 Handlungsfelder stellen Bereiche dar, die laut Meinung der befragten Experten kurz- und langfristig für die sichere und nutzenstiftende Entwicklung von KI in der Luftfahrt in Österreich von Belang sind.

## 5.1 Vernetzung und Etablierung eines Ökosystems

Um den schwierigen Prozess der Umsetzung von KI-Projekten in Forschung und Praxis zu erleichtern, ist es wichtig, ein eng verzahntes Ökosystem zu schaffen, in dem sich die österreichischen Akteure im Umfeld von Luftfahrttechnologie und KI kennenlernen und austauschen können. Die Vernetzung der Stakeholder unterstützt den Abgleich von Interessen und das Ausloten von Kooperationsmöglichkeiten. Ziel dabei soll sein, aus den vielen Einsatzmöglichkeiten von KI in der Luftfahrt, die zielführenden und erfolgsversprechenden herauszufiltern.

KI ist eine Querschnittstechnologie und umfasst zahlreiche Disziplinen und Branchen. Ein dem Aufbau des Ökosystems zugrundeliegendes Gesamtkonzept unterstützt die Zusammenführung von Anwendungsfeldern, Technologien und Disziplinen, die üblicherweise wenig Berührungspunkte aufweisen. Es wird als wichtig erachtet, eine kritische Masse an unterschiedlichen Personen aufzubauen, „die die Bereitschaft mitbringen zu lernen, wie andere denken und arbeiten. So wird wissenschaftlicher Diskurs ermöglicht.“

Bei den Vernetzungsaktivitäten sollte auf bestehende, gut funktionierende Strukturen aufgebaut werden. Dies legt eine Abstimmung und Verflechtung mit entsprechenden Interessensvertretungen nahe.

Viele der Herausforderungen und Problemstellungen beim Einsatz von KI zeigen Parallelen zu Digitalisierung auf. Diese sollten genutzt werden, sei es durch Berücksichtigung von Best-Practices, existierenden Standards oder Nutzung von Verwertungsplattformen. Die im Bereich KI entwickelten Algorithmen und Methoden sind gegenwärtig im Regelfall noch sehr spezifisch auf den konkreten Anwendungsfall zugeschnitten. Dennoch können Verwertungsplattformen im Bereich Digitalisierung, IoT, etc. den Wissenstransfer unterstützen.

Für den Aufbau des Ökosystems werden folgende Aktivitäten als besonders zielführend erachtet:

- Einbindung von **Schlüsselpersonen für Vernetzungsaktivitäten**, deren Expertise (inter)national anerkannt ist, die einen guten Überblick über die österreichischen Kompetenzen haben, und die als Schnittstelle von KI zur Anwendung fungieren können, wie etwa Think Tanks / Experten (für datenbasierte KI) einerseits und etwa COMET-Zentren betreffend Domänenwissen andererseits.
- Einbeziehung von **(inter)nationalen Standardisierungsstellen** um Standardisierungs- und Zertifizierungsfragen von Anbeginn weg miteinzubeziehen. Standardisierung schafft Sicherheit und Vertrauen in die Technologie und ist essentiell für eine breite Akzeptanz von KI in der (Luftfahrt)industrie.
- Einbindung von **Branchen mit ähnlichen Problemstellungen**, wie etwa autonome Mobilität, Logistik, oder Produktionsprozesse. Dies ermöglicht Technologietransfer und die Berücksichtigung von Lessons-Learnt. Zusätzlich wird der Zugang zu Daten in Schnittfeldern wie etwa Logistik oder Intelligente Materialien beträchtlich erweitert.
- Einbindung von weitgehend **branchenunabhängigen F&E Organisationen** mit „Weitblick“.
- Aufbau von **interdisziplinären Teams**. Hybride Ansätze benötigen eine Kombination von KI-Wissen und Domänenwissen, wie etwa ein Verständnis von Produkten oder Prozessen (z.B. Expertise in physikalischen Methoden für die Modellierung von Randbedingungen).
- Analyse und Entwicklung **neuer Geschäftsmodelle und Werteketten**. Der Einsatz von KI erfordert mitunter völlig neue Herangehensweisen und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle (wie etwa adaptive Preisbildung oder AlaaS).

Folgende Graphik zeigt exemplarisch ein entsprechendes Ökosystem:

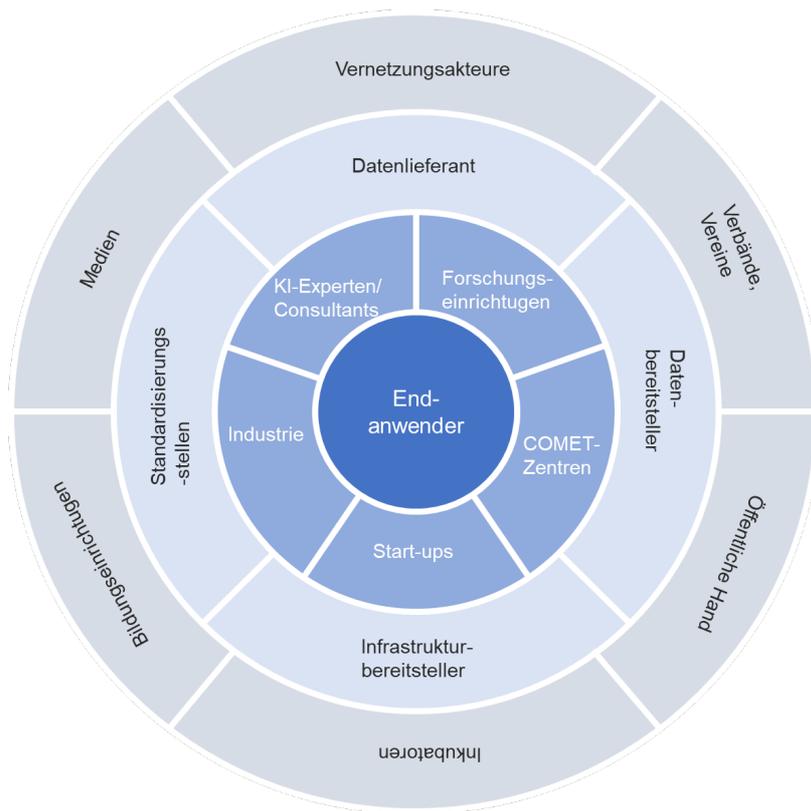


Abb. 26: Ökosystem

Das vorgeschlagene Ökosystem besteht aus folgenden Stakeholdern:

- Forschungseinrichtungen (KI, Luftfahrt, relevante Naturwissenschaften)
- COMET-Zentren
- Start-ups
- Industrie (Luftfahrt, Branchen mit ähnlichen Problemstellungen, KI)
- KI-Expertinnen und -Experten / KI-Consultants
- Endanwender (Flughäfen, Fluglinien, Luftfahrtbehörden, etc.)
- Datenlieferanten (Fluglinien, Triebwerkshersteller, Wetterdienste, etc.)
- Datenbereitsteller (Open Source Plattformen, Flughäfen, etc.)
- Infrastrukturbereitsteller (Rechenzentren, Cloud-Bereitsteller, 5G-Anbieter, etc.)
- Standardisierungs-/Zertifizierungsstellen
- Bildungseinrichtungen
- Vernetzungsakteure
- Verbände und Think Tanks
- Öffentliche Hand
- Inkubatoren
- Medien

## 5.2 Aufbau von Humanressourcen

Eine der größten Herausforderungen ist der Zugang zu kompetentem Personal mit KI-Expertise. Die erfolgreiche Anwendung von Methoden der KI erfordert ein breites Spektrum an Kompetenzen. So benötigt der Data Scientist interdisziplinäres Know-How für die Untersuchung, Verarbeitung und Nutzung der Daten. Ein Verständnis der zugrundeliegenden Problemstellung ist erfolgskritisch, denn ein Algorithmus kann nur das lernen, was ihm via Daten zur Verfügung gestellt wird. Das erforderliche, stark vom jeweiligen Anwendungsbereich abhängige Wissen – auch Domänenwissen (Domain Expertise) genannt – gilt als eines der Fundamente in der Data Science (siehe Abb. 27). Diese Domain Expertise muss in Projekte eingebracht werden, zum Beispiel durch enge Zusammenarbeit in multidisziplinären (hybriden) Teams oder durch Transfer von „Köpfen“ von einer Branche in die andere.

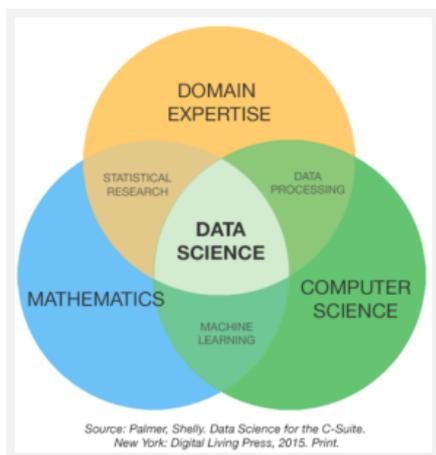


Abb. 27: Fähigkeiten eines Data Scientists

Für die Anwendung bzw. Adaptierung von KI-Methoden sind Data Scientists, Mathematiker oder Naturwissenschaftler und Techniker (MINT) gefragt. In Österreich gibt es in der naturwissenschaftlichen/mathematischen Bildung noch quantitativen und qualitativen Aufholbedarf. Dies zieht sich von der Pflichtschule über die Universitäten bis hin zur Verfügungstellung öffentlichen Wissens. Hier gilt es bereits Kinder thematisch abzuholen, ein entsprechendes Angebot zu bieten und für MINT-Fächer zu begeistern. Laut Experten sei das Mindset der österreichischen Gesellschaft mitunter nicht sehr naturwissenschaftsfreundlich und diese Schiefelage ist auch noch zur weiblichen Gesellschaftshälfte verstärkt, womit zusätzliche Ressourcen brach liegen. Das Bildungsministerium hat dazu bereits zahlreiche Initiativen ins Leben gerufen; die Erfolge können aber nur langfristig beurteilt werden.

Planen Firmen die Anwendung von Methoden der KI, um ihre Kernkompetenzen zu erweitern und somit die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen, ist es von Vorteil, KI-Expertise im Unternehmen aufzubauen. Dieser Schritt bedingt einen gesamtheitlichen Zugang und sollte daher in der Unternehmensstrategie verankert sein. Für den gezielten Aufbau von KI-Expertise im Unternehmen braucht es begleitende KI-Expertinnen und -Experten, die helfen, Problemstellungen zu identifizieren, Zielsetzungen zu definieren, und Know-How ins Unternehmen zu transferieren. Es ist wichtig, Bewusstsein für Möglichkeiten von KI zu schaffen und realistische Erwartungshaltungen zu generieren. Dabei geht es um den Aufbau eines nachhaltigen KI-Mindsets und die Aktivierung von Technologie- und Wissenstransfer.

Folgende Ansätze zur Bildung der notwendigen Humanressourcen lassen sich ableiten; sie gelten für die Luftfahrtbranche und darüber hinaus:

- Grundlage für „**Digitale Grundbildung**“ in Schulen schaffen, zusätzlich technische Grundbildung und MINT-Interesse fördern, z.B. medial.
- Investitionen in **Ausbildung/Studiengänge**, um dem Mangel an Data Scientists, Mathematiker, Theoretische Physiker, etc. entgegenzutreten und die Anzahl an MINT-Absolventen zu erhöhen.
- Abwanderung **österreichischer Exzellenz** durch Anreize entgegenwirken.
- **Fortbildung und Trainings** für Unternehmen. Ziel ist die Bewusstseinsbildung, das Senken von Eintrittshürden und die Unterstützung erster Schritte in Richtung KI.
- Aufbau und Förderung eines Pools an **KI-Assistentinnen und -Assistenten**<sup>19</sup> für die Begleitung und Anleitung der Unternehmen sowie die Vernetzung mit Fachexpertise. Die KI-Assistenzen besitzen die Fähigkeit, mit Vertreterinnen und Vertretern verschiedener Disziplinen sachgerecht zu kommunizieren, sie halten Vorträge und Trainings. Im allgemeinen Kontext wäre die Schaffung von Digitalisierungsassistentinnen und -assistenten wünschenswert, eine Rolle die mitunter bereits Consultants einnehmen.
- **Talentetransfer** forciert Wissenstransfer in die Unternehmen durch gezielten „Austausch“ von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Beispielsweise könnten Anreize für COMET-Zentren geschaffen werden, ihre Fachpersonal für einen gewissen Zeitraum in Unternehmen einzusetzen. Dies unterstützt die realitätsnahe Forschung

---

<sup>19</sup> analog zur Förderung von Innovationsassistentinnen und -assistenten

und Entwicklung und ermöglicht den Aufbau von Humanressourcen im Unternehmen. Andererseits könnten Universitätsinstitute Trainings für Unternehmen anbieten.

- **KI-Traineeprogramme** in Forschung und Industrie. Das Traineeprogramm bietet 1) Studierenden die Möglichkeit, Prozesse und Abläufe eines innovativen Industriebetriebes kennenzulernen und gibt 2) Fachpersonal eines Unternehmens die Gelegenheit an Universitäten KI-Kompetenz zu erwerben. Vorstellbar wäre beispielsweise die Kombination von FH Studium und Berufserfahrung (z.B. 2 Tage die Woche im Unternehmen).

### 5.3 Schaffung der KI-Voraussetzungen im Unternehmen

Daten sind die Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von KI, denn sie stellen die Basis für das Lernen der Systeme dar. Vielen Unternehmen fehlt die Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung von KI-Projekten. Diese betrifft die Verfügbarkeit von Daten, deren Qualität und dem Mindset im Unternehmen.

Der heutige Status Quo etwa in Produktionsbetrieben ist ein heterogener Maschinenpark ohne ausreichende Vernetzung, das angestrebte Ziel ist jedoch der Closed-Loop-of-Data. Die Herausforderungen für die Unternehmen liegen einerseits im hohen Grad an Heterogenität und andererseits in der Verarbeitung der Daten aus unterschiedlichen Quellen, um sie tatsächlich nutzbar zu machen. Nach Meinung der Experten sollte hier die Forschung ansetzen und den Unternehmen helfen, diese Basis für einen Einsatz von KI zu schaffen.

Die Entscheidung über die gezielte Einbindung von KI in Produkte und Prozesse im Unternehmen ist Managementaufgabe und sollte in der Unternehmensstrategie und -kultur verankert sein. Dazu müssen Ressourcen aufgebaut werden. Die Investitionen betreffen die Entwicklung von betriebsinterner KI-Kompetenz (siehe Punkt 5.2 oben) und die (Voraussetzung für die) Generierung einer qualitativ hochwertigen Datenbasis. Auf diesem Weg sollten die Unternehmen unterstützt werden.

Für den Einsatz von KI in Unternehmen braucht es:

- **Solide Datenbasis in ausreichender Qualität** als Grundstein jeder KI-Anwendung. KI-Expertinnen und -Experten können hier mit ihren Erfahrungen und Wissen

unterstützen. Dabei ist die Einbindung betriebsinterner Fachkompetenz unumgänglich.

- **Solides und durchdachtes Datenmanagement** im Unternehmen für bestmögliche Nutzung von Daten und Informationen. Hierzu muss ein Mindset in der Organisation entwickelt werden, es geht um Bewusstseinsbildung. Denn Daten ohne unmittelbare Anwendungen könnten erst in Zukunft von großem Interesse sein (vgl. der Kunde als Datenlieferant). Trainings dazu könnten die Unternehmen entsprechend vorbereiten und unterstützen.
- **Vertrauensbildende Maßnahmen** und Generierung einer realistischen Erwartungshaltung. Es besteht ein Bedarf an größtmöglicher Transparenz im Hinblick auf aufzubauende Kompetenzen, Anforderungen, Rahmenbedingungen und Möglichkeiten bei einem Einsatz von KI in der Luftfahrtindustrie. Vorträge, aber auch Informations- und Vernetzungsveranstaltungen werden als erster Schritt hier als zielführend erachtet.
- Definition der **Zielsetzung** (was will man erreichen) und Identifikation und Analyse der **Problemstellung** bedarf mitunter der **Prozessbegleitung** durch einen KI-Experten. Interaktiver Austausch ist von besonderer Bedeutung.
- Schaffung eines **rechtlichen Regelwerks** bzw. Analyse des bestehenden legalen Rahmenwerks; erhöht Vertrauen in und Akzeptanz von KI und ist folglich essentiell für den Marktaufbau. Dieses betrifft etwa:
  - Eigentümerschaft der Daten
  - Haftungsfragen (wenn Daten/Methoden außerhalb des Unternehmens verwendet werden)
  - Datenschutz: Daten werden Richtlinien entsprechend weitergegeben und zugänglich gemacht
  - Richtlinien für den Umgang mit Daten in Bezug auf KI

**Datenkategorien**, die für die Anwendungen von KI in der Luftfahrt relevant sind, unterliegen unterschiedlichen Regulierungen. So sind etwa personenbezogenen Daten über DSGVO reguliert oder Betriebs- und Prozessdaten über Geheimhaltungsvereinbarungen. Eine weitere Kategorie sind öffentliche Daten, die mitunter nicht als schützenswert erachtet werden (z.B. Wetterdaten).

## 5.4 Verbesserung des Verständnisses für KI-Möglichkeiten und Angebote

Der Wissensstand der Luftfahrtindustrie und -forschung gegenüber den Einsatzmöglichkeiten von KI, der notwendigen und zur Verfügung stehenden Kompetenzen und des existierenden Angebots ist heterogen. Manche Betriebe richteten bereits KI-Abteilungen ein, andere wiederum stehen noch vor der Herausforderung der Digitalisierung im Allgemeinen. Das Potential von KI wird mitunter unzureichend erkannt. Eine Transparenz des Ökosystems hilft, hier Anknüpfungspunkte zu generieren.

Von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der KI ist der Zugang zu Daten. Obwohl der Luftfahrtsektor erhebliche Datenmengen (aus verschiedenen Quellen wie Datenschreibern, Diagnosesystemen, aber auch von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern diverser Luftfahrteinrichtungen) erzeugt, bleiben diese meist nach Interessensgruppen fragmentiert. Die Herausforderung besteht im sicheren Austausch sowie die Aufbereitung und Auswertung des umfangreichen Datenmaterials, um Sicherheits-, Produktions- und Dienstleistungsprozesse zu optimieren. Es braucht geeignete Rahmenbedingungen für die Datenverwaltung und den Datenaustausch. Diese sollten durch die Entwicklung offener Standards und einer vertrauenswürdigen Umgebung unterstützt werden. Hier ist die Zusammenarbeit von ICAO (International Civil Aviation Organization), EASA (European Aviation Safety Agency), Staaten und Industrie gefragt.

Gerade in der Luftfahrt sind Unternehmen (bspw. Airlines) im Hinblick auf den Austausch von Daten sehr zurückhaltend. Es bestehen Bedenken, dass die Daten der Konkurrenz einen Vorteil verschaffen könnten. Daher erscheint es wichtig, den strukturellen und gesetzlichen Rahmen so zu gestalten, dass der Austausch von Daten vorteilhaft für alle Beteiligten oder möglicherweise sogar gesetzlich verankert ist. Die Kosten der Datenerstellung sollten dabei berücksichtigt werden.

Auf europäischer Ebene werden bereits Daten für operationale Zwecke bereitgestellt, wie etwa EUROCONTROL NM B2B Web Services (Luftverkehr- und Fluginformation), über Webseiten und Apps zugängliche Flugbahnen. Weitere internationale Datenaustauschkonzepte sind in Vorbereitung, wie das von SESAR erarbeitete SWIM (System Wide Information Management) für den Austausch von Luftfahrt-, Wetter- und Fluginformationen. EASA initiierte das Programm DATA4SAFETY zum Austausch von Luftfahrtdaten zum Zwecke der Analyse von Trends und kritischen Situationen.

Im Hinblick auf Infrastruktur fehlt in Österreichs Unternehmenslandschaft oft die Bereitschaft, nutzungsabhängig für die Infrastrukturverwendung bzw. Rechenleistung einen externen Dienstleister zu beauftragen. Der Rechenaufwand bei der Anwendung von KI-Methoden kann beträchtlich sein und ist vorab oft schwer abschätzbar. Hier muss durch Information noch Akzeptanz für diese stark variierenden Kosten geschaffen werden.

Die Herausforderungen liegen in folgenden Bereichen:

- **Offene, für alle zugängliche Daten** führen zu einer erheblichen Beschleunigung von erfolgreichen F&E Aktivitäten.
- Für die **Vereinheitlichung des Datenaustausches** (über Grenzen hinweg) braucht es Regulierungen.
- Überlegungen zum **Ausbau und zur Nutzung von Infrastruktur** / Rechenleistung. Viele KI-Applikationen in der Luftfahrt sind mit immensem Rechenaufwand verbunden, wie beispielsweise KI-gestützte ATM- oder Airfield-Management-Lösungen. Vor allem mittelfristig sollten daher Maßnahmen zur Bereitstellung von Infrastruktur gesetzt werden. Ein Beispiel wäre etwa die Nutzung von bestehender IT-Infrastruktur in der Nacht oder zu betriebsschwachen Zeiten.
- Analyse zum Potential einer standardisierten **Dateninfrastruktur in Österreich** – „open data für die Luftfahrt“. Dabei soll auf die bestehende Dateninfrastruktur aufgebaut werden, wie etwa den Virtuellen Tower am Flughafen Wien.
- **Nutzung von Schnittstellen** zu bestehenden Leitprojekten und Innovationslabore, wie bspw. AIRlabs Austria.

## 5.5 Empfehlungen für die Ausgestaltung zukünftiger Ausschreibungen

Das nationale Luftfahrtforschungsprogramm Take Off ist ein gutes Vehikel, um gezielt Forschung und Entwicklung von luftfahrtspezifischen KI-Themen und Anwendungen in Österreich zu fördern. Dabei sollte man nach Meinung der Experten bei der Themensetzung zu KI breit agieren und flexible Mechanismen anbieten. Der strikte Rahmen des Luftfahrtprogramms lässt mitunter Antragsteller auf andere Förderprogramme wie das Basisprogramm ausweichen.

Für die Ausgestaltung der Take Off Ausschreibung wurden seitens der Experten folgende Anregungen gegeben:

- **Themenoffene Ausschreibungen** sind für die Verschränkung unterschiedlicher Communities von Vorteil. Eine allgemeine Schwerpunktsetzung auf KI in der Luftfahrt, ohne Fokussierung auf einzelne Use Cases, unterstützt die Vernetzung der KI- und Luftfahrt-Akteure und die gemeinsame Identifikation von Forschungsthemen.
- **Luftfahrtanwender** als verpflichtender Partner des Konsortiums erhöht eine anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung.
- **Datenbasis darstellen:** Die Darstellung der Verfügbarkeit und Qualität der Trainingsdaten im Antrag erhöht das Erfolgs- und Verwertungspotential des Forschungsvorhabens. Falls möglich und sinnvoll, sollte der Datenlieferant im Projekt eingebunden werden. Dadurch können rechtliche Aspekte zu Geheimhaltung und Datenschutz bereits im Antrag adressiert werden.
- **Zertifizierbarkeitsaspekt** ist verpflichtend im Projekt zu berücksichtigen. Beispielsweise ist der Zertifizierbarkeit bereits beim Design der Software-Architektur miteinzubinden oder als Anknüpfungspunkt zu internationalen Bestrebungen darzustellen. Zertifizierbarkeit ist für die spätere Akzeptanz der Technologie von großer Bedeutung.
- Entstandenes Wissen auf **Verwertungsplattformen** im Bereich Digitalisierung zur Verfügung stellen. Um Anreize zu schaffen, werden diese Aktivitäten im Rahmen der F&E Projekten gefördert.
- **Stufenweise Förderung von Projekten**, bei denen der Proof-of-Concept noch aussteht. Zu Beginn empfehlen sich **Feasibility Studies**, denn diese
  - schaffen Synergien und Netzwerke, und ermöglichen eine realistische Erwartungshaltung
  - senken die Einstiegshürde für die Anwender
  - zeigen Machbarkeit und die Möglichkeit, Problemstellungen gemeinsam zu entwickeln
  - lassen innovative Ideen und Ansätze zu und bieten die Möglichkeit diese auf Machbarkeit zu testen

Der Aufwand für die Beantragung einer Feasibility Studie soll der Laufzeit und dem Budget angepasst sein.
- Nach der Schaffung von Synergien und dem Aufbau einer kritischen Masse an vernetzten Luftfahrt- und KI-Akteuren empfiehlt sich die Ausschreibung eines **Leitprojekts** zur Bearbeitung besonders komplexer Themenstellungen, wie etwa Aufgaben im Airport Management oder im ATM/UTM, bei denen KI-Ansätze großen Lösungspotential haben.

Österreich verfügt über breit gefächerte, über Ländergrenzen hinweg anerkannte KI-Kompetenzen, und eine gegenüber der Anwendung von KI aufgeschlossene Luftfahrtindustrie und -forschung. KI hat das Potential, die Luftfahrt sicherer, ressourcenschonender, umweltfreundlicher, sozialer und effizienter zu machen. Für die österreichischen Luftfahrakteure bedeutet die Anwendung von KI einen Ausbau an Kernkompetenzen und eine Stärkung der künftigen Wettbewerbsfähigkeit. Doch sind auf diesem Weg Herausforderungen zu meistern. Um einen guten Nährboden für eine erfolgreiche Entwicklung von KI in der Luftfahrt in Österreich zu schaffen, muss ein entsprechendes Ökosystem etabliert, Aktivitäten zur Vernetzung der Luftfahrt und KI-Akteure forciert und in den Aufbau von notwendigen Humanressourcen investiert werden. Die in der Luftfahrt tätigen Organisationen sind mitunter mit Unsicherheiten konfrontiert, die den Aufbau von notwendigen Grundlagen und das Wissen über das Einsatzpotential von KI betreffen. Hier kann größtmögliche Transparenz des Ökosystems helfen, ebenso wie gezielte, unterstützende Maßnahmen im Rahmen der österreichischen Luftfahrtprogramms Take Off.

# 6 Anhang

## 6.1 KI-relevante SRIA Anwendungen

Die folgende Auflistung zeigt die KI-relevanten F&E Bedarfe der SRIA. Die Nummerierung in den Klammern verweist auf die entsprechende Action Areas der SRIA.

### Mobility & Travelling

- Mobility
  - Customer profile & expectations (1.1)
  - Intermodal transport system (1.2)
  - Mobility concepts (1.3)
  - Evaluating safety performance (4.1)
- Travelling
  - Travel management (1.4)
  - Mobility intelligence (1.5)
  - System and journey resilience (1.6)

### Airport & Air Operations

- Airport infrastructure (1.7)
  - Processes for passenger, baggage, freight
  - Airport interface node design
  - Integration evolutionary air vehicles and airport technology
  - Emission of ground infrastructure and operations
- Integrated information, communication, navigation and surveillance (1.8)
  - Airspace user information management network and infrastructure
  - Integrated, worldwide and secure CNS
  - Open data stores
  - New operational procedures and technical surveillance
  - Communication technology and infrastructure
  - New navigation technology
  - New sensor technology
- Air traffic management

- Adopt best practices and dev standards (3.4)
- Operational concepts (3.4)
- Integrate drones into ATM (3.4)
- Services & concepts integrating all types of vehicles (1.9)
- ATM agility & resilience (1.9)
- Air operations incl. safety
  - Adopt best practices and dev standards (3.4)
  - New operational concepts (3.4)
  - Optimise flight phases and overall flight (3.4)
  - Safety performance / risk management (4.1)
  - Safe operations - safety radar, flight mission, health management (4.4)
- Human factors and automated systems
  - Human centred automation (4.2)
  - Autonomous operation concepts (1.9)
  - Crew and team concepts (4.2)

### **Industrial Design & Product & Maintenance**

- Product industrialisation (2.1)
  - Processes for complex products
  - Big data and cyber-security
- Manufacturing technologies (2.2)
  - Integration of bulk material & manufacturing conversion
  - Validation of net shape components
  - Digital thread within end-to-end supply chain
- Design for Excellence in the product lifecycle (2.3)
  - Reduce product development & industrialisation phases
  - Open architecture, collaborative supply chain integration
  - Design for X methodology to optimise quality, cost and delivery
- Standards and certification
  - Involve EASA in new technology and standards/configurations (2.8)
  - New means of compliance with future certification requirements (i.e. simulation) (2.9)
- Safety and Security for Design, Manufacturing and Certification
  - Innovative approach to standardisation, certification and approval processes (4.5)
  - Safety - Resilience by design (4.5)
  - Security - Resilience by design (4.10)

- Operations and Maintenance, Repair and Overhaul (2.5)
  - Repair, test and recycle technologies
  - Reducing MRO-expenses
  - Infrastructure, knowledge and regulations for new digital services
- Testing (2.6)
  - Combination of physical and virtual research infrastructures
  - Tools to transform predictive simulation into a robust test paradigm
  - Global standards for testing enabled by digitalization and the associated technology-induced process transformation
- New business/enterprise models and initiatives (2.7)
  - Connecting air transport systems and new digital services
  - Ecosystem integrating full research and innovation value chain

## Aircraft

- Airframe (3.1)
  - Structural technologies
  - Materials
  - Simulation
  - Production
  - Maintenance
- Cabin (3.1)
  - Design structural integration and functional layout
- Propulsion (3.1)
  - Thermodynamic and propulsive efficiency
  - Lightweight materials and structures
  - Improve life and reliability of components
  - Reduce combustion emissions
  - Reduce aircraft noise
  - Enablers: multidisciplinary, big data & analytics
- Alternative energy (3.6)
  - Models of fuel behaviour, better understanding of fuel/aircraft components interaction
  - Modelling of fuel chemical composition and aircraft emissions
  - Low emissions non drop-in fuels and energy carriers
- Aircraft level integration (3.2)
  - Multifunctional control surfaces and morphing structures

- System and Structure integration: more autonomous aircraft, maintenance concepts, new system architecture
- End to end digital PLM, Factory of the Future, Simulation
- Revolutionary air vehicle (3.2)
  - Innovative configurations (aircraft, jet, rotorcraft)
  - New energy sources, storage and power transmission
  - Novel architectures for propulsion systems
  - Autonomous air transport system concepts
  - Low noise technologies
- Resource use, efficiency and recycling (3.3)
  - Materials and processes for lower energy demand and longer life of parts
  - Resource recovery and reuse toward zero waste
  - End of life management:
  - Design for environment and recycle methods
- Aviation's environmental impact and Climate change
  - Co-design of aircraft and air transport infrastructure (3.5)
  - Real time optimisation of air transport system (3.5)
  - Airport vicinity environmental impact modelling (3.5)
  - Knowledge and understanding of aircraft emissions (3.7)
  - Monitoring the air vehicle environment in flight (3.7)
  - Understanding the aircraft-atmosphere interaction (3.7)
  - Evaluating Safety Performance (4.1)
  - Climate change: understand, resilience and metrics/assessment processes (3.8)

## Safety & Security

- Harnessing Safety Intelligence (aviation data)
  - Safety Intelligence Tools, Processes, Methods and Management (4.3)
  - Application of Intelligent System (4.6)
  - Risk Assessment & Treatment (4.6)
  - Incident Management: (4.6)
- Collaborate for security (4.6)
  - Security Management System
  - Application of Intelligent Systems
  - Risk Assessment & Treatment
  - Incident Management:
- Engage aviation personnel and society for security (4.7)

- People Management
- Security Culture: Training and engagement
- Build and exploit security intelligence (4.8)
  - Forensic analysis
  - Security radar
  - Horizon scanning
  - Information management and sharing
- Ensure operational security (4.9)
  - Performance monitoring

### **Test Infrastructure & Education**

- Emerging technologies
  - Monitor technology trends (5.1)
  - Processes to capture technology from other sectors (5.1)
  - Prioritisation of research (5.3)
  - Provide access to findings (5.3)
- Test infrastructure
  - Permanent monitoring of inventory (5.4)
  - Identification of future needs and gaps (5.4)
  - Prioritisation of infrastructure (5.4)
  - Reduce redundancies (5.5)
  - Network of facilities for virtual design and certification (5.5)
  - Provide wide access to infrastructure (5.5)
- Education (5.6)
  - Harmonisation with common, recognized qualifications
  - Modernized syllabus, breadth and depth, 21st century skill-sets taught
  - Staff exchange between industry and academia

## 6.2 Thesaurus KI-Teilgebiete

### Wissensbasierte Systeme

Wissensbasierte Systeme sind in der Lage, komplexe Probleme zu lösen, indem auf Grundlage einer vorhandenen Wissensbasis Schlussfolgerungen gezogen werden.  
*siehe z.B. Gonzalez, Avelino J., and Douglas D. Dankel. The Engineering of Knowledge-Based Systems: Theory and Practice. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2000*

### Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen generiert in einem Lernprozess aus vorhandenen Daten Wissen über Muster, Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten, Abhängigkeiten und versteckte Strukturen in diesen Daten.

*Mitchell, Tom M. Machine Learning. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 1997: Ein Computerprogramm soll aus Erfahrung  $E$  in Bezug auf eine Klasse von Aufgaben  $T$  und Leistungsmaß  $P$  lernen, wenn sich seine Leistung bei Aufgaben  $T$ , gemessen durch  $P$ , mit Erfahrung  $E$  verbessert.*

### Transfer Learning

Im Transfer Learning wird ein Machine Learning Modell, das für eine bestimmte Anwendung trainiert wurde, als Ausgangspunkt für das Training einer anderen Anwendung verwendet.

*Pan, S. J., & Yang, Q. (2010). A survey on transfer learning. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 22(10), 1345–1359*

### Mustererkennung

Die Mustererkennung beschäftigt sich mit den mathematisch-technischen Aspekten der automatischen Verarbeitung von Mustern. Dazu gehören die Klassifikation einfacher Muster und die Analyse komplexer Muster.

*Niemann, Heinrich. Klassifikation von Mustern. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer, 2003*

### Sprachverarbeitung (Natural Language Understanding)

Natural Language Understanding (NLU) bezeichnet das Verstehen natürlicher Sprache durch eine Software. Man kann NLU als Abbildung von Text nach Bedeutung interpretieren.

*siehe z.B. Dan Jurafski and James H. Martin. Speech and Language Processing. Stanford University, 2009*

*Paul Semaan. Natural Language Generation: An Overview. Journal of Computer Science and Research, vol. 1, no. 3, 2012*

### **Autonome Systeme**

Ein autonomes System ist ein System, das in seiner Umwelt für längere Zeitspannen ohne jegliche Form externer Kontrolle agieren kann.

*Rodriguez, M., Bernejo-Alonso, J., Hernandez Corbato, R., Sanz, R. Ontology-driven description and engineering of Autonomous Systems: application to process systems engineering. Computer Aided Chemical Engineering, vol. 30, 2012*

### **Automated Design**

Automated Design ist eine wissensbasierte Methode, die bei der Produktentwicklung verschiedene Konstruktionskonzepte und Echtzeitanwendungen miteinander verbindet.

*(Englisches Original: Design automation is a knowledge-based engineering approach which logically combines various engineering concepts with real time application study during product development.)*

<https://blog.rgbsi.com/cad-customization-design-automation>

*Garnder, P.J. Automation of the Design Process. Proceedings of the 20th ISARC, 2003.*

### **Robotics**

Robotics ist die Wissenschaft oder Technologie von Robotern, ihrem Design, ihrer Herstellung, ihrer Anwendung und ihrem Einsatz.

*Webster's New World College Dictionary, 4th Edition. Copyright © 2010 by Houghton Mifflin Harcourt.*

### **Kognitive Systeme und Assistenten**

Ein kognitives System ist eine neuartige Software- oder Hardwarelösung, die in gewisser Weise Fähigkeiten der menschlichen Intelligenz nachahmt.

[Artificial Intelligence, Blog, Cognitive Computing, 09. Dezember 2016](#)

Kognitive Assistenten stellen rechnergestützte Fertigkeiten, typischerweise basierend auf Sprachverarbeitung, Machine Learning und Schlussfolgerungen in großen Datenmengen, zur Verfügung, die das menschliche Erkenntnisvermögen übertreffen und skalieren.

*(Englisches Original: Cognitive Assistant offers computational capabilities typically based on Natural Language Processing (NLP), Machine Learning (ML), and reasoning chains, on large amount of data, which provides cognition powers that augment and scale human intelligence)*

*Motahari-Nezhad, H.R. Cognitive Assistance at Work. AAAI 2015 Fall Symposium*

### **Prädiktive Systeme**

Prädiktive Systeme verwenden (datenbasierte oder wissensbasierte) Modelle, um die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Ereignisse oder Zustände zu bestimmen.

*Abwandlung von: [https://www.sas.com/en\\_us/insights/analytics/predictive-analytics.html](https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/predictive-analytics.html)*

### **Product & Process Optimization**

Die Prozessoptimierung ist ein planmäßiges Bestreben die Effizienz und die Effektivität in Prozessen zu verbessern. Dabei können Methoden zur Ideenfindung, einmalige Methoden oder kontinuierlich eingesetzte Methoden angewendet werden.

*Dogan E. Prozessoptimierung. Industrial Engineering Vision*

### **New Products & Services**

New Products & Services sind Güter oder Dienstleistungen, die sich in ihren Eigenschaften oder vorgesehenen Nutzen signifikant von bisher produzierten Produkten oder Dienstleistungen einer Firma unterscheiden.

*(Englisches Original: New products are goods and services that differ significantly in their characteristics or intended uses from products previously produced by the firm.)*

*OECD, 2005, "The Measurement of Scientific and Technological Activities: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data: Oslo Manual, Third Edition" prepared by the Working Party of National Experts on Scientific and Technology Indicators, OECD, Paris, para. 158.*

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Methodologie KI-on-Air .....	12
Abb. 2: Qualitative Erhebung .....	13
Abb. 3: Clusterung der KI-relevanten SRIA-Anwendungen.....	16
Abb. 4: Komprimierte Potentialmatrix KI-relevanter Luftfahrtanwendungsfelder .....	22
Abb. 5: Bedeutung der Anwendungsfelder (Online-Umfrage) .....	23
Abb. 6. Autonomous Flight: Clusterung der LF-Problemstellungen .....	25
Abb. 7: Autonomous Flight: KI-Methoden als Antwort auf LF-Problemstellungen.....	27
Abb. 8: U-SPACE   ATM   CNS: LF-Problemstellungen und Relevanz.....	29
Abb. 9: U-SPACE/ATM/CNS: KI-Methoden als Antwort auf LF-Problemstellungen.....	31
Abb. 10. Product & Manufacturing   Structural Health   Materials & Recycling: Clusterung der LF-Problemstellungen .....	34
Abb. 11: Product & Manufacturing   Structural Health   Materials & Recycling: KI-Methoden als Antwort auf LF-Problemstellungen.....	37
Abb. 12: Vielversprechende Use Cases .....	38
Abb. 13: Kompetenzfelder der KI-Organisationen (Online-Umfrage).....	40
Abb. 14: Forschungseinrichtungen mit KI-Bezug in Österreich .....	42
Abb. 15: Top 25% Ranking wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI der österreichischen Forschungseinrichtungen .....	43
Abb. 16: Wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI der österreichischen Forschungseinrichtungen .....	43
Abb. 17: Kompetenzlandkarte Österreichs im Bereich der universitären sowie außeruniversitären Forschung .....	44
Abb. 18: Ranking wissenschaftliche Publikationen im Bereich KI der österreichischen, außeruniversitären Forschung .....	45
Abb. 19: KI-Aktivitätsbereiche in FFG-geförderten Projekten, FFG .....	46
Abb. 20: AI-Landscape Österreich: Verteilung der Unternehmen auf Einsatzgebiete .....	49
Abb. 21: AI Landscape Austria.....	51
Abb. 22: Potential von KI in der Luftfahrt (Online-Umfrage).....	52
Abb. 23: Anwendungsmöglichkeiten für KI in der Luftfahrt (Online-Umfrage).....	53
Abb. 24: KI-Nutzung der Luftfahrt-Organisationen (Online-Umfrage) .....	53
Abb. 25: Umfrageergebnis zu KI-Barrieren .....	60
Abb. 26: Ökosystem .....	66
Abb. 27: Fähigkeiten eines Data Scientisten .....	67

## Abkürzungen

AOC	Air Operation Control
ACARE	Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe
AlaaS	Artificial Intelligence as a Service
AR	Augmented Reality
Art.	Artikel
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BMK.	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
CNS	Communication, Navigation and Surveillance
COLREGS	International Regulations for Preventing Collisions at Sea
DRL	Deep Reinforcement Learnings
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EBS	Electronic Based Systems
F&E	Forschung und Entwicklung
FH	Fachhochschule
GAN	Generative Adversarial Networks
ICAO	International Civil Aviation Organization
IoT	Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
KPI	Key Performance Indicator
LF	Luftfahrt
LFZ	Luftfahrzeug
LSTM	Long Short-Term Memory
MET	Meteorologie
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik
ML	Machine Learning

MRO	Maintenance, Repair and Overhaul
NGI	Next Generation Internet
NLP	Natural Language Processing
NLU	Natural Language Understanding
RTO	Research and Technology Organisations
SESAR	Single European Sky ATM Research
SHM	Structural Health Monitoring
SME	Small and Medium Enterprises
SRIA	Strategic Research and Innovation Agenda
SWIM	System Wide Information Management
UAS	Unmanned Aerial Systems
ULFZ	Unbemannte Luftfahrzeuge
UTM	Unmanned Aircraft System Traffic Management
VR	Virtual Reality

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und  
Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 1 711 62 65-0

[email@bmk.gv.at](mailto:email@bmk.gv.at)

[bmk.gv.at](http://bmk.gv.at)