

Luft- & Raumfahrt

Informieren • Vernetzen • Fördern



**Einmal zum Mond und zurück –
Artemis I startet Rückkehr zum Erdtrabanten**

„Grüner“ Fliegen – Der schwierige Weg zur Nachhaltigkeit im Luftverkehr

Schub für die Raumfahrt in Europa – Die ESA-Ministerratskonferenz 2022

Die Zukunft der Militärluftfahrt – Bahnbrechend, anspruchsvoll, sensibel

Alisa Griebler
DGLR-Kommunikation



Bild: Michael Griebler

Liebe Leserinnen und Leser,

für viele Menschen ist der Start in ein neues Jahr auch immer ein **Neuanfang**. Die Tage werden länger, Frühling und Sommer locken und es liegt ein ganzes Jahr vor uns. Viel Zeit, das Geplante zu erreichen – seien es gute Vorsätze, ein neuer Lebensabschnitt oder spannende Projekte. Egal was vor Ihnen liegt: Es ist immer die richtige Zeit, das Leben zu verändern.

Das Leben verändern möchten auch die hier im Magazin vorgestellten Themen und Projekte: zum Beispiel **Artemis I**. Im November 2022 startete die Mission und läutete damit die Rückkehr zum Mond ein. Insbesondere im Hinblick auf das 50-jährige Jubiläum der letzten Mondmission 1972, *Apollo 17*, ein schönes Zeichen. Neben der Orionkapsel der amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde NASA war mit dem Versorgungsmodul **ESM (European Service Module)** auch die europäische Raumfahrt dabei.

Das ESM ist aber nur eins von vielen Projekten der *Europäischen Weltraumorganisation ESA*. Diese kam im November 2022 mit den VertreterInnen der Mitgliedstaaten und ihren Partnerstaaten zusammen, um die inhaltliche und finanzielle Ausrichtung der ESA für die nächsten Jahre festzulegen. Welche Missionen und Programme damit umgesetzt werden sollen, erfahren Sie in diesem Magazin. Neben konkreten Planungen geht es hier aber auch um weniger greifbare Themen: *Unidentified Aerial Phenomena*, kurz **UAP**, sind unerklärliche Phänomene, deren Ursache zunächst unbekannt bleibt.

Auch die Luftfahrt möchte sich verändern. „Nachhaltigkeit“ ist das Schlüsselwort, das viele aktuelle Projekte und Entwicklungen antreibt. Wie schwierig das ist und welche Hürden zu meistern sind, zeigt der Artikel „Grüner Fliegen“. Die militärische Luftfahrt wandelt sich ebenfalls: Das geplante europäische Kampfsystem **FCAS (Future Combat Air System)** hat Ende 2022 mit dem Start der Demonstrationsphase neuen Schub erhalten. Die neuen und komplexen Anforderungen an solche Systeme stellen große Herausforderungen für jetzige und zukünftige Ingenieurinnen und Ingenieure dar. Außerdem bieten wir in dieser Ausgabe noch einmal eine Plattform für „Frauen in der Luft- und Raumfahrt“: Luft- und Raumfahrtingenieurin **Paloma de la Infiesta** erzählt von ihrem Werdegang und wie wir alle die Vorbilder für Frauen mit entwickeln können.

Was auch immer Ihre Vorhaben für dieses Jahr sind, vergessen Sie nicht, unseren **Deutschen Luft- und Raumfahrtkongress (DLRK)** vom **19. bis 21. September 2023** in Stuttgart mit einzuplanen. Noch bis Ende März können Sie dazu Ihre Vorträge und Poster einreichen und aktiv dabei sein. Auch für das **European Rotorcraft Forum (ERF)**, das dieses Jahr wieder in Deutschland stattfindet, läuft der „Call for Papers“. Seien Sie dabei, gestalten Sie mit. Wir freuen uns auf Sie!

Ihre Alisa Griebler

Inhalt Ausgabe 1/2023

Vorwort 4 – 5

Meldungen 6 – 13

Meldungen Luftfahrt

Wasserstofflabor für Bodenprozesse in Hamburg | 6
A380-Flugtests mit Brennstoffzellen für 2026 geplant 7
Erster erfolgreicher Triebwerkstest mit grünem Wasserstoff | EU erlaubt 5G-Handynutzung im Flugzeug FCAS startet in die Demonstrationsphase | 8
Steigende Preise für Flugtickets in 2023

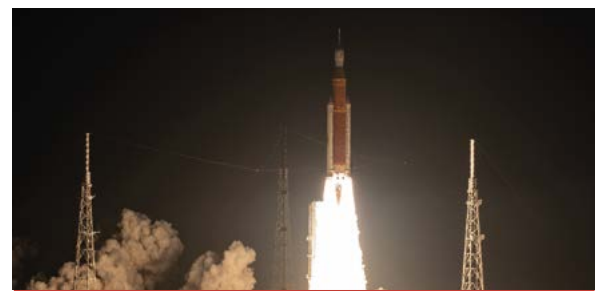
Meldungen Raumfahrt

Neue ESA-Astronautinnen und Astronauten vorgestellt | Revolution in der Wettervorhersage 9
Zweiter Start der Vega-C scheitert | 10
Boeing X-37B nach 908 Tagen zurück auf der Erde Fortschritte bei der Vorbereitung des ersten Ariane-6-Starts | SLS hinterlässt Schäden an der Startrampe

Meldungen DGLR

AAE und DGLR befürworten rechtweisenden Steuerkurs für die Luftfahrt | Dr. Philip Ströer mit dem STAB-Preis 2022 ausgezeichnet 12

Titelthema: **Artemis I** 14 – 17



Luftfahrt 18 – 29

Nachhaltigkeit im Luftverkehr 18 – 21
Die Zukunft der Militärluftfahrt 22 – 25
Frauen in der Luft- und Raumfahrt: Paloma de la Infiesta 26 – 29

Raumfahrt 30 – 41

ESA-Ministerratskonferenz 2022 30 – 37
Unidentified Aerial Phenomena (UAP) 38 – 41

DGLR Bezirksgruppe Leipzig 42 – 43

Nachwuchs IACE 2022 44 – 45

Technischer Artikel 46 – 49

Zielorientiertes Informationsmanagement im Flugzeugcockpit der Zukunft

Veranstaltungen 50 – 53

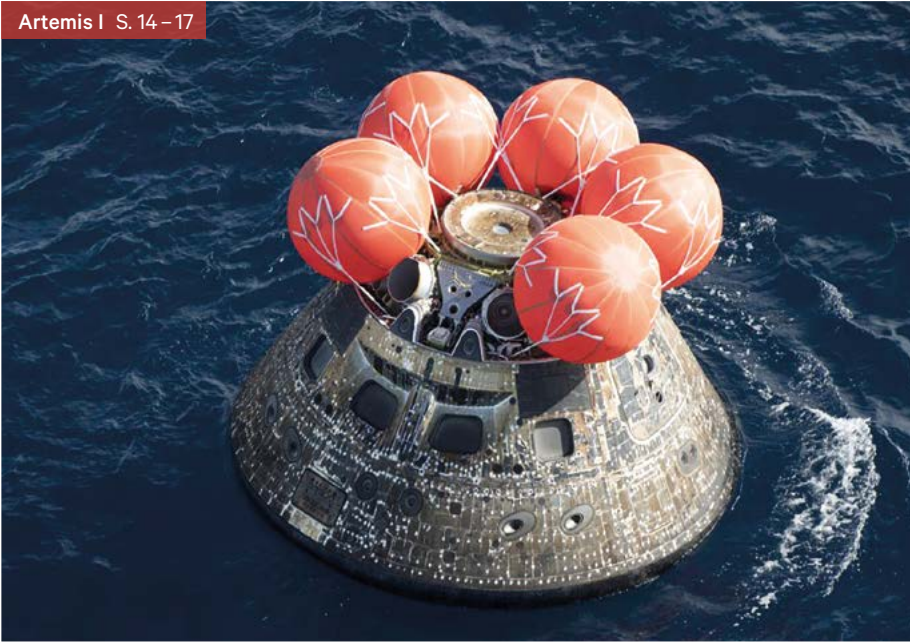
Termine 50

Berichte:
DGLR-Jahrestagung 51
Raumfahrtkonferenz 2022 52 – 53

Personalia Verstorbene 53

Impressum 54

Artemis I S. 14 – 17



Nachhaltigkeit im Luftverkehr S. 18 – 21



Die Zukunft der Militärluftfahrt S. 22 – 25



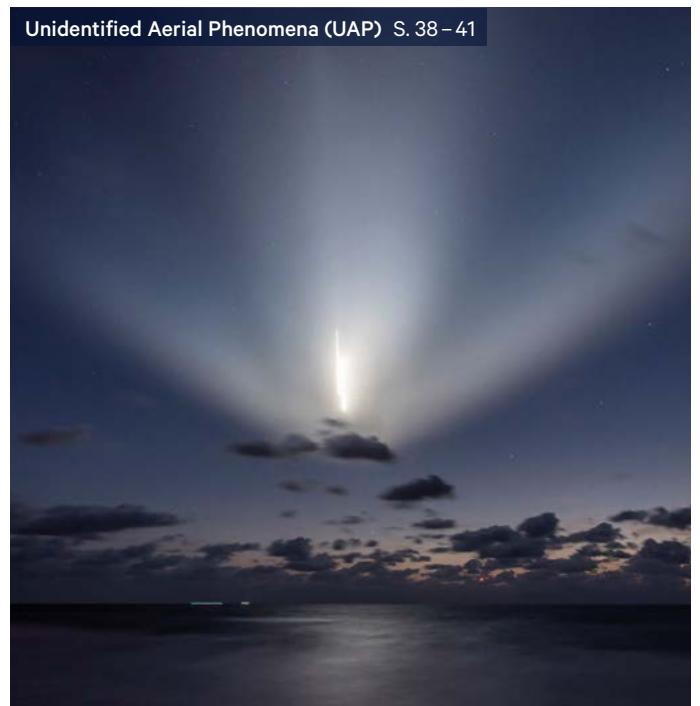
Frauen in der Luft- und Raumfahrt: Paloma de la Infiesta S. 26 – 29



ESA-Ministerratskonferenz 2022 S. 30 – 37



Unidentified Aerial Phenomena (UAP) S. 38 – 41



Sehr geehrte Damen und Herren,

2022 war für uns ein inspirierendes Raumfahrtjahr mit besonderen Highlights. Dazu zählt für mich insbesondere der Start unseres Umweltsatelliten *EnMAP* im April – der erste in Deutschland entwickelte und gebaute Hyperspektralsatellit. Auf internationaler Ebene konnten wir mit dem *James Webb Space Telescope* sowie mit *Artemis I* den Beginn von gleich zwei bahnbrechenden Programmen erleben, die die internationalen Explorationsbestrebungen für die kommenden Jahre und Jahrzehnte prägen werden. Mit dem überwiegend in Deutschland gebauten *European Service Module (ESM)* liefert Europa erstmals ein missionskritisches Element für ein Programm der NASA und leistet so einen Schlüsselbeitrag für Artemis. Die geplante astronautische Rückkehr zum Mond – nach über 50 Jahren – wird deshalb nur mit uns Europäern zu verwirklichen sein. Darauf können wir stolz sein.

Der politische Höhepunkt der europäischen Raumfahrt fand zum Jahresende in Paris statt: Am 22. und 23. November tra-

fen sich die zuständigen Ministerinnen und Minister der 22 Mitgliedsländer der *Europäischen Weltraumorganisation ESA* vor der Kulisse des Eiffelturms, um die Weichen für die europäischen Raumfahrtprogramme der nächsten Jahre zu stellen.

An der Spitze der deutschen Delegation standen Bundeswirtschaftsminister **Dr. Robert Habeck** und die Koordinatorin für die Deutsche Luft- und Raumfahrt, **Dr. Anna Christmann (MdB)**. Begleitet wurden sie von Vertreterinnen und Vertretern des *Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)*, des *Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)* und der *Deutschen Raumfahrtagentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*.

Bereits seit Monaten war die **Ministerratskonferenz** auf allen Ebenen vorbereitet worden. Dieser Einsatz hat sich gelohnt, denn mit einer Gesamtzeichnung in Höhe von rund **16,9 Milliarden Euro** stellen die Mitgliedstaaten der ESA ein Rekordbudget zur Verfügung. **Deutschland** trägt davon



Bild: DLR

Dr. Walther Pelzer
Mitglied des Vorstands des DLR
Leiter der Deutschen Raumfahrtagentur

rund **3,5 Milliarden Euro** (gemischte wirtschaftliche Bedingungen), was einem Anteil von 20,8 Prozent entspricht. Damit bleiben wir vor Frankreich (18,9 Prozent) und Italien (18,2 Prozent) stärkster Partner der ESA. Dieses Engagement zeigt eindrucksvoll, welchen Stellenwert die Bundesregierung der europäischen Raumfahrt beimisst! Vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Gesamtlage ist dies besonders beachtlich.

Die Schwerpunkte der deutschen Zeichnung liegen in den Bereichen **Klimaschutz, Wettbewerb und New Space, Internationale Kooperation** und der **strategischen Unabhängigkeit Europas**.

Raumfahrt ist unverzichtbar, um den Klimaschutz voranzubringen – sei es durch Detektion, Monitoring oder Forschung. Deshalb investiert Deutschland sowohl national als auch in die europäische Erdbeobachtung. Konkret beteiligen wir uns an

- der Fortführung der wissenschaftlichen Erdbeobachtung und den vorbereitenden Aktivitäten in *FutureEO*,
- dem Aufbau der nächsten Generation operationeller Erdbeobachtungssatelliten (Sentinels) im **Copernicus Segment 4**,



Dr. Walther Pelzer (l.) gemeinsam mit Dr. Robert Habeck (m.) und Dr. Anna Christmann (r.) bei der ESA-Ministerratskonferenz 2022 in Paris

- dem Aufbau einer operationellen Mission zur Messung von Windfeldern zur Verbesserung der Wettervorhersagen: **Aeolus-2** und
- dem Aufbau der Klimaberichterstattung: **ClimateSpace + DTE** zur Simulation von Klimadaten.

Darüber hinaus geht es um den Schutz der Erde vor Gefahren aus dem Weltraum und Nachhaltigkeit bei der Nutzung des Welt- raums. Deswegen beteiligen wir uns unter anderem an den Missionen

- **COSMIC** zur Förderung grundlegen- der Technologien für Weltraumschutz und
- **ADRIOS** zur Entfernung bzw. Vermeidung von Weltraumschrott.

Bei den **Trägerraketen** haben wir einen politischen Durchbruch für mehr Wett- bewerb erreicht, denn zukünftig werden private Anbieter von Mini- und Mikrolaunchern an den Ausschreibungen für ESA- Nutzlasten teilnehmen können. Das ist ein Paradigmenwechsel, mit dem wir New

Space und dem europäischen Trägersek- tor neuen Schub verleihen.

Deutschland wird sich auch weiterhin stark in der **Exploration** engagieren. Schwer- punkt bleiben dabei die ESM. Dieses Enga- gement fortzusetzen bedeutet zugleich, die internationale Zusammenarbeit zu stärken. Großprojekte zur Erkundung des Alls erfordern europäische und globale Arbeitsteilung. Das sichert nicht nur den Erfolg, eine derartige „Space Diplomacy“ macht die Raumfahrt darüber hinaus selbst zu einem wichtigen Bereich inter- nationaler Zusammenarbeit.

Wesentlicher Baustein der europäischen Unabhängigkeit bleibt der eigenständige Zugang zum All. Dafür wird die Entwick- lung der **Ariane 6** abgeschlossen und in den Markt eingeführt. Das unterstützen wir in Deutschland auch durch die strate- gische Infrastruktur am Standort Lam- poldshausen. Hinzu kommen weitere Ele- mente, wie der unterstützende Beitrag zum Aufbau eines eigenen europäischen Satel-

litennetzes zur sicheren Kommunikation und die Komponentenunabhängigkeit (EEE, im Rahmen des GSTP, General Sup- port Technology Programme).

Das übergeordnete Ziel Deutschlands ist, die ESA und damit die europäische Raum- fahrt zu stärken. Wir haben damit für die Zukunft gute Grundlagen gelegt. Darauf muss Europa nun aufbauen.

Für Deutschland gilt hier „nach dem Spiel ist vor dem Spiel“, denn zum Auftakt der Konferenz in Paris hat **Deutschland** den **Vorsitz im ESA-Rat** auf Ministerebene von Frankreich übernommen. Wir wollen dieses Amt und die kommenden drei Jahre nut- zen, die europäische Raumfahrt weiter nach vorne zu bringen. Gleichzeitig freuen wir uns schon sehr darauf, die nächste ESA-Ministerratskonferenz in 2025 wieder nach Deutschland zu bringen. ●

Mit besten Grüßen

Dr. Walther Pelzer

MAGAZIN DIGITAL

Lesen Sie die „Luft- und Raumfahrt“ jetzt auch online!

Alle Ausgaben, jederzeit und überall ver- fügbar in Ihrem Mitgliederbereich unter dglr.de/mitgliederbereich/login – als ePaper und PDF.



Wasserstofflabor für Bodenprozesse in Hamburg

Bild: Lufthansa Technik



In der ausgemusterten A320 werden unter anderem Flüssigwasserstofftanks und eine Brennstoffzelle installiert

Flüssigwasserstoff (LH₂) wird zunehmend als Schlüssel für künftige CO₂-neutrale Flugzeuggenerationen betrachtet. Bevor er zum Einsatz kommen kann, muss aber nicht nur an der Technik sondern auch an der Bodeninfrastruktur geforscht werden. Dazu entsteht in Hamburg das *Hydrogen Aviation Lab*, ein ausgemustertes *Airbus A320*, mit dem in den kommenden zwei Jahren umfangreiche Wartungs- und Bodenprozesse im Umgang mit der Wasserstofftechnologie konzipiert und erprobt werden sollen. Das stationäre Labor ist ein Projekt von *Lufthansa*

Technik, dem *Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*, dem *Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung (ZAL)* und dem *Hamburger Flughafen*. Gefördert wird es von der *Hansestadt Hamburg*.

Die Betankung eines Linienfliegers mit flüssigem Wasserstoff würde mit dem heutigen Stand der Technik für einen Langstreckenflug **mehrere Stunden** dauern. Angesichts der eng getakteten Betriebsabläufe der Airlines wäre das kaum praktikabel. In dieser und weiteren Fragen soll

das *Hydrogen Aviation Lab* neue Erkenntnisse und Herangehensweisen liefern und den Konstrukteuren zukünftiger Flugzeuge wertvolle Impulse geben. Die umgebaute A320 wird zwar nicht mehr fliegen, kann aber für die **realitätsnahen Untersuchungen** von Bodenprozessen an verschiedensten Standorten der Lufthansa-Technik-Basis und des Flughafens Hamburg geschleppt werden.

Zum Forschungsprojekt gehört auch die Erstellung eines **digitalen Zwillings** der A320. Mithilfe von Simulationen wollen Forschende so Methoden der vorausschauenden Instandhaltung für die Systeme und Bestandteile zukünftiger Flugzeuggenerationen entwickeln und erproben. Weitere **Forschungsschwerpunkte** sind unter anderem die Themen Kühlung, Isolation, Umgang mit dem sogenannten Boil-Off (Entweichung von Wasserstoffgas) und Sicherheit.

Das *Hydrogen Aviation Lab* ist vorerst bis **2024** geplant, könnte aber im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms bis 2025 fortgesetzt werden. Die erste Indienststellung eines Wasserstoffflugzeugs wird für Mitte des nächsten Jahrzehnts prognostiziert. ●

A380-Flugtests mit Brennstoffzellen für 2026 geplant

Bis etwa 2026 möchte der Flugzeughersteller *Airbus* sein Wasserstoff-Brennstoffzellen-Triebwerk im Flug testen. Am 30. November 2022 kündigte er an, dafür seine multimodale Flugtestplattform nutzen zu wollen – die *A380 MSN001*. Das Flugzeug wird äußerlich so modifiziert, dass es die Brennstoffzellen-Triebwerkskapsel aufnehmen kann, während im hinteren Rumpf des Flugzeugs ein Kryotank mit dem verflüssigten Wasserstoff installiert wird.

Vor zwei Jahren stellte Airbus unter dem Namen „ZEROe“ mehrere mögliche Flugzeugkonzepte für ein erstes **emissionsfreies Verkehrsflugzeug** vor, das bis 2035 in Betrieb gehen könnte. Die Konzepte unterscheiden sich in Größe, aerodynamischen Layouts und Antriebsarchitekturen, werden aber allesamt mit Wasserstoff betrieben. Drei von ihnen verfügen über Trieb-

werke. Das vierte ZEROe-Konzeptflugzeug verfügt über sechs achtblättrige **Propeller**, die an Triebwerkskapseln befestigt sind. Sie sehen aus wie Turboprop-Triebwerke, enthalten aber Wasserstoff-Brennstoffzellen, die durch eine elektrochemische Reaktion Strom für den Antrieb von Elektromotoren erzeugen.

Bis circa 2026 sollen diese nun im Flug getestet werden. Die A380 sei ein sehr stabiles Flugzeug, so Airbus. Daher stelle die über dem Stummel am hinteren Rumpf angebrachte Gondel kein großes Problem dar. Außerdem beeinträchtigten die Luftströme des Pods und seines Propellers nicht die Luftströmung über den Heckflächen der A380, erklärte der Hersteller. Während der größte Teil der Ausrüstung außerhalb des Flugzeugs installiert wird, befindet sich im Inneren des Flugzeugs das sogenannte „Zelt“. Das ist ein zehn

Meter langes und vier Meter breites **Gehäuse**, in dem bis zu vier kryogene Tanks für den Flüssigwasserstoff untergebracht werden. Mit diesem Ansatz wird das Risiko vermieden, dass Wasserstoff in den Hauptinnenraum der A380 gelangt, da sich auch alle Wasserstoffleitungen des Tanks innerhalb der schützenden Zeltumgebung befinden werden. ●



Bild: Airbus S.A.S. 2022

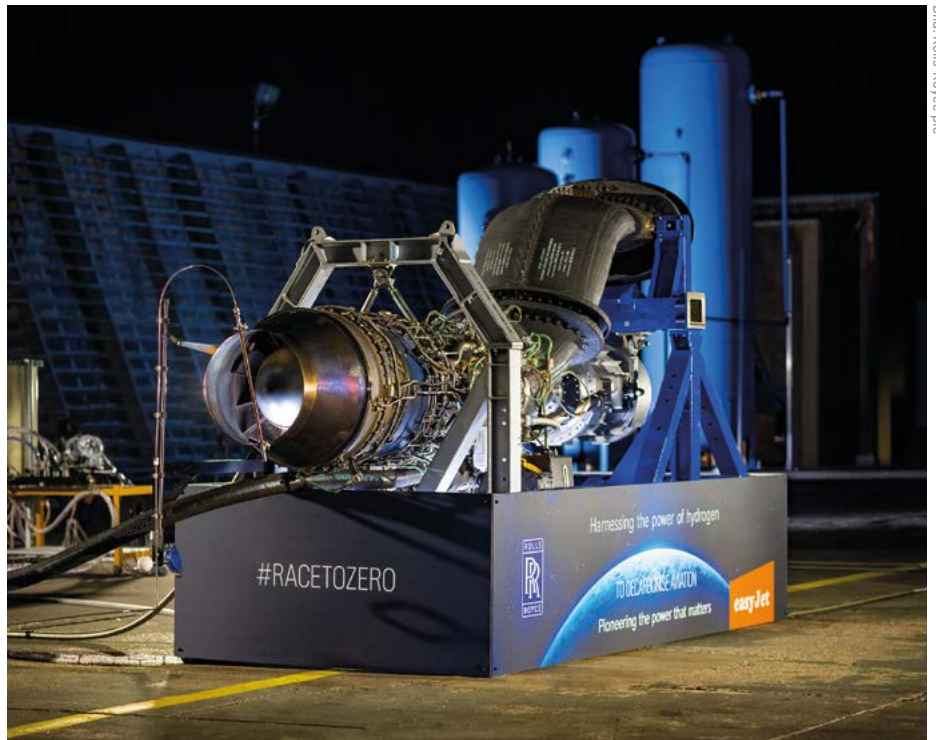
Airbus plant bis circa 2026 A380-Flugtests zur Technologieerprobung der „ZEROe“-Konzepte

Erfolgreicher Triebwerkstest mit grünem Wasserstoff

Am 28. November 2022 haben *Rolls-Royce* und *easyJet* den ersten erfolgreichen Test eines Triebwerks mit grünem Wasserstoff verkündet. Der Test sei ein entscheidender Schritt, um zu zeigen, dass Wasserstoff als klimaneutraler Flugzeugtreibstoff der Zukunft in Frage komme. Auch sehen die Unternehmen ihn als wichtigen Beleg für ihre Dekarbonisierungsstrategien. Der Triebwerkshersteller und die Airline hatten im Juli 2022 ihre Partnerschaft bekanntgegeben.

Der Bodentest fand auf einem Außenprüfstand des britischen Verteidigungsministeriums in Boscombe statt. Getestet wurde ein umgebautes *AE-2100-A-Regionalflugzeug-Triebwerk* von *Rolls-Royce*. Der genutzte Wasserstoff entstand mithilfe erneuerbarer Energien in der Wasserstoffproduktions- und Gezeitentestanlage des *European Marine Energy Centre (EMEC)* auf Eday, Orkney-Inseln, nördlich von Großbritannien.

Mit ihren Tests möchten die Unternehmen nachweisen, dass Wasserstoff eine sichere und effiziente Energiequelle für zivile Flugzeugtriebwerke ist. Nach der Analyse der Bodentests im November soll eine



Das AE-2100-A-Triebwerk auf dem Prüfstand im britischen Boscombe

Reihe weiterer Prüfstandtests folgen. Später soll auch ein *Pearl-15-Triebwerk* von *Rolls-Royce* mit Wasserstoff am Boden erprobt werden. Das langfristige Ziel sind Flugtests mit einem Wasserstoffantrieb.

Die Zusammenarbeit wurde von der Kampagne der Vereinten Nationen „Race to Zero“ inspiriert, innerhalb derer sich die beiden Unternehmen verpflichten, bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen. ●

EU erlaubt 5G-Handynutzung im Flugzeug

Vor dem Abflug muss das Handy in den Flugmodus. Das ist vielleicht bald nicht mehr nötig. Denn die *Europäische Union (EU)* hat zukünftig den Betrieb von Handys im 5G-Netz an Bord erlaubt. Damit haben Airlines nun die Möglichkeit, in ihren Flugzeugen sogenannte *Picozellen* zu installieren. Das sind Funkzellen, in die sich der Fluggast einwählen kann – ähnlich einem herkömmlichen Sendemast. Die Satellitenverbindung des Flugzeugs schickt dann das Signal zum Mobilfunknetz auf dem Boden.

In den USA warnt die Zivilluftfahrtbehörde *FAA (Federal Aviation Administration)* noch vor den Gefahren: Es bestünde das Risiko, dass die Funkstrahlung des 5G-Netzes mit der des *Radarhöhenmessers* interferieren könnte. Mit dem Radarhöhenmesser kann die Pilotin oder der Pilot die Flughöhe über dem Boden messen. Dafür sendet das Gerät über eine Antenne an

der Rumpfunterseite des Flugzeugs ein Funksignal zum Boden und misst dessen Laufzeit. Dabei können Fehlmessungen im Landeanflug ein großes Sicherheitsrisiko darstellen. Grund für die größere Vorsicht in den USA ist der dortige *Frequenzbereich* des 5G-Netzes. Während dieser in Europa zwischen 3,4 und 3,8 Gigahertz liegt, beträgt er in den USA 3,7 bis 3,98 Gigahertz. Damit ist er deutlich näher am Frequenzbereich des *Radarhöhenmessers* zwischen 4,2 und 4,4 Gigahertz.

Dieser Umstand sorgte Anfang 2022 für Probleme in den USA. Die *FAA* verhängte Einschränkungen für bestimmte Flugzeugtypen und Flughäfen und die dortigen Mobilfunkanbieter durften ihre 5G-Dienste um die Flughäfen herum nicht vollständig ausrollen. Doch die US-Fluggesellschaften rüsten inzwischen nach. Sie haben mit der Installation von *ERT530R*- und *ERT540R-Höhenmessern* begonnen,

die gegen die Interferenzen des 5G-Netzes immun sind. Diese Höhenmesser der Firma *Thales* waren erst im Juli und September 2022 von der europäischen Flugsicherheitsagentur *EASA (European Aviation Safety Agency)* zugelassen worden. Sie nutzen einen Bandfilter, der Signale innerhalb bestimmter Frequenzen isoliert. ●



Der Flugmodus von Mobilgeräten im Flugzeug könnte bald der Vergangenheit angehören

FCAS startet in die Demonstrationsphase

Am 15. Dezember 2022 hat die französische Generaldirektion für Rüstung (DGA) den Auftrag für die Demonstrationsphase 1B des europäischen *Future Combat Air System (FCAS)* an Dassault Aviation, Airbus, Indra, Eumet und ihre Industriepartner vergeben. Der Vertrag im Wert von **3,2 Milliarden Euro** umfasst die Arbeiten am Demonstrator des zukünftigen Luftkampfsystems und seinen Komponenten über einen Zeitraum von etwa dreieinhalb Jahren.

Nach längeren Abstimmungen zwischen Deutschland, Frankreich und Spanien kann es somit jetzt weitergehen. Als Wegbereiter für die Entwicklungsphase des Programms wird diese nächste Phase die Fortsetzung der fliegenden Demonstratoren und die erforderliche Entwicklung und Reifung von Spitzentechnologien sowie die Konsolidierung der Projektarchitekturen ermöglichen. Die Flugdemonstrationen sind für die nächste Phase zwischen 2028 und 2029 geplant.

FCAS besteht aus einer Reihe von Systemen: **Kampfflugzeuge** der neuen Generation, die mit ferngesteuerten **unbemannten Trägern** zusammenarbeiten und über eine *Combat Cloud* verbunden sind. Um den Herausforderungen eines solchen Programms gerecht zu werden, wurde eine industrielle Organisation geschaffen, die auf technologischen Säulen aufbaut. Jede

Säule steht unter der Leitung eines Hauptverantwortlichen. Zusätzlich zu ihrer Hauptrolle pro Säule fungieren Airbus, Dassault Aviation und Indra als nationale Koordinatoren innerhalb ihres Landes.

FCAS soll ab **2040** einsatzfähig sein und unter anderem den deutschen *Eurofighter* und die französische *Rafale* ablösen. ●



Bild: Airbus

FCAS ist ein Systemverbund fliegender Systeme, in das ein neues Kampfflugzeug eingebunden ist

Steigende Preise für Flugtickets in 2023

Der Aufwärtstrend der letzten Jahre setzt sich für **Flugticketpreise 2023** fort. **Faktoren wie Inflation, steigende Treibstoffkosten und mehr Reiselust** lassen die Preise auch dieses Jahr weltweit ansteigen. Die Preisänderungen sind jedoch je nach **Region, Airline und Buchungszeiten** sehr variabel.

Nachdem die Flugpreise bereits in 2022 teilweise stark angestiegen waren, müssen Flugreisende auf bestimmten Strecken auch 2023 **deutlich höhere Preise** bezahlen. Nach Berechnungen von *American Express Global Business Travel (Amex GBT)* wird der erneute Preisanstieg inner-europäischer Flüge im **Low-Cost-Segment** am deutlichsten spürbar sein. Wo Reisende im Herbst 2019 noch 44 bis 111 Euro für Flüge innerhalb Europas mit Fluggesellschaften wie *Ryanair, easyJet, Eurowings* und *Wizz Air* zahlten, lag die ermittelte Preisspanne im Herbst 2022 schon zwischen 68 und 119 Euro. Die Auswertung aktueller Daten ergab für 2023 eine zusätzliche Erhöhung von 6 Prozent für Businessflüge und 5,5 Prozent für die Economyklasse.

Die im Vergleich zu anderen Staaten späte Aufhebung der Covid-19-Reisebeschränkungen in Asien wird auf Strecken zwischen **Europa** und **Asien** vermutlich für einen Anstieg um bis zu 12 Prozent bei Economyflügen und etwa 7,6 Prozent bei Businessflügen sorgen. Zwischen **Asien** und **Nordamerika** sollen die Ticketpreise insgesamt um 5,6 Prozent in der Business- und 9,8 Prozent in der Economyklasse steigen. Von **Nordamerika** nach **Europa** und zurück wird der Anstieg der Ticketpreise etwas moderater erwartet – im Durchschnitt um 3,7 Prozent höher. Bei **nordamerikanischen Inlandsflügen** hält sich die Preissteigerung für Flugtickets ebenfalls in Grenzen – 3,4 Prozent in der Business- und 2,9 Prozent in der Economyklasse. Richtig teuer sollen Businessklasseflüge innerhalb **Australiens** werden. Hier prognostiziert Amex GBT eine Preissteigerung von 19,4 Prozent.

Es gibt aber auch **gegenläufige Entwicklungen**. So berichtet der *ADAC Deutschland*, dass Flugtickets der *TAP Air Portugal* und des türkischen Billigfliegers *Pegasus Airlines* gegenüber 2022 um mehr als

20 Prozent **billiger** sind. Auch eine aktuelle Studie des *Instituts für Flughafenwesen und Luftverkehr des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)* ermittelt Preise im Low-Cost-Bereich. Während ein Flugendpreis für eine kurzfristige Reise am nächsten Tag mittlerweile mehr als **300 Euro** betragen kann, gibt es bei längerfristigen Vorausbuchungen im Durchschnitt kaum Veränderungen zu 2022. ●



Bild: pixabay/Joshua Worniecki

Eine flexible Wahl der Reisetage ermöglicht oft günstigere Preise

Neue ESA-Astronautinnen und Astronauten vorgestellt

Am 23. November 2022 hat die Europäische Weltraumorganisation ESA ihre neuen Astronautinnen und Astronauten vorgestellt. Aus über 22.500 Bewerbenden aus allen Mitgliedstaaten wurden fünf Karriereastronautinnen und -astronauten, elf Mitglieder einer Astronautenreserve und ein Astronaut mit einer Behinderung ausgewählt. ESA-Generaldirektor **Josef Aschbacher** stellte sie im Grand Palais Éphémère in Paris im Anschluss an die ESA-Ministerratskonferenz vor.

Zu den fünf Ausgewählten zählen die Französin **Sophie Adenot**, der Spanier **Pablo Álvarez Fernández**, die Britin **Rosemary Coogan**, der Belgier **Raphaël Liégeois** und der Schweizer **Marco Alain Sieber**. Zum ersten Mal hat die ESA auch einen Reservecandidaten eingerichtet. Dieser setzt sich aus Kandidatinnen und Kandidaten zusammen, die das Auswahlverfahren erfolgreich durchlaufen haben, aber derzeit nicht eingestellt werden können. Die Reserveastronautinnen und -astronauten bleiben erst einmal bei ihren Arbeitgebern, erhalten



Die neue Astronautenklasse wurde im Anschluss an die ESA-Ministerratskonferenz in Paris vorgestellt

einen Beratervertrag und eine Grundversorgung. Wenn sich eine Nachrückmöglichkeit ergibt, beginnen sie mit der Grundausbildung. Unter ihnen befinden sich auch zwei Deutsche: **Amelie Schönnenwald** und **Nicola Winter**.

Erstmals suchte die ESA auch einen sogenannten „Para-Astronauten“ mit einer körperlichen Behinderung. Zugelassen waren Menschen mit Unterschenkel- oder Fußprothese, einer Körpergröße von weniger als 130 Zentimetern oder solche mit unterschiedlichen Beinlängen. Hier setzte sich der Brite und ehemalige Paralympics-

Sprinter **John McFall** durch. McFall verlor sein rechtes Bein ab dem Knie bei einem Motorradunfall im Alter von 19 Jahren.

Für die neuen Astronautinnen und Astronauten startet die Ausbildung im Europäischen Astronautenzentrum (EAC) in Köln. Nach Abschluss der zwölfmonatigen Grundausbildung treten sie in die nächste Ausbildungsphase ein, die sie auf die Arbeit auf der Internationalen Raumstation ISS vorbereitet. Sobald sie einer Mission zugeteilt sind, erhalten sie eine weitere Ausbildung, in der sie für die spezifischen Missionsaufgaben trainieren. ●

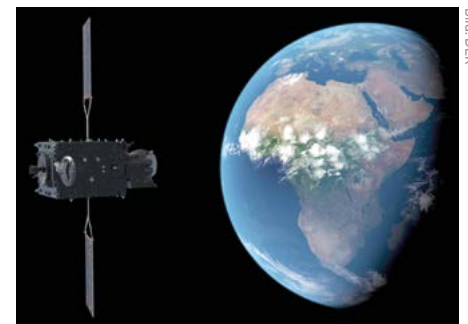
Revolution in der Wettervorhersage

Das geostationäre Satellitensystem *Meteosat Third Generation (MTG)* des Europäischen Wettersatellitenbetreibers EUMETSAT und der Europäischen Weltraumorganisation ESA soll die seit 1977 kontinuierliche Wetterbeobachtung aus dem Weltraum fortführen und verbessern. Am 13. Dezember 2022 wurde der erste von insgesamt sechs Satelliten der neuesten Generation in seine Umlaufbahn gebracht. Sobald die neuen Satelliten ihren Betrieb aufgenommen haben, können physikalische Phänomene wie Winde und Blitze wesentlich genauer beobachtet werden, um Wettervorhersagen noch zuverlässiger zu machen.

Der Satellit *Meteosat Third Generation Imager (MTG-I1)* hob am 13. Dezember 2022 um 21:30 Uhr mitteleuropäischer Zeit (MEZ) mit einer *Ariane-5-Trägerrakete* vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guayana ab. MTG-I1 ist einer der vier „Imager“-Satelliten, die abbildende Instrumente mit sich tragen. Zwei weitere Satelliten haben spektroskopische Instrumente an Bord, die sogenannten

Sounder (MTG-S1 und S2). Das gesamte Satellitensystem MTG soll zukünftig eine doppelt so hohe zeitliche und räumliche Auflösung sowie eine hundertfach höhere Datenrate für die Wettervorhersage produzieren als die älteren MSG-Satelliten (Meteosat Second Generation). In den Imager-Satelliten wurden zwei völlig neue Instrumente integriert: ein *Lightning Imager* und ein *Flexible Combined Imager (FCI)*. Der Lightning Imager wird kontinuierlich **Blitzentladungen** in den Wolken sowie zwischen Wolken und Boden erfassen. Mit 16 Spektralkanälen und einer Auflösung von 500 bis 2.000 Metern, je nach Kanal und Betriebsmodus, kann der FCI im sogenannten *Rapidscan-Modus* Europa in nur 2,5 Minuten mit erhöhter geometrischer Auflösung abschnappen.

Während seiner rund zehnjährigen Missionszeit soll der Satellit aus einer geostationären Umlaufbahn außerdem Daten über **Wettergeschehnisse** wie Sonneneinstrahlung, Windverhältnisse und Starkregenereignisse über Europa und Afrika liefern. Neben einer frühzeitigen Erfassung



MTG-I1 mit geöffneten Solargeneratoren in seinem Zielorbit

von Gewittern sollen mit den MTG-I1-Daten auch Nebel und Waldbrände automatisch erkannt werden. Somit können zum Beispiel große Unwetter früher und genauer vorhergesagt, der Luftverkehr besser und ökonomischer geplant werden und die Landwirtschaft den optimalen Zeitpunkt für die Ernte leichter festlegen.

Etwa ein Jahr nach dem Start beginnt die Betriebsphase von MTG-I1, dann unter dem Namen *Meteosat-12*. Ab diesem Zeitpunkt werden die Datenprodukte innerhalb weniger Minuten nach der Aufnahme an alle europäischen Wetterdienste übermittelt. ●

Zweiter Start der Vega-C scheitert

Bild: ESA-CNES-Arianespace/Optique video du CSG – S. Martin



Im Juli 2022 absolvierte die neue Vega-C erfolgreich ihren Erstflug

Der erste kommerzielle Start der neuen europäischen Trägerrakete *Vega-C* ins All ist gescheitert. Am 21. Dezember 2022 sollte die Rakete zwei Satelliten von *Airbus Defence and Space* ins All bringen. In etwa 100 Kilometer Höhe kam die Rakete von ihrem Kurs ab. Ein erster Start der Vega-C-Rakete am 13. Juli 2022 war noch erfolgreich gewesen.

Etwa zwei Minuten und 27 Sekunden nach dem Start vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou, Französisch-Guyana, traten beim Triebwerk *Zefiro 40* der italienischen Firma *Avio* Unregelmäßigkeiten auf. Beobachtet wurde ein **Druckabfall** der zweiten **Feststoffstufe** der Rakete, der vermutlich zum vorzeitigen Ende der Mission führte. Die französische Raumfahrtagentur *CNES* ordnete gemäß den Standardverfahren die Zerstörung der Trägerrakete an, die daraufhin ins Meer stürzte. Der Starttermin für die Mission war ursprünglich für den 24. November 2022 vorgesehen. *Arianespace* verschob den Start jedoch um fast einen Monat, um problematische Tei-

le an der Rakete auszutauschen. Unter anderem musste die Nutzlastverkleidung geöffnet werden. Datenanalysen und eine Expertenkommission sollen jetzt nach dem Grund für den Fehlschlag suchen.

Die von *Arianespace* für die *Europäische Weltraumorganisation ESA* entwickelte vierstufige und 35 Meter hohe Vega-Rakete sollte zwei **Erdbeobachtungssatelliten** in die Umlaufbahn bringen. Die Flugkörper *Pleiades Neo 5* und *6* sollten die gleichnamige Konstellation von *Airbus Defence and Space* vervollständigen, die in der Lage gewesen wäre, mehrmals täglich Bilder von jedem Punkt der Erde mit einer Auflösung von 30 Zentimetern aufzunehmen.

Die Vega-C-Rakete ist eine **Weiterentwicklung** der Vega-Rakete und in der Lage, 800 Kilogramm mehr Last auf Umlaufbahnen in unterschiedliche Höhen zu befördern als ihre Vorgängerin. Insgesamt sind bis einschließlich 2025 gut ein Dutzend Starts der Vega-C geplant. ●

Boeing X-37B nach 908 Tagen wieder zurück auf der Erde

Der wiederverwendbare, autonome Raumgleiter *Boeing X-37B* der *U.S. Space Force*, der Raumfahrtabteilung der US-Streitkräfte, ist am 14. November 2022 nach 908 Tagen im Orbit wieder gelandet. Der Gleiter war am 17. Mai 2020 mit einer *Atlas-V-Trägerrakete* von Cape Canaveral aus zu seiner sechsten Mission gestartet. Erstmals führte er ein **Service-Modul** mit sich, mit dem die Nutzlasten und damit die Anzahl der Experimente erhöht werden konnten.

Das im All mit Solarenergie angetriebene **Orbital Test Vehicle (OTV)** führte Experimente mit sich, die im Weltraum durchgeführt und für weitere Untersuchungen zurück auf die Erde gebracht wurden. Darunter ein Experiment zum Thema **Solarenergie** des *Naval Research Laboratory (NRL)*. Dieses testete, inwiefern Sonnenstrahlen in Mikrowellenenergie umgewandelt und als Strom zur Erde übertragen werden können. Das **METIS-2-Experiment (Materials Exposure and Technology Innovation in Space)** der amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde *NASA* wieder-

um untersuchte Auswirkungen der **Mikrogravitation** auf verschiedene Materialien. Außerdem soll die *NASA* den Einfluss der auf dem OTV herrschenden Bedingungen auf Saatgut untersucht haben. Mit diesen und weiteren Experimenten, zu denen sich Boeing bislang bedeckt hält, sollen im Auftrag der *NASA* Vorbereitungen für interplanetare Missionen und permanente Basen im Weltall getroffen werden.

Die X-37B setzte zudem den von der *US Air Force Academy* in Zusammenarbeit mit dem *Air Force Research Laboratory (AFRL)*

entwickelten und gebauten Satelliten **FalconSat-8** im Oktober 2021 im Orbit aus. Der Satellit wird ein neuartiges elektromagnetisches Antriebssystem, eine Antennentechnologie mit geringem Gewicht und ein kommerzielles Reaktionsrad für die Lageregelung in der Umlaufbahn testen. Welchen sonstigen militärischen Aufgaben die Missionen des X-37B nachkommen, ist nicht bekannt. Seit dem ersten Start im Jahr 2010 hat der wiederverwendbare Raumgleiter mehr als zwei Milliarden Kilometer zurückgelegt und insgesamt 3.774 Tage im Erdorbit verbracht. ●



Bild: Boeing / U.S. Space Force

Der Raumgleiter Boeing X-37B nach seiner Landung am Kennedy Space Center in Florida

Fortschritte bei der Vorbereitung des ersten Ariane-6-Starts

Drei Jahre später als ursprünglich vorgesehen soll die neue europäische Träger Rakete *Ariane 6* Ende 2023 zum ersten Mal starten. Voraussetzung für den Erstflug ist, dass die Tests bis dahin planmäßig verlaufen. Jüngste Tests waren bereits erfolgreich.



Mitte Oktober 2022 stand die erste fertige Ariane 6 für die kombinierten Tests auf der neuen Startrampe auf dem europäischen Weltraumbahnhof in Kourou, Französisch-Guayana

Für die Verzögerung gebe es nicht den einen Grund, versicherten Verantwortliche der *Europäischen Weltraumorganisation ESA*, der *ArianeGroup*, der französischen Raumfahrtagentur *CNES* und von *Ariane-space*. **Daniel Neuenschwander**, ESA-Direktor für Raumfahrzeugträger, nannte mehrere **Faktoren**: die Einführung der *Auxiliary Power Unit* in das wiederzündbare Oberstufentriebwerk *Vinci*, Probleme mit den kryogenen Armen am neuen Startplatz *ELA-4* des europäischen Weltraumbahnhofs in Kourou, Französisch-Guayana, die Oberstufentests auf dem neuen Prüfstand in Lampoldshausen, die kombinierten Tests und nicht zuletzt Covid-19. Einige wichtige Meilensteine auf dem Weg zum Erstflug der neuen europäischen Träger Rakete seien nun aber zu verzeichnen.

So wurde ein erster **Heißlaufstest** der kompletten Oberstufe Anfang Oktober 2022 auf dem Prüfstand des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)* in Lampoldshausen erfolgreich gestartet. Beim ersten Durchlauf, der im Auftrag des

deutsch-französischen Raketenbauers *ArianeGroup* durchgeführt wurde, standen das Befüllen der Stufe mit kryogenen Treibstoffen sowie ein Test des wiederzündbaren *Vinci*-Triebwerks im Fokus. Geprüft wurden zudem alle zur Oberstufe gehörenden Systeme wie die Flugsoftware und die Simulation der Vor- und Nachbereitung der Stufe. Insgesamt sind bis zu drei Heißlaufstests der Oberstufe geplant.

Parallel dazu liefen die kombinierten Tests mit **Haupt- und Oberstufe** in Kourou. Zwischen der Startrampe und der Trägerrakete, bestehend aus Haupt-, Oberstufe, vier Feststoffboostern und dem oberen, 6,20 Meter langen Raketenteil, wurden bereits mechanische, elektrische und Flüssigkeitsverbindungen hergestellt. Das Programm wird nun mit der statischen Zündung der Kernstufe fortgeführt, um alle Schnittstellen und die Kommunikation zwischen der Ariane 6 und der neuen *ELA-4*-Startrampe zu testen. Auch die Flugsoftware und die Software des Leitstands werden dabei untersucht. ●

SLS hinterlässt Schäden an der Startrampe

Am 16. November 2022 startete die *Artemis-1-Mission* der amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde *NASA* und schickte das unbemannte *Orion*-Raumschiff auf der neuen Schwerlast Rakete *Space Launch System (SLS)* erfolgreich ins All. Nach mehrmaligem Umrunden des Mondes legte das Raumschiff am 11. Dezember eine ebenso erfolgreiche Landung im Pazifik hin. Auf der Startanlage in Cape Canaveral hingegen hinterließ die stärkste Trägerrakete, die je gebaut wurde, zwar unschöne, aber eingeplante Spuren.

„3, 2, 1, booster-ignition!“ hieß es in Cape Canaveral, Florida, wo die SLS vom *Launch Complex 39B*, ein mobiler Starttisch mit Versorgungsturm, am 16. November abhob. Kurz danach wurden am Launchpad **Schäden** identifiziert. Die Rakete mit einem Startschub von 39.144 Kilonewton hinterließ kleinere Schäden an den **Versorgungskabeln** und dem **Zugangsarm** für die Besatzung des mobilen Launchers.

Die meisten Schäden seien auf dem „Zero Deck“, der unteren Ebene des Launchpads

entstanden. Dort herrschen beim Start Temperaturen von rund 1.650 Grad Celsius. Um die Plattform zu schützen und Schall zu unterdrücken, werden riesige Mengen Wasser auf die Flammabweiser gepumpt. Hier wurden die Ränder des Flammengrabs beschädigt. Lecks an den pneumatischen Leitungen für gasförmigen Stickstoff und gasförmiges Helium führten dazu, dass die Sauerstoffsensoren auf der Rampe niedrige Sauerstoffwerte anzeigten, die die Teams inzwischen isoliert haben. Zudem ist durch den entstandenen Druck beim Start das Aufzugsystem stark in Mitleidenschaft gezogen worden, das zur Durchführung von Wartungsarbeiten an der Startrampe verwendet wurde.

Für die **Inspektion** des rund 110 Meter hohen Turms musste das Team daher die 662 Stufen der Treppe benutzen, was die Inspektionszeit verlängerte. Die Aufzüge werden für mehrere Monate außer Betrieb bleiben müssen, um die Reparaturen abzuschließen. Weiterhin wurden zwei Kameras zerstört und der Lack der mobilen Startrampe hat sich aufgrund der Hitze teilweise abgelöst.

Dennoch wurden Schäden von dieser Größenordnung bei der *Artemis*-Mission mit eingeplant. So wird die mobile Startrampe wieder rechtzeitig funktionstüchtig sein, um 2024 für die geplante *Artemis-2*-Mission, dann mit Besatzung, modifiziert und getestet zu werden. ●



An dieser Stelle treffen die rund 1.650 Grad heißen Abgase der Feststoffbooster auf die Plattform des Mobile Launcher

AAE und DGLR befürworten rechtweisenden Steuerkurs für die Luftfahrt

Ein einfacher Magnetkompass richtet sich nach dem magnetischen Norden aus. Dieser wandert jedoch und weicht zunehmend vom „wahren“ Norden ab. Obwohl es inzwischen bessere Systeme zur Richtungsbestimmung gibt, sind einige Anwendungen in der Luftfahrt noch immer vom magnetischen Norden abhängig. In einer gemeinsamen Stellungnahme haben sich die *Académie de l’Air et de l’Espace (AAE)* und die *Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)* nun für die Umstellung von magnetischer zu rechtweisender Referenz im Luftraum ausgesprochen. Damit sollen, unter anderem, wiederkehrende Kosten vermieden werden. Die weltweite Änderung auf die sogenannte wahre Kursinformation bis 2030 sei ein erreichbares Ziel.

Bis zur Verfügbarkeit von Inertialreferenzsystemen und der globalen Satellitennavigation waren **Magnetkompass** und **Magnetfeldsonde** (flux valve) die einzigen Instrumente, die Kursinformationen liefern konnten. Heute werden **magnetische**

Referenzen zum Beispiel noch bei Strecken zwischen Wegpunkten und bei der Orientierung von Start- und Landebahn eingesetzt. Die Folge: **Diskrepanzen** zwischen magnetischen und rechtweisenden Referenzen führen zu Fehlerquellen, Komplexität und wiederkehrenden Kosten. So müssen zum Beispiel die Markierungen auf den Start- und Landebahnen regelmäßig neu gesetzt und Schilder ausgetauscht werden.

Heute rufen Flugzeuge ihre Track- (und Kurs-)Informationen weitgehend unter Verwendung der **rechtweisenden Referenz** ab. Damit können sie bei einer Umstellung ohne wesentliche Änderungen fliegen. Für Betreiber und Flugsicherungsorganisationen würde der Ausbau **einmalige Investitionen** erfordern. Unter diesen Voraussetzungen empfehlen AAE und DGLR den rechtweisenden Steuerkurs **weltweit** zu etablieren. Um eine Umstellung erfolgreich zu gestalten, müssen alle relevanten Beteiligten wie Flugsicherungsorganisationen, Fluggesellschaften, Berufspilotenorgani-

sationen, Betreiber der allgemeinen Luftfahrt und staatliche Betreiber, Zivilluftfahrtbehörden, die *European Aviation Safety Agency (EASA)*, Flughafenbetreiber, Flugzeug- und Avionikhersteller und internationale Organisationen informiert, einbezogen und dazu aufgerufen werden, die Umstellung aktiv zu fördern.

Das vollständige AAE/DGLR-Positionspapier gibt es unter: <https://www.dglr.de/informieren/publikationen/aaedglr-positionspapire>



Bild: Pixabay/Zorjst

Flugzeuge fliegen bereits mit der rechtweisenden Referenz, Start- und Landebahnen werden hingegen noch nach dem magnetischen Norden markiert

Dr. Philip Ströer mit dem STAB-Preis 2022 ausgezeichnet

Die Strömungsmechanik ist eine wesentliche wissenschaftliche Grundlage für die Luft- und Raumfahrt. Die *Strömungsmechanische Arbeitsgemeinschaft (STAB)* in der *Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)* zeichnet daher alle zwei Jahre herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Strömungsmechanik aus. Dieses Jahr ging der STAB-Preis an **Dr. Philip Ströer** für seine Arbeiten „Stability-Based Transition Transport Modeling for Unstructured Computational Fluid

Dynamics Including Convection Effects“, „Stability-Based Transition Transport Modeling for Unstructured Computational Fluid Dynamics at Transonic Conditions“ und „Galilean-Invariant Stability-Based Transition Transport Modeling Framework“.

Ströer arbeitet am *Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik* des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)* im *Center for Computer Applications in AeroSpace Science and Engineering (C²A²S²E)*. Der STAB-Preis ist mit 5.000 Euro dotiert und wurde anlässlich des STAB-Symposiums vom 9. bis 10. November 2022 an Ströer überreicht. Mit dem STAB-Preis werden neue und zukunftsweisende Forschungs- und Entwicklungsergebnisse sowie Beiträge zu deren Umsetzung ausgezeichnet. **Preiswürdig** sind experimentelle, numerische und theoretische Arbeiten sowie deren Transfer in technische Anwendungen. **Bewerben** können sich Einzelpersonen oder Arbeits-

gruppen. Die eingereichten Bewerbungen werden durch eine von der Programmleitung der STAB berufene Jury vergleichend bewertet.

Die STAB wurde 1979 auf Initiative der DGLR gegründet. Sie entstand aus „dem gemeinschaftlichen Bestreben, die Strömungsforschung in Deutschland generell zu fördern und durch Konzentration auf ein wirtschaftlich und forschungspolitisch zukunftssträchtiges Teilgebiet zu vertiefen“. In der STAB schließen sich alle wichtigen Gebiete der Strömungsmechanik – insbesondere die der Luft- und Raumfahrt – aus Grundlagenforschung, Großforschung und Industrie in Deutschland zusammen. Dabei sind also nicht nur diejenigen angesprochen, die sich mit den traditionellen Themen der Strömungsmechanik beschäftigen. Es werden auch Probleme zum Beispiel aus dem Automobilbau, der Gebäudeaerodynamik, der Verfahrenstechnik oder dem Motorenbau diskutiert.

Bild: DGLR



Dr. Gerd Heller (l.) und Prof. Cord-Christian Rossow (r.) überreichten den STAB-Preis an Dr. Philip Ströer (m.)



5 - 7 SEPTEMBER 2023
BÜCKEBURG, GERMANY

49th **EUROPEAN
ROTORCRAFT
FORUM 2023**

CALL FOR PAPERS



Submit your contribution now!
ERF2023.DGLR.DE

Einmal zum Mond und zurück

Artemis I startet die Rückkehr
zum Erdtrabanten

Letzter Blick auf die Erde
bevor es zum Mond geht





Bild: NASA/Bill Ingalls

Start von Artemis I am 16. November 2022

Neben Jubelrufen war wahrscheinlich auch ein großes Seufzen der Erleichterung im Startkontrollzentrum des *Kennedy Space Centers* am 16. November 2022 um 1:47 Uhr Ortszeit zu hören, als die *Artemis-I-Mission* endlich startete. Die vier RS-25-Triebwerke der *Space Launch System (SLS)* genannten Rakete zündeten auf die Sekunde genau und hoben zusammen mit den beiden seitlichen Feststoffboostern die Rakete samt ihrer Nutzlast, dem neuen Orion-Crewraumschiff der amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde NASA in den nächtlichen Himmel von Florida. Es war der vorläufige Höhepunkt einer jahrelangen Reise mit vielen Irrungen und Wendungen, mit Hochs und Tiefs.

Die Artemis-I-Mission blickt auf eine lange Historie zurück: Sie beginnt mit dem *Constellation-Programm*, das der damalige US-Präsident **George W. Bush** 2005 ins Leben rief, um Amerika zurück zum Mond zu bringen. Unter der Administration von **Barack Obama** wurde das Constellation-Programm 2009 zwar gestrichen, seine Kernelemente *Orion* und eine große Schwerlastrakete, nun *SLS* genannt, überlebten – auch auf Druck des US-Kongresses. Im Rahmen dieser Neuplanung wurde 2011 die *Europäische Weltraumorganisation ESA* dazu eingeladen, die Entwicklung des Antriebs- und Versorgungsmoduls (*Service Module*) für das Orion-Raumschiff zu übernehmen. Die bisherige Entwicklung der US-Industrie stand vor großen technischen Problemen, war hinter ihrem Zeitplan und wurde immer teurer. Mit der Kooperation erhofften sich die USA, neben den Kosteneinsparungen, eine Vertiefung der Zusammenarbeit mit den Europäern über die *Internationale Raumstation ISS* hinaus. Außerdem honorierte man so die außerordentlich gute Leistung der ESA bei Entwicklung, Bau und Flug des *Automated Transfer Vehicle (ATV)*, das als Frachter für die ISS 2008 seinen Erstflug hatte.

2012 fiel die Entscheidung bei der ESA-Ministerratskonferenz in Neapel, das nun *European Service Module (ESM)* genannte Raumfahrzeug für die NASA zu entwickeln. Im November 2014 ging der Vertrag zu Entwicklung und Bau des ersten ESM an ein europäisches Industriekonsortium unter der Führung von *Airbus Defence and Space* in Bremen. In den Folgejahren liefen die Vorbereitungen für den ersten unbemannten Testflug von *SLS*, *Orion* und *ESM*, die *Exploration Mission 1 (EM-1)*, die 2017 starten sollte. Das Gespann sollte nun nicht mehr eine Landung auf dem Mond ermöglichen, sondern einen Asteroiden besuchen sowie eine kleine Raumstation in der Mondumlaufbahn, das *Deep Space Gateway*, aufbauen. Dieses sollte zukünftig als Ausgangspunkt für Reisen in die Tiefen des Sonnensystems dienen.

Ein holpriger Missionsstart

Als 2017 mit **Donald Trump** ein neuer US-Präsident das Steuer übernahm, war bereits klar, dass das Startdatum von *EM-1* nicht gehalten werden konnte. Erneut hatte es zahlreiche Verzögerungen und Budgetüberschreitungen gegeben. Doch unter der neuen Regierung und dem neuen NASA-Administrator **Jim Bridenstine** nahm das Explorationsprogramm der NASA neue Fahrt auf. Im Dezember 2017 ordnete Präsident Trump erneut die Landung auf dem Mond an. Am 26. März 2019 verkündete US-Vizepräsident **Mike Pence** zudem, dass bis 2024 wieder US-Amerikaner auf dem Mond spazieren sollten. Zwei Monate später, im Mai 2019 stellte Bridenstine das neue Artemis-Programm der NASA vor. Mit Artemis sollten die Entwicklung von *SLS*, *Orion* und *ESM* vollendet, eine *Lunar Gateway* genannte Mini-Raumstation im Mondorbit als Umsteigestation aufgebaut werden und mit einem von der Industrie in Eigenregie entwickelten Mondlander erstmals seit Apollo wieder US-Astronautinnen und Astronauten die Mondoberfläche betreten.



Orion und ESM erreichen den Mond

Somit bekam der erste unbemannte Testflug von SLS, Orion und ESM den neuen Namen *Artemis I*. Während auf beiden Seiten des Atlantiks nach und nach die Hardware-Elemente der Mission zusammenkamen, schien ein Start in 2021 noch möglich. Doch neben immer wieder auftretenden **technischen Problemen** machten die **Coronapandemie** sowie größere Schäden an NASA-Einrichtungen in Folge eines **Hurrikans** diesem Plan einen Strich durch die Rechnung. So wurde 2021 genutzt, um die einzelnen Komponenten der komplexen Mission zu testen und am Kennedy Space Center in Florida zu einem Raumfahrzeug zusammenzufügen.

Vorbereitung für den Start

Am 17. März 2022 war es dann so weit: Die vollständig integrierte Rakete inklusive ihrer Nutzlast verließ auf dem *Mobile Launcher 1 (ML-1)* das *Vehicle Assembly Building (VAB)*, in dem die letzten Schritte der Integration durchgeführt worden waren. Mit einer Geschwindigkeit von etwas mehr als einem Kilometer pro Stunde wurde die Rakete zum *Startplatz 39B (Launch Complex 39B)* transportiert, wo die Generalprobe für den Start, das sogenannte *Wet Dress Rehearsal (WDR)*, durchgeführt werden sollte. Beim WDR werden alle Abläufe des Starts bis wenige Sekunden vor der Zündung der Triebwerke durchgeführt. Leider schlugen Anfang April alle drei WDR-Versuche aufgrund verschiedener technischer Probleme fehl – vor allem im Bereich der Betankung. Um diese zu beheben, ging es für das ganze Konstrukt zurück ins VAB. Fast **sechs Wochen später** begann ein neuer Versuch: Das komplette Raumfahrzeug rollte wieder Richtung Startplatz. Bei diesem vierten WDR traten die vorherigen Probleme nicht mehr auf, der Countdown musste dennoch aufgrund einer **undichten Treibstoffleitung** rund 20 Sekunden früher als geplant beendet werden. Nach einer Analyse der gewonnenen Daten beschloss die NASA, dass alle mit dem WDR angestrebten Ziele erreicht wurden. Zum ersten Mal konnte für Artemis I ein konkretes Startdatum festgelegt werden: der **29. August 2022**.

Für die finalen Startvorbereitungen wurde die Rakete am **2. Juli 2022** zurück ins VAB gefahren. Etwas mehr als einen Monat später verließen SLS, Orion und das ESM das VAB zum – eigent-

lich – letzten Mal. Das notwendige *Launch Readiness Review (LRR)* bestand das Gespann am **23. August 2022**. Damit standen alle Ampeln auf Grün für den ersten Startversuch. Nachdem sich die Gewitter der vorherigen Tage verzogen hatten, füllten sich ab den frühen Morgenstunden des **29. August 2022** die Beobachtungspunkte innerhalb und außerhalb des Kennedy Space Centers mit Schaulustigen und Gästen aus der ganzen Welt. Während der Countdown auf den Start im zweistündigen Startfenster ab 8:33 Uhr Ortszeit voranschritt, kam es jedoch erneut zu technischen Problemen. Eines der vier **Haupttriebwerke** schien nicht ausreichend gekühlt zu werden. Die Probleme ließen sich nicht rechtzeitig lösen und der Start musste abgebrochen werden. Nächstes Startfenster: der **3. September 2022** ab 14:17 Uhr Ortszeit. Erneute **Lecks** in den Treibstoffleitungen beendeten jedoch auch diesen Versuch vorzeitig. Während die zuständigen NASA-Manager noch berieten, ob Ende September der nächste Versuch stattfinden sollte, wurde ihnen die Entscheidung abgenommen. Ein tropischer **Sturm**, eine Vorstufe zum Hurrikan, näherte sich dem Startplatz. Also ging es doch noch einmal zurück ins VAB.

3, 2, 1, Start

Nach einem weiteren Monat bewegten sich SLS, Orion und ESM erneut zum Startplatz. Man entschied, einen weiteren, schwächeren Sturm dort zu überdauern. Nachdem dieser vorüber war und die Inspektionen gezeigt hatten, dass keine problematischen Schäden vorlagen, hieß es „Go“ für einen neuen Startversuch am **16. November 2022**. Mit diesem Datum musste die NASA aber zugleich ein paar Kompromisse eingehen. Das Design der Artemis-I-Mission erlaubte je nach Startzeitpunkt eine kurze (26 bis 28 Tage) und eine lange (38 bis 42 Tage) Missionsdauer. Bei einem Start Mitte November war nur die kurze Variante möglich. Die NASA würde also weniger Zeit haben, alle Systeme während des Flugs zum und um den Mond zu testen. Gleichzeitig bedeutete das aktuelle Startfenster, dass man nachts vom Boden abheben würde. Ein Start bei Tageslicht hätte bessere Videoaufnahmen für die spätere Analyse ermöglicht. Doch ein möglichst zeitnahes Startfenster hatte Priorität.

Am 16. November 2022 ging endlich alles glatt. Mit einem **Bilderbuchstart** erhob sich die aktuell mächtigste Rakete der Welt in den Himmel. In kurzen Abständen erfolgten die einzelnen Schritte der frühen Flugphase: Zwei Minuten nach dem Start (T+2) wurden die beiden ausgebrannten Feststoffbooster abgetrennt, bei T+3 wurde die kleine Rettungsrakete an der Spitze der Rakete abgeworfen und nach acht Minuten trennten sich Orion, ESM und die Oberstufe, die sogenannte *Interim Cryogenic Propulsion Stage (ICPS)*, von der Hauptstufe der SLS. Kurze Zeit später begann das ESM seine vier charakteristischen Solarpaneele zu entfalten. Nachdem die Oberstufe mit einer 20-sekündigen Zündung seines RL-10-Triebwerks seinen Orbit angehoben hatte, folgte circa 40 Minuten später eine zweite, dieses Mal 18 Minuten lange Zündung, um das Gesamtpaket auf eine Bahn Richtung Mond zu schicken. Damit hatte die ICPS ihre Aufgabe erfüllt und wurde von Orion und dem ESM abgetrennt. Auf ihrem weiteren Weg alleine setzte die ICPS noch insgesamt zehn *Cubesats* von US-amerikanischen Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie internationalen Partnern aus, die im Verbindungsstück zwischen ICPS und ESM untergebracht worden waren.

Auch an Bord der Orion-Kapsel befanden sich mehrere Nutzlasten. Zwei **Messpuppen**, die vom *Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin* des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)* in Köln gebaut wurden, saßen im Crewabteil. Sie sind Teil des deutsch-US-amerikanisch-israelischen **MARE-Projekts** (*Matroshka AstroRad Radiation Experiment*), das die Strahlenbelastung auf Astronautinnen und Astronauten während der Mission bestimmen soll. Die beiden baugleichen Puppen sind dem weiblichen Körper nachempfunden und wurden mit zahlreichen Strahlungssensoren bestückt. Eine der beiden Puppen, *Zohar*, trägt eine Strahlenschutzweste der israelischen Firma *StemRad*. Ihre „Schwester“ *Helga* ist ungeschützt unterwegs. Die beiden haben noch einen Kollegen an Bord. *Commander „Moonikin“ Campos*, ein Dummy mit Helm und orangefarbenem Astronautenanzug, misst für die NASA die mechanischen Belastungen auf zukünftige Raumfahrende wenn sie auf ihrem Platz sitzen. Daneben bevölkern noch zahlreiche andere Experimente und Technologiedemonstrationen die Kapsel. Eine davon trägt den Namen *Callisto* und stellt eine Art Alexa fürs All dar. Sie soll bei zukünftigen Missionen der Besatzung die Bedienung des Raumschiffs erleichtern.

Zum Mond und zurück

Am **20. November 2022** erreichte das Raumschiff die Einfluss-sphäre des Mondes. Einen Tag später zündete das Haupttriebwerk des ESM, ein ehemaliges Space-Shuttle-Manövriertriebwerk, um Orion in seinen Zielorbit zu bringen: den *Distant*

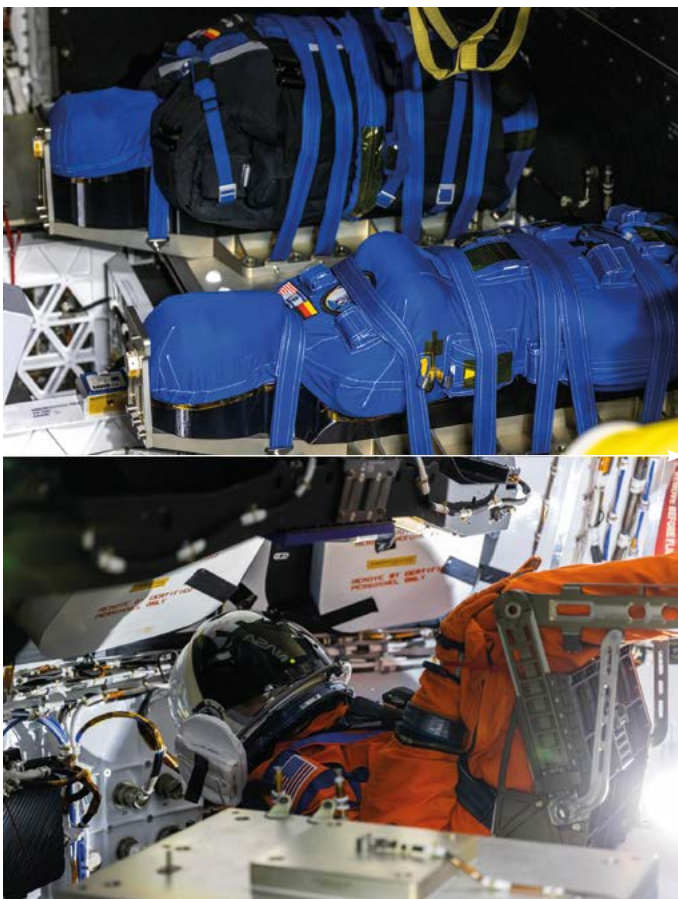


Die Orion-Kapsel nach der Wasserung im Pazifik

Retrograde Orbit (DRO). Diese Umlaufbahn um den Mond nutzt die sogenannten Lagrange-Punkte im Erde-Mond-System, um möglichst stabil zu sein. Das Raumfahrzeug bewegt sich dabei entgegengesetzt der Richtung, wie der Mond um die Erde kreist, daher Retrograde. Mit 432.210 Kilometern entfernte sich Orion dabei weiter von der Erde als jedes für Menschen designte Raumfahrzeug zuvor. Am **1. Dezember 2022** erfolgte eine erneute Triebwerkszündung um den DRO wieder zu verlassen und die Reise zurück zur Erde anzutreten. Kurz vor dem Eintritt in die Erdatmosphäre wurde das ESM von der Kapsel abgetrennt. Es hatte seine Aufgaben tadellos erfüllt und verglühte. Die Crew-Kapsel hingegen überstand wie geplant den feurigen Ritt in der dichter werdenden Erdatmosphäre und glitt an Fallschirmen hängend die letzten Meter Richtung Meer. Am **11. Dezember 2022** gegen 9:40 Uhr Ortszeit landete Orion im Pazifik vor Mexiko und wurde dort von Kräften der US-Navy geborgen. An Bord der USS Portland ging es für die Kapsel zurück ans Land. Damit kam die Mission Artemis I zu einem lang ersehnten **erfolgreichen Abschluss**.

Der nächste Meilenstein des Artemis-Programms ist für **2024** geplant. Dann soll die Nachfolgemission *Artemis II* erstmals wieder Astronautinnen und Astronauten in die Nähe des Mondes bringen. *Artemis III* soll voraussichtlich **2025/2026** die erste **Mondlandung** mit einer Crew an Bord seit 1972 ermöglichen. Darauf folgende Flüge haben zum Ziel, das Lunar Gateway aufzubauen und weitere Mondlandungen durchzuführen. All diese Bemühungen sollen letztendlich zu einer nachhaltigen Erforschung des Mondes beitragen, die uns Menschen und unsere Technik auf Reisen weiter hinaus ins Sonnensystem, zum Beispiel zu unserem Nachbarplaneten Mars, vorbereitet. ●

Bild: NASA/Frank Michaux



Das MARE-Experiment mit Helga und Zohar sowie Commander „Moonikin“ Campos flogen auf der Artemis-I-Mission mit

DER AUTOR

Johannes Wepler ist Diplom-Ingenieur für Luft- und Raumfahrttechnik. Für mehr als zehn Jahre arbeitete er in der *Deutschen Raumfahrtagentur* im *Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)* in Bonn im Bereich Astronautik und Exploration. In dieser Zeit hat er das ESM und das Artemis-Programm intensiv begleitet. Seit Frühjahr 2022 arbeitet er im Raumfahrtreferat des *Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)*.

„Grüner“ Fliegen

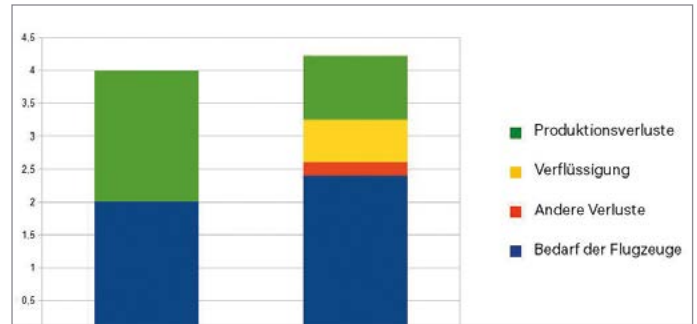
Der schwierige Weg zur Nachhaltigkeit
im Luftverkehr



Um wirklich nachhaltig zu werden, soll die Luftfahrt ihre Emissionen und ihre Auswirkungen auf die Atmosphäre praktisch auf null reduzieren. Diese klare Forderung ist jedoch nicht so einfach umzusetzen. Ein erster Ansatz ist die Senkung des Verbrauchs und damit des CO₂-Ausstoßes durch technologischen Fortschritt, ein zweiter die Verwendung alternativer Kraftstoffe (*Sustainable Aviation Fuel, SAF*). In dritter Instanz wird an der Reduzierung der sogenannten „Nicht-CO₂-Effekte“, vor allem der Kondensstreifen gearbeitet. Der technologische Fortschritt ist bereits auf gutem Wege, muss jedoch über die Erneuerung der Flugzeugflotten noch in der Praxis ankommen. Im Bereich der SAF sind in den letzten zehn Jahren zahlreiche Treibstoffalternativen entstanden, die nun in industriellem Maßstab umgesetzt werden müssen. Die Auswirkungen der „Nicht-CO₂-Effekte“ sind noch umstritten, aber die Verwendung neuer Treibstoffe und das Umfliegen von Gebieten, in denen Zirruswolken entstehen können, bieten vielversprechende Alternativen. Doch die benötigten erneuerbaren Energien und die Komplexität des globalen, wettbewerbsorientierten und regulierten Luftfahrtsektors erschweren den Prozess. Der Druck steigt. Die Politik fordert kurz- und mittelfristige Lösungen, die sich nur schwer mit den langen Entwicklungszyklen der Luftfahrt- und Energieindustrie vereinbaren lassen.

Flottenerneuerung und technischer Fortschritt

Beim Treibstoffverbrauch von Flugzeugen werden seit über 50 Jahren Fortschritte erzielt. Allerdings sind Flugzeuge rund 25 Jahre oder länger in Betrieb. Somit hat die sich weltweit im Einsatz befindende Flotte eine Leistung, die ihrem Durchschnittsalter entspricht und die ziemlich weit von der Leistung der neuesten Modelle entfernt ist. Stand 2019 verbrauchte die weltweite Flotte durchschnittlich 3,4 Liter pro 100 Passagierkilometer. Die neuesten Airbus-Modelle (seit 2017) fliegen mit nur rund zwei Litern pro 100 Passagierkilometer. Bis 2050 werden alle Flotten diesen Wert erreichen. Die nächste Flugzeuggeneration, die mit Triebwerken mit sehr hohem Nebenstromverhältnis ausgestattet ist, wird diesen Wert weiter auf 1,5 reduzieren. Die Optimierung des Luftverkehrs verspricht einen zusätzlichen Gewinn von über fünf Prozent. In den 2050er-Jahren kann man also davon ausgehen, dass der durchschnittliche Verbrauch nur halb so hoch sein wird wie heute (1,7 Liter pro 100 Passagierkilometer). Der



Vergleich der alternativen Antriebsstoffe SAF und Flüssigwasserstoff

Gesamtbedarf an Flugzeugtreibstoff wird also nur dann steigen, wenn sich das Verkehrsaufkommen mehr als verdoppelt.

Aufkommen von CO₂-neutralen Treibstoffen

Bis vor einigen Jahren sprach man nur von Biokraftstoffen der ersten Generation. Sie basieren auf Ölsaaten (Raps, Palmöl, Altöl etc.). Die von ihnen beanspruchten Anbauflächen noch weiter auszudehnen, ist kaum möglich. Mit Potenzial für die Anfangsphase der Dekarbonisierung können später Biokraftstoffe der zweiten Generation aus der lignocellulosehaltigen Masse von Pflanzen genutzt werden. Das mögliche Vorkommen ist groß: Entweder werden schnell wachsende Pflanzen angebaut (zum Beispiel Riesen-Chinaschilf) oder es werden Abfälle aus der Forstwirtschaft genutzt. Die erste Option liefert etwa vier Tonnen Kraftstoff pro Jahr und Hektar und gibt sich mit recht beliebigen Böden zufrieden.

Diese Möglichkeiten treten jedoch in Konkurrenz mit der Lebensmittelproduktion. Deshalb wird derzeit an wirtschaftlich tragfähigen Techniken zur Abscheidung von Kohlendioxid aus der Luft (*Direct Air Capture, DAC*) und zur Synthese von SAF aus diesem Gas sowie „grünem“ Wasserstoff geforscht. Die Energieeffizienz des Verfahrens liegt zwischen 40 (zahlreiche Referenzen) und bis zu 60 Prozent (für eine Variante von Sunfire und Climeworks). Dafür wird eine große Menge an erneuerbarer Energie benötigt, etwa 25 Terawattstunden pro Megatonne SAF. Die Lieferung von acht bis zehn Millionen Tonnen alternativer Kraftstoffe (wie 2019 auf deutschen oder französischen Flughäfen benötigt) bräuchte daher zum Beispiel circa 200 Terawattstunden „grüne“ Energie.

Zwischen den beiden Lösungen zeichnet sich eine neue Technik ab: mit Wasserstoff angereicherter Biokraftstoff. Dazu wird die Biomasse zur Gewinnung des benötigten Kohlenstoffs genutzt und „grüne“ Energie, um Wasserstoff hinzuzufügen. So wird weniger Land und weniger Energie benötigt als wenn Biokraftstoffe und SAF einzeln (getrennt) verarbeitet werden.

Angetrieben von großen Stromverbrauchern schreitet außerdem die sogenannte DACCS-Technologie (*Direct Air Carbon Capture and Storage*) mit großen Schritten voran und verkauft langfristig bereits Tonnen von „vergrabenem CO₂“. Sogar der Weltklimarat sprach in seinem letzten Bericht von diesen „negativen“ Emissionen. Die Idee ist, fossiles Öl zu verbrauchen und die entsprechende Menge CO₂ zu „vergraben“, also in unterirdischen Reservoiren zu speichern. Das könnte sogar kosteneffizienter sein als die Herstellung von SAF.

Bild: AirJuce Photography (CC BY-SA 4.0)



Das Kleinflugzeug Velis Electro von Pipistrel kann mit seiner Batteriekapazität rund eine Stunde lang fliegen

Strom und Wasserstoff?

Mit den derzeitigen Batteriekapazitäten kann ein für die Allgemeine Luftfahrt zugelassenes Kleinflugzeug eine Stunde lang fliegen. Sie reichen aber bei weitem nicht aus, um den Bedarf eines herkömmlichen Kurzstreckenflugzeugs zu decken. Dennoch gibt es hier diverse Projekte, vom fliegenden Taxi bis zu sehr leichten Kurzstreckenflugzeugen. Außerdem werden Kurzstreckenflugzeuge untersucht, die mit komprimiertem gasförmigem Wasserstoff oder hybrid (Batterien plus Wasserstoff) betrieben werden.

Wasserstoff ist sehr energiereich, aber voluminös. Für die Mittelstrecke bietet sich flüssiger Wasserstoff an. Für Langstreckenflüge ist er jedoch vorerst nicht geeignet. Dazu bräuchte es bahnbrechende Innovationen in Bezug auf das Gewicht der Kryptanks und die Form der Flugzeuge. Die Energiekosten für die Herstellung von (gasförmigem) Wasserstoff sind niedriger als die von SAF, allerdings kommen die Kosten für die Verflüssigung hinzu. Den Vorteilen hinsichtlich Energiedichte und Klimawirkung stehen die Kosten und die Komplexität entgegen, ganz zu schweigen von den Sicherheitsanforderungen und dem Zertifizierungsaufwand, der Robustheit im Allgemeinen und sogar der Akzeptanz auf zahlreichen Flughäfen.

Auswirkungen auf den Fahrpreis

Ein **Rechenbeispiel** zeigt die Auswirkung dieser Maßnahmen auf die laufenden Kosten: Ausgangspunkt der Berechnung ist der Preis für Windkraft oder Photovoltaik. Die aktuellen Ausschreibungen legen die Messlatte bei fünf Cent pro Kilowattstunde. Für ein Kilogramm SAF werden rund 25 Kilowattstunden benötigt, also 1,25 Euro. Dazu kommt etwa die gleiche Menge, die es für alle Vorgänge braucht, um SAF zum Flugzeug zu bringen. Ein stabiler Literpreis für SAF im Jahr 2050 läge also bei etwa 2 Euro (1 Liter wiegt 0,8 kg). So wird auf der Strecke Paris-Berlin der Treibstoff für 700 Kilometer 23,80 Euro gegenüber heute 14,30 Euro kosten, bei einem Kraftstoffpreis von 60 Cent pro Liter und einem doppelten Kilometerverbrauch. Für die Langstrecke Berlin-New-York sind das etwa **100 Euro** pro PassagierIn mehr.

CO₂- und Nicht-CO₂-Effekte

Hinsichtlich der **Klimawirkung** ist der Treibstoff beim Fliegen natürlich ein entscheidender Einflussfaktor, denn der Klimaeffekt der Luftfahrt durch CO₂ ist hauptsächlich auf die Verbrennung während des Flugs zurückzuführen. Emissionen und Umweltauswirkungen, die durch den Bau und die Wartung von Flugzeugen und die Infrastruktur am Boden verursacht werden, sind eher nebensächlich, da Flugzeuge so viele Kilometer zurücklegen (über 100 Millionen Kilometer pro Lebenszyklus). Das ist nicht bei allen Verkehrsmitteln der Fall!

Schließlich wird viel über **Kondensstreifen** und die von ihnen induzierten **Zirruswolken** in großen Höhen gesprochen. Während des Beinahe-Flugstopps im Covid-Zeitraum wurde versucht, den Unterschied zur vorherigen Situation zu messen. Dieser war aber zu gering, um in der jährlichen natürlichen Klimaschwankung nachweisbar zu sein. Auch eine Saisonalität tritt auf. Hierzu

müsste weiter geforscht werden. Sollte sich dieser Effekt als problematisch erweisen, müssen Abhilfemaßnahmen ergriffen werden: zum Beispiel das Umfliegen kritischer Gebiete und die Verwendung von Treibstoffen, die diese Auswirkungen zu verringern scheinen.

Die großen Herausforderungen der klimaneutralen Luftfahrt

Soweit die technologischen Möglichkeiten und Perspektiven. Es gibt aber noch ein paar Punkte, die für eine nachhaltige Luftfahrt wirklich problematisch werden können:

Die Frage nach der **Verfügbarkeit** von **erneuerbaren Energien** ist zum Beispiel von großer Bedeutung. Es scheint, dass das europäische Wind- und Photovoltaikpotenzial (etwa 22.000 Terawattstunden pro Jahr) für den gesamten künftigen Energiebedarf, einschließlich des Flugverkehrs aus Europa, ausreicht. Wenn es, wie oben erwähnt, bis 2050 zu einer Verdopplung des Verkehrs bei gleichbleibendem Verbrauch kommt (im Vergleich zu 2019), müssen deutsche oder französische Flughäfen acht Millionen Tonnen Kraftstoff pro Jahr liefern. Mögliche Herkunft? Zwei Millionen Tonnen Biokraftstoffe der zweiten Generation entsprächen zwei Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Für die zusätzlichen sechs Millionen Tonnen SAF bräuchte es 150 Terawattstunden, also 40 Offshore-Parks wie der kürzlich in Saint-Nazaire errichtete, plus Photovoltaik auf circa 400 Quadratkilometern, was der Gesamtfläche der französischen Flughäfen entspricht. Bei den SAF kommt die Frage hinzu, welche Varianten sich durchsetzen werden und wann sie vollumfänglich für den Flug zertifiziert werden. Bislang sind nur einige Bio-Fuels und SAF bei einem Mischungsverhältnis von bis zu 50 Prozent zugelassen.

Auch bedarf es für die Umsetzung all dieser Maßnahmen enormer **Investitionen**. Die bei weitem größte Summe ist für die Erzeugung von elektrischem Strom erforderlich. Die derzeitigen Projekte scheinen bei Investitionen in der Größenordnung von einem halben Euro pro Kilowattstunde pro Jahr rentabel zu sein. **Deutschland** oder Frankreich bräuchten rund 150 Terawattstunden „grünen“ Strom. Dafür müssten **75 Billionen Euro** über 25 Jahre investiert werden, also drei Billionen pro Jahr. Für ganz Europa



Die Tupolew Tu-155 war das erste Versuchsflugzeug der Welt (1988 bis 1989), das mit Wasserstoff und später mit Flüssiggas betrieben wurde



Bild: Airbus S.A.S.

Mit seinen ZeroE-Konzepten möchte Flugzeughersteller Airbus bis 2035 ein erstes kommerzielles Wasserstoffflugzeug auf den Markt bringen

wäre dieser Wert ungefähr fünf Mal so hoch. Man könnte theoretisch eine Kette von *PPAs (Power Purchase Agreements)* einrichten, die Energieversorger, Ölkonzerne und Fluggesellschaften miteinander verbindet, sobald sich die technische und rechtliche Situation stabilisiert hat.

Hinter all dem darf die Komplexität eines globalisierten, wettbewerbsorientierten und regulierten Sektors, wie es der Luftverkehr ist, nicht vergessen werden. Die Generalversammlung der *ICAO (International Civil Aviation Organization)* debattierte im Oktober 2022 über künftige globale Regelungen. Für eine Gesetzgebung ist die Einstimmigkeit aller 193 Mitgliedstaaten erforderlich. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es noch keine verbindlichen Vorgaben. Der gemeinsame Konsens ist aber, dass die Klimaneutralität nun ein klares Ziel sein sollte.

Noch schwieriger machen die **Vorurteile** der Öffentlichkeit die Situation. Oft wird hier die Bedeutung der Luftfahrt für den wirtschaftlichen, politischen und vor allem kulturellen Austausch verkannt, während sie als „Sündenbock“ für den Klimawandel herhalten muss. Auch die Kommunikation der Branche selbst ist bisweilen kurzsichtig und schafft nicht immer Vertrauen. Gleichzeitig ist die Politik gefragt, zu einer langfristigeren Sichtweise überzugehen. Der Aufbau einer neuen Industrie zur Erzeugung grüner Energie kann nicht im gleichen Tempo erfolgen wie die Erneuerung eines 5G-Netzes. Dabei kommt die politische Vision, die von der unmittelbaren Kommunikation überrollt wird, nur schwerlich zum Vorschein. Tatsache ist, dass der Investitionsfluss, der notwendig ist, um bis 2050 auf der Höhe der Zeit zu sein, noch nicht in Schwung gekommen ist.

Optimismus oder Pessimismus?

Technisch sieht es gut aus, denn die bereits erzielten und kurz- bis mittelfristig erkennbaren Fortschritte bei den Flugzeugen werden den Verbrauch pro Kilometer um 50 Prozent senken. Das vermindert den Energiebedarf und wird den Anstieg der Ticket-

preise aufgrund der neuen Treibstoffe abmildern. Dafür stehen bereits mehrere Arten und Verfahren zur Herstellung im Wettbewerb. Es bleibt die Frage, ob Europa **Energieautonomie** erreichen kann oder es massive **Importe** aus Ländern geben wird, die investiert haben. Wirtschaftlich und politisch ist die Lage unübersichtlich. Über Sparsamkeit und Einsparungen hinaus wird eine große Menge an erneuerbarer Energie benötigt. Sollen private Unternehmen diese Aufgabe übernehmen? Welche Planungssicherheit haben sie? Und wie können globale Verpflichtungen den Wettbewerb zwischen Airlines, die sich ungleichmäßig für den Klimaschutz einsetzen, fair gestaltet werden?

Die *Air and Space Academy* organisierte bereits im März 2021 ein internationales **Kolloquium** zum Thema *Nachhaltiger Luftverkehr*, an dem Klimaforschende, NGOs, Industrieunternehmen, Fluggesellschaften und viele weitere auf weltweit höchstem Niveau teilnahmen. Im Anschluss wurde ein **Fachausschuss** mit rund 60 Mitgliedern aus sieben Nationen zu diesem Thema eingerichtet. Dieser soll die Fragen untersuchen und Empfehlungen aussprechen, wie der Wunsch nach Reisen und Mobilität mit den Zwängen sowie Erfordernissen des Klimaschutzes in Einklang gebracht werden kann. ●

DER AUTOR

Xavier Bouis, Ingenieur der *École polytechnique* und *Sup-Aéro (École nationale supérieure de l'aéronautique et de l'espace)*, hat eine lange Karriere in der Luftfahrt hinter sich: Er war Wissenschaftler am *ISL (Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis)*, CTO der Windkanäle von *ONERA (Office national d'études et de recherches aérospatiales)* bei Modane, Chefindgenieur in der Bauphase und später CEO des *European Transonic Windtunnel (ETW)* in Köln, Leiter der großen Versuchsanlagen bei ONERA und schließlich CTO von ONERA. Heute ist er Mitglied der *Air and Space Academy* und leitet die Kommission „Energie und Umwelt“.

Die Zukunft der Militärluftfahrt

Bahnbrechend, anspruchsvoll, sensibel



Ohne Frage hat die Militärluftfahrt in Deutschland im Zweiten Weltkrieg und danach entscheidend zu technologischen Durchbrüchen und der führenden Rolle der Luftfahrt geführt. Mit dem Fall des Eisernen Vorhangs 1989 erlebte die Luftfahrtindustrie jedoch einen grundlegenden Wandel – und das nicht nur in Deutschland. Inzwischen hat sich der Fokus vom militärischen auf den zivilen Sektor verschoben. Trotz des geringeren Bedarfs und einer starken Reduzierung von Arbeitsplätzen im militärischen Bereich erhält sich die Luftfahrt jedoch ihre Gesamtsystemkompetenz zur Entwicklung und Betreuung luft- und bodengestützter Luftverteidigungssysteme. Jetzt aber stehen neue Herausforderungen an, die einen gut ausgebildeten Nachwuchs zwingend erforderlich machen.

Die Militärluftfahrtindustrie seit 1990

Waren bis zum Ende des Kalten Kriegs rund **95.000 Menschen** (Quelle: BDLI) in der Luft- und Raumfahrtbranche, überwiegend in der **Militärluftfahrt**, tätig, schrumpfte dieser Anteil binnen weniger Jahre auf rund **61.000 Mitarbeitende**. Die großen Militärluftfahrtprogramme *Eurofighter*, *Tiger* und *NH90* wurden in ihren Produktionsstückzahlen gekürzt und technische Fähigkeiten gestrichen. Diese Entwicklung ging einher mit einer personellen Reduktion der Bundeswehr um rund 60 Prozent sowie der Abschaffung der Wehrpflicht. Auslandseinsätze zum Beispiel in Afghanistan und Mali forderten ein vollständig neues Fähigkeitsprofil im Vergleich zur Landesverteidigung. Die **zivile Luftfahrt** entwickelte erst in den 1990er-Jahren die wirtschaftliche Stärke und Größe, die sie heute auszeichnet.

Mit dem Eurofighter, der im März 1994 seinen Erstflug hatte, sowie kontinuierlichen Kampfwertsteigerungen der Kampfflugzeuge Eurofighter, *Tornado* und der *F-4 Phantom* wurde die militärische Luftfahrtkompetenz sowohl auf der Ebene Gesamtsystemfähigkeit als auch im Ausrüstungsbereich über viele Jahre aufrechterhalten. Dazu trugen insbesondere **Verbesserungen bei Bewaffnung und Radar** bei, zum Beispiel mit dem *IRIS-T-Lenkflugkörperprogramm* und dem *ECR-90-CAPTOR-Radarsystem*. Auch im Bereich der **Kommunikationssysteme** konnte die deutsche Industrie eine führende Rolle einnehmen. Die Entwicklung des *Airbus A400M* sowie weitere Kampfwertsteigerungen der *Transall C-160* im Bereich Navigation sowie Selbstschutz halfen ebenfalls beim industriellen Fähigkeitserhalt. Gleiches gilt für die Weiterentwicklung der Hubschrauberprogramme *Tiger* und

NH90 sowie für die Kampfwertsteigerung der *Sikorsky CH-53G/GS/GA* und die Umrüstung der *H145* von *Airbus Helicopters* auf die *H145M*.

Projekte für die Zukunft

Zukünftig sollen jedoch nicht nur die bestehenden Programme verbessert werden. Mit der Alterung des Mehrzweckkampfflugzeugs *Tornado* und der damit verbundenen Notwendigkeit eines Nachfolgers sowie dem politischen Willen, ein neues europäisches Kampfflugzeug mit Frankreich zu entwickeln, entstand das Konzept **Future Combat Air System (FCAS)**. FCAS ist ein Systemverbund verschiedener fliegender Waffen- und Satellitensysteme, in den ein neues Kampfflugzeug (**Next Generation Weapon System, NGWS**) eingebunden ist. Der große Mehrwert des Systems liegt weniger in der fliegenden Plattform als in dem intensiven Informationsaustausch zur automatisierten Lageanalyse und Handlungsentscheidung. Dabei soll das NGWS im Verbund mit unbemannten Flugsystemen operieren.

Bereits im Vorfeld des Ukrainekriegs rückten **Bündnis- und Landesverteidigung** wieder in den Fokus. Mit Kriegsausbruch fand sich die deutsche Politik schlagartig in der Realität und dringenden Not der eigenen Verteidigungsfähigkeit wieder. Dabei spielt die Luftverteidigung in ihren vielfältigen Dimensionen und technologischen Ausprägungen und Erfordernissen eine Schlüsselrolle. Die Fähigkeiten der deutschen Industrie sowie der ausbildenden und forschenden Luftfahrtlehrstühle und Forschungseinrichtungen sind dabei von großer Bedeutung.

Mit den Beschaffungsentscheidungen des **Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg)** für das Mehrzweckkampfflugzeug *Lockheed Martin F-35A Lightning II* sowie den Transporthubschrauber *Boeing CH-47 Chinook* wurden für eine längere Zeit zwei Waffensysteme ausgewählt, die die deutsche militärische Luftfahrtindustrie nicht wesentlich fordern werden. Diese Systeme werden nämlich fast ausschließlich von US-amerikanischen Unternehmen hergestellt und versorgt.

Spektrum der Industriefähigkeiten

Die militärische Luftfahrtindustrie hat in den vergangenen Jahren stetig an ihrer noch vorhandenen **Gesamtsystemfähigkeit** gearbeitet, insbesondere im Bereich **Stealth** und unbemannte Flugsysteme sowie Avionik und Bewaffnung. In den **1990er-Jahren** waren es vor allem die Flugregelung, die Schubvektorsteuerung und das Fliegen jenseits aerodynamischer Grenzen, die als Technologien für höchste Agilität im deutsch-amerikanischen *X-31-Vector-Programm* entwickelt wurden. In dieser Zeit stellte beispielsweise der sogenannte *Dogfight* als unmittelbarer Luftkampf noch eine wesentliche Einsatzsituation für Luftüberlegenheitsjäger dar. Das hat sich inzwischen stark geändert und es bestehen nun andere Anforderungen an die Systeme.

Mit der Jahrtausendwende kam das Projekt **Mako**, konzipiert als Trainings- und leichtes Kampfflugzeug. Seitens des damaligen Luft- und Raumfahrtkonzerns *EADS* (seit 2014 *Airbus*) wurde dafür in Deutschland die Fähigkeit entwickelt, **Stealth-Technologien** (Materialauswahl, Reflexionsverhalten gegenüber elektro-



Mock-up des Trainings- und leichten Kampfflugzeugs Mako

Bild: Flickr/fsll (CC BY-NC 2.0)

Bild: NASA



Die X-31 demonstrierte in den 1990er-Jahren ihre außergewöhnliche Manövrierfähigkeit

Bild: Jean-Patrick Donzey



Die Barracuda ist ein deutsch-spanischer unbemannter Technologieträger



Der Kampfhubschrauber Tiger wurde 2003 in Dienst gestellt und seitdem kontinuierlich verbessert

Bild: Airbus



Der NH90 ist ein europäischer Transporthubschrauber

Bild: Pixabay/Marco Federmann

magnetischen Wellen) in den Gesamtentwurf zu integrieren. Damit wurde eine Schlüsseltechnologie aufgegriffen, die auch bei künftigen Entwicklungen von elementarer Bedeutung ist – auch wenn das Mako-Konzept es nicht in die Flugerprobung schaffte.

Mit dem Projekt **Barracuda** konnte in den 2000er-Jahren erstmalig ein vollständig automatisiert fliegender unbemannter Technologieträger einer deutsch-spanischen Kooperation unter Führung der deutschen EADS verwirklicht werden. Der erfolgreich erprobte Versuchsträger demonstrierte die Fähigkeit der deutschen militärischen Luftfahrtindustrie, Flugsysteme für einen sogenannten „Loyal Wingman“ als Gesamtsystemarchitekt zu entwickeln. Derartige größere unbemannte Flugsysteme sind in einem bemannt-unbemannten Einsatzverband mit einem Kampflugzeug als Führung integraler Bestandteil eines NGWS der sechsten Generation.

In gleicher Weise haben die **Ausrüstungsindustrien** ihre Fähigkeiten weiterentwickelt. Radarsysteme, ebenso wie Systeme zur elektronischen Kampfführung, Kommunikation aber auch zur Aufklärung und zum Selbstschutz werden von Entwicklern, Herstellern und Integratoren wie zum Beispiel *Hensoldt*, *Rhode & Schwarz* und *ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH* realisiert. Im Bereich der Bewaffnung demonstrieren Unternehmen wie *Diehl*, *MBDA Deutschland* und *Rheinmetall* ihre Systemkompetenz, beispielsweise zur Entwicklung und Herstellung von Marsch- und Lenkflugkörpern wie *IRIS-T*, *Taurus KEPD (Kinetic Energy Penetrator and Destroyer)* bzw. Führungssystemen.

Auch in **Forschungseinrichtungen** und **Universitäten** werden die Technologien und Fähigkeiten kontinuierlich weiterentwickelt. Im *Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)* sowie in der *Fraunhofer-Gesellschaft* wird an Unmanned-Combat-Air-Vehicle-Konzepten, Laser- und Radartechnik sowie Schutzsystemen gearbeitet. Damit werden gleichermaßen industrielle Fähigkeiten gestärkt als auch die Bedarfsdeckerseite (die Behörden, die die Beschaffungen für das Militär vornehmen) beratend unterstützt.

Ausbildung für die Zukunft

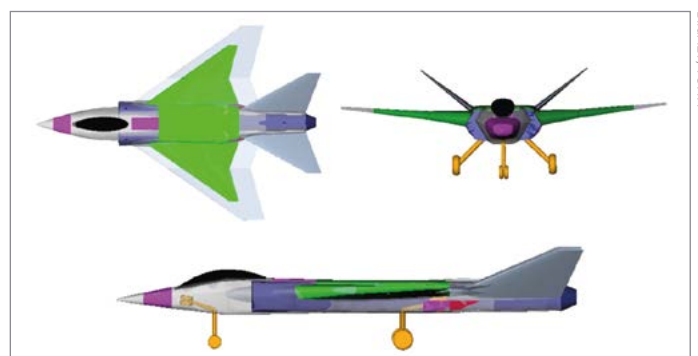
Dabei erfordert die Entwicklung militärischer Luftfahrtsysteme eine hochgradig interdisziplinäre Kompetenz der beteiligten Systemingenieurinnen und -ingenieure. Diese müssen den Bogen von klassischen Luftfahrtdisziplinen zur Elektronik und den vielfältigen militärischen Einsatzmissionen spannen. In **Deutschland**

ist die **Luftfahrtausbildung** eher zivil und auf das Flugzeug ausgerichtet. Nur wenige Lehrstühle behandeln auch den multidisziplinären Entwurf von militärischen Luftfahrzeugen und Luftfahrtsystemen.

Traditionell bildet die **Universität der Bundeswehr** in München den Offiziersnachwuchs in der Entwicklung fliegender Waffensysteme und Luftverteidigungssysteme aus. Aus dem breiten Spektrum der vermittelten Kompetenzen stechen die Arbeiten des *Instituts für Flugsysteme* zu hochautomatisierten kognitiven Systemen zum manned-unmanned Teaming sowie integrierter Sensorsysteme heraus. Mit dem *Military Aviation Research Center (MARC)* verfügt die *UniBw München* über eine einzigartige und fokussierte Forschungskompetenz im Bereich der militärischen Plattformen, vor allem in deren Ausrüstung, Missionsplanung und -durchführung.

Der **Lehrstuhl für Luftfahrtsysteme (LLS)** der *Technischen Universität München* konzentriert sich in Ausbildung und Forschung zu militärischen Luftfahrtsystemen auf Entwurfsmethoden für unbemannte Flugsysteme. Dabei stehen die Methodenentwicklung und die Untersuchung konfigurationsaerodynamischer Aspekte im Vordergrund.

Als Systemarchitekt lehrt und forscht das **Institut für Lufttransportsysteme (ILT)** der *Technischen Universität Hamburg* zum Entwurf von unbemannten und militärischen Luftfahrtsystemen sowohl im Konfigurationsentwurf fliegender Plattformen als auch zur Integration von Sensor- und Datenlinksystemen in der Flugsführung. Dabei werden insbesondere Missionsanforderungen sowie Integrationsfragen zur Berücksichtigung von Sensoren und Effektoren im Entwurf behandelt, um komplexe Militärflugzeuge



Konzeptentwurf des Sea Eagle des ILT mit Avionik- und Bewaffnungsintegration

Bild: ILT, TUHH

als Gesamtsystem zu verstehen und unter Beachtung ethischer Grundsätze konzeptionell als „System of Systems“ auszulegen. Weitere Schlüsselkompetenzträger der militärischen Luftfahrt in Deutschland sind die *Wehrtechnische Dienststelle für Luftfahrzeuge und Luftfahrtgerät der Bundeswehr* für Erprobungen sowie das *Luftfahrtamt der Bundeswehr* für Zulassungsfragen.

Erfordernisse und Ausblick

Die **technologischen Herausforderungen** militärischer Luftfahrtsysteme der nächsten Generation müssen Situationen schneller und umfangreicher erfassen, ihnen in gleicher Weise begegnen und dabei die eigenen Soldatinnen und Soldaten bestmöglich schützen. Es ist die **Zielperspektive**, ein hochvernetztes *System of Systems* zu entwickeln, in dem jede Plattform als Informationsquelle und Trägerplattform für Effektoren fungieren kann. Daher sind Technologien der sicheren Vernetzung und Interoperabilität Schlüsselfähigkeiten für einen wirkungsvollen und ressourcenschonenden Einsatz moderner Waffensysteme.

Die große **Reichweite** und **Automation** von Sensoren und Effektoren (Mehrzielradare; *Beyond Visual Range Air-to-Air Missiles*, *BVRAAM*; Marschflugkörper) ermöglichen in der nächsten Generation den Kampf auf großen Abstand. Andererseits werden hyperschallfähige Effektoren diese Distanz über den Faktor Geschwindigkeit wieder reduzieren, sodass frühzeitige und verlässliche Aufklärung überlebenswichtig ist. Unbemannte Systeme im Verbund mit bemannten Plattformen werden den Einsatz von Menschen im höchsten Gefahrenbereich weniger notwendig machen. Derartige Systemverbünde, geführt durch hochfliegende Kommandozentralen und Bodenstationen, werden mit reduziertem Einsatz von Soldatinnen und Soldaten großflächig und tief in bedrohlichen Arealen wirken können.

Für die skizzierten operationellen Fähigkeiten bieten **Systemautomation** und **Algorithmen zur künstlichen Intelligenz** Technologien, die die Einsatzkräfte bei der Situationserfassung und Entscheidungsfindung bis hin zur Ausführung unterstützen werden. *Manned-unmanned Teaming* ist dabei eine technische Schlüsselfähigkeit, um das Zusammenwirken von Mensch und Maschine gemäß ihren jeweiligen Eigenschaften bestmöglich zu gestalten. Es sind weniger die konfigurativen Fähigkeiten wie die Agilität einer Trägerplattform, als vielmehr die in ihr integrierten Sensoren, Kommunikationssysteme und Effektoren sowie die

schnelle und zuverlässige Auswertung und Verarbeitung der Informationen, die die Missionseffizienz und Überlebensfähigkeit bestimmen werden. Daher sollte der Designansatz dahin gehen, alle fliegenden und bodengestützten Plattformen von Anbeginn des Entwurfs im Verbund zu betrachten.

Das **FCAS** als fliegendes Waffensystem der sechsten Generation muss als **Plattformverbund** mit verteilten missionsspezifischen Funktionen gedacht werden. Nur so kann die militärisch geforderte Missionseffizienz erreicht werden. Die fliegende Plattform dient vorrangig als Träger dieser Systeme. Diese gegenüber zivilen Flugzeugen vollständig andere Designphilosophie erfordert sowohl in der Ausbildung als auch in der Forschung und industriellen Umsetzung, eine neue Herangehensweise und weitaus breiteres fachliches Wissen in informationstechnischen und elektronischen Disziplinen als in der Vergangenheit.

Die militärische Luftfahrttechnik in Deutschland verfügt bei näherem Hinsehen industriell über alle Schlüsselkompetenzen der Gesamtsystemfähigkeit, das FCAS als *System of Systems* einerseits technologisch führend mitzugestalten und andererseits in der Nutzung selbstständig zu betreiben und weiterzuentwickeln. Die Plattform- und Ausrüstungsindustrie steht bereits in intensiven Kooperationsgesprächen und betreibt Technologieentwicklungen. Gleichzeitig verliert sie altersbedingt zunehmend erfahrene Kräfte und benötigt schnellstmöglich breit aufgestellt und disziplinenübergreifend sehr gut ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure, die sich der Verantwortung und Sensibilität ihrer Aufgabe bewusst sind. Hier besteht intensiver **Handlungsbedarf an den Universitäten** durch enge Zusammenarbeit mit der Industrie, die auch einer ministeriellen Unterstützung bedarf. ●

DER AUTOR

Prof. Dr.-Ing. Volker Gollnick ist Gründer und Leiter des *Instituts für Lufttransportsysteme (ILT)* der *TU Hamburg*. Als Luftfahrtingenieur war er in den Bereichen Gesamtentwurf und Avioniksysteme an den großen Entwicklungsprogrammen *Eurofighter*, *Tiger* und *NH90* aktiv beteiligt. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung von missionsorientierten Gesamtarchitekturen für Luftfahrtsysteme. Als aktiver Oberstleutnant der Reserve in der Luftwaffe befasst er sich auch mit der Offiziersausbildung.



Größte Vernetzbarkeit beim Future Combat Air System (FCAS)

„Die Vorbilder für Frauen entwickeln wir alle mit“

Interview mit Paloma de la Infiesta

Das Bedürfnis, die Welt zu erkunden, trieb Paloma de la Infiesta nach Deutschland. Auch in ihrer Freizeit kommt sie diesem Wunsch nach, wie hier bei einer Reise durch Island.



Paloma de la Infiesta ist Luft- und Raumfahrt-Ingenieurin bei *Liebherr-Aerospace* in Lindenberg. Spezialisiert auf Flugzeugfahrwerke, war sie hier zunächst fünf Jahre lang für die Koordination und technische Ausbildung von Kundinnen und Kunden weltweit verantwortlich und leitete ein multidisziplinäres Team im Bereich Fertigung, Instandhaltung und kommerzielle Abwicklung. Ganz zu Beginn widmete sich de la Infiesta zunächst der Raumfahrt. Ihr Masterstudium *Aerospace Engineering* an der *Universität Sevilla* schloss sie 2011 in Kooperation mit *Airbus* ab und forschte an der Entwicklung eines neuen festen Raketenantriebsstoffs. Im Anschluss ging de la Infiesta zum *Airbus-Zulieferer Altran* und qualifizierte sich dort für Verbundwerk- und Kunststoffe von Flugzeugteilen. Später unterstützte sie bei der Fertigung der Flügel der *A350*, spezialisierte sich auf elektrische und mechanische Systeminstallationen und half bei der Fehlersuche und Lösung technischer Probleme. Außerdem sicherte sie die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen *Airbus* und weltweiten Zulieferern. Seit inzwischen acht Jahren bei *Liebherr-Aerospace* ist de la Infiesta heute im Bereich Programmmanagement, Produkt- und Vorentwicklung zentrale Ansprechpartnerin für Kundinnen und Kunden weltweit. Im Interview der Reihe „Frauen in der Luft- und Raumfahrt“ berichtet sie, wie sich ihre berufliche Karriere entwickelt hat und warum Herausforderungen oft der nächste Schritt zum Erfolg sind.



Bild: Liebherr-Aerospace

Bei Liebherr-Aerospace ist Paloma de la Infiesta im Bereich Programmmanagement, Produkt- und Vorentwicklung tätig

Frau de la Infiesta, wie hat sich Ihr Interesse an der Luft- und Raumfahrt gebildet und entwickelt?

Mir war schon sehr früh klar, dass mich technische Problemstellungen interessieren. Mathe und Physik gehörten zu meinen Lieblingsfächern und Technik faszinierte mich. Die Entscheidung für ein Ingenieurstudium stand daher bereits früh fest. Dass es dann tatsächlich in die Luftfahrt ging, war eher eine **spontane Entscheidung**. Ich saß in einem Flugzeug und stellte mir die Frage: Wie und warum fliegt dieses Flugzeug? Und damit hatte mich die „Faszination Luftfahrt“ gepackt. Die Entscheidung, diese Leidenschaft zu meinem Beruf zu machen, habe ich bis heute nie bereut.

Sie haben Aerospace Engineering in Sevilla studiert. Wie sah es mit der Frauenquote in Ihrem Studium aus? Hat Sie das vor Herausforderungen gestellt?

Die Frauenquote in meinem Jahrgang lag bei circa **20 Prozent**. Die beste Abschlussnote hatte eine Kommilitonin. Während meines Studiums gab es Herausforderungen, die mich jedoch aus heutiger Sicht optimal auf die Arbeitswelt vorbereitet haben. Während des Studiums konnte ich Eigenschaften wie Durchsetzungsfähigkeit, Ausdauer und Mut unter Beweis stellen. Ich habe gelernt, Situationen besser einzuschätzen und natürlich wertvolle Erfahrung im Umgang mit männlichen

Kollegen gesammelt. An all den mir begegneten Herausforderungen bin ich gewachsen.

Wie sind Sie zu Ihrem jetzigen Arbeitgeber Liebherr-Aerospace gekommen?

Ich bin seit 2012 in Deutschland. Die Hauptgründe waren **Fernweh** und das Bedürfnis, neue Kulturen und Sprachen kennenzulernen. Den Anfang hatte ich während des Studiums bei einem Erasmus-Jahr gemacht, das ich in **Italien** verbrachte. Nach diesem Jahr wuchs mein Wunsch, mehr von der Welt zu sehen. Land und Sprache waren dabei erst einmal zweitrangig. Da ich nach dem Studium ein Praktikum bei *Airbus* in **Sevilla** gemacht hatte, ergab sich eine passende Stelle beim *Airbus-Zulieferer Altran* in **Bremen**. Ich bewarb mich und wurde genommen. Die Stelle war jedoch auf zwei Jahre befristet. Auf der Suche nach einem neuen Arbeitgeber, bewarb ich mich unter anderem bei der *Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH* im **Allgäu** als Trainingsverantwortliche im Bereich Flugzeugfahrwerke und Flug-Kontroll-Systeme. Ich fuhr zum Vorstellungsgespräch und war begeistert. Nach einem Rundgang durch das Unternehmen, dem kurzen Einblick in die breite Produktpalette mit Fahrwerken, Flugsteuerungen, Betriebssystemen, Elektronik und Getrieben wusste ich, dass ich hier richtig bin. *Liebherr* bietet mir technische Herausforderungen, großen Handlungsspielraum und die Arbeit nah am Produkt.



Bild: Liebherr-Aerospace

Paloma de la Infiesta
Luft- und Raumfahrt-Ingenieurin bei Liebherr-Aerospace



Mit ihrem Team erarbeitet Paloma de la Infiesta unterschiedliche Lösungsansätze

Welche Fähigkeiten und persönliche Eigenschaften sind für Ihre Tätigkeit ausschlaggebend?

Meine Tätigkeit hat sich in den letzten Jahren mehr in Richtung Managementaufgaben entwickelt. Dabei profitiere ich sowohl von der **Praxiserfahrung** als auch von meinem **technischen Wissen** aus dem Studium. Beispielsweise für Konstruktionen und Fertigung, um komplexe Sachverhalte zu verstehen und zu vereinfachen. Für meine heutigen Aufgaben unverzichtbar sind zudem **Fremdsprachenkenntnisse** und **internationale Erfahrung**. Unabhängig von der Tätigkeit glaube ich jedoch, dass **persönliche Eigenschaften** wie Entscheidungsfreudigkeit, selbständiges Handeln und eine klare Kommunikation entscheidende Skills für die berufliche Weiterentwicklung sind.

Zählten diese Eigenschaften von vornherein zu Ihren Stärken, oder mussten Sie diese erlernen?

Das war ein Prozess. Innerhalb meiner Kultur – und ich glaube allgemein in der Gesellschaft – werden bestimmte Eigenschaften noch immer entweder Frauen oder Männern zugeordnet. Ich hatte im Kopf, mich stets zuvorkommend zu verhalten und nette Dinge sagen oder sie zumindest möglichst positiv verpacken zu müssen. Dieses Bild musste ich ablegen, um beispielsweise Dinge klar aus- und anzusprechen. Andernfalls kann das den Lösungsprozess verlangsamen oder verhindern, das Bestmögliche aus dem Produkt herauszuholen. Eine **klare Kommunikation**, aber auch, dass ich als Leader zu allererst mich selbst führen und bei Veränderungen

bei mir selbst anfangen sollte, konnte ich innerhalb des Talentprogramms bei Liebherr erlernen.

Was gefällt Ihnen an Ihrer Tätigkeit am meisten?

Bei Liebherr habe ich bereits mehrere Positionen durchlaufen. Die Teilnahme am **Talentprogramm** hat mir sehr gut gefallen, da mich das Erlernte auch privat weitergebracht hat. Auch das mir entgegengebrachte **Vertrauen** schätze ich sehr, da es mir ermöglicht, Prozesse und Methoden aktiv mitzugestalten. Meine jetzige Position im Programmmanagement ist unglaublich **vielfältig**. Als zentrale Ansprechpartnerin betreue ich ein Programm, mit dem wir uns bereits heute auf die Anforderungen zukünftiger Fahrwerksysteme vorbereiten. Das bedeutet einerseits viel Verantwortung, aber auch große Möglich-

keiten, beispielsweise bei der Mitgestaltung von Preismodellen und Prozessen.

Mit welchen Herausforderungen wurden Sie innerhalb Ihrer Karriere konfrontiert?

Ich bin eine sehr aktive Person mit viel Energie, hatte aber Schwierigkeiten, diese **Energie richtig zu dosieren**. Es gab Tage, an denen kam ich von der Arbeit nach Hause und meine Batterie war komplett aufgebraucht. Eine gesunde Work-Life-Balance war das nicht. Auch dieses Verhältnis konnte ich innerhalb des Talentprogramms in die richtige Bahn bringen, um meine Energie, symbolisch gesehen, als Marathon zu nutzen, nicht als Sprint.

Wenn ich an die Anfänge meiner beruflichen Karriere zurückdenke, war die Entscheidung, Spanien zu verlassen und nach Deutschland zu gehen, ohne mit der Kultur und der Sprache vertraut zu sein, ein großer Schritt. Für mich war es aber auch eine Herausforderung als Frau, die eigene Karriere und meine beruflichen **Ziele** konsequent zu **verfolgen**. Während das persönliche Umfeld meinem Mann mit gleicher Berufsausbildung und Erfahrung Fragen zum nächsten Karriereschritt stellte, wurde ich zur Familienplanung befragt. Auch innerhalb verschiedener beruflicher Stationen habe ich die Erfahrung gemacht, dass der Wille zu mehr Verantwortung und Weiterentwicklung im Job bei Frauen nicht als Priorität eingestuft wird. Hier wird oft angenommen, dass Frauen die Vereinbarkeit von Familie und Beruf priorisieren und früher oder später in Elternzeit gehen. Die Gesellschaft geht bei Männern hingegen



Die Anforderungen zukünftiger Fahrwerksysteme werden bereits heute vorbereitet



Bei Liebherr-Aerospace besuchte Paloma de la Infiesta das European Consortium for Advanced Training in Aerospace (ECATA)

eher davon aus, dass die Karriere an erster Stelle steht, unabhängig von der Familie. Mich von diesen Erwartungen zu lösen, aktiv nach mehr Verantwortung und dem nächsten Karriereschritt zu verlangen, war für mich persönlich herausfordernd.

Wie ist es Ihnen gelungen, sich davon zu lösen?

Ich denke, dass diese Stereotype ein gesellschaftliches Problem darstellen. Ich habe gelernt, nicht auf Jobangebote zu warten, sondern meine **Ziele** aktiv zu verfolgen und meine Karriereziele klar auszudrücken. Unterstützt wurde ich bei diesem Prozess viel von meinem Mann. Als ich von der Managementfunktion bei Liebherr erfuhr, war ich direkt Feuer und Flamme. Zwar stimmten sowohl die fachlichen als auch persönlichen geforderten Eigenschaften mit meinen überein, dennoch sagte mir der gesellschaftliche Stereotyp, dass Unternehmen eine solche Führungsaufgabe bestimmt nicht an eine junge Frau vergeben würden. Wohl eher an berufserfahrene Männer – vielleicht sogar an etablierte Professoren. Mein Mann hat mich motiviert, es einfach zu versuchen. Es hat geklappt! So hat mir letztendlich die persönliche Erfahrung gezeigt, dass Stereotype nicht das Maß sein dürfen.

Bei Liebherr angekommen, habe ich größtmögliche Unterstützung bekommen und konnte mich beispielsweise durch das **European Consortium for Advanced Training in Aerospace (ECATA)** in meiner neuen Rolle im Management schnell einfinden.

Wie würde sich die Luft- und Raumfahrt ändern, wenn mehr Frauen in dem Bereich arbeiten würden?

Aus meiner allgemeinen Erfahrung sind **gemischte Teams** erfolgreiche Teams und dabei beziehe ich das Geschlecht, unterschiedliche Kulturen, eine vielfältige Altersstruktur und damit ganz unterschiedliche Erfahrungen mit ein. Diversifizierte Teams ermöglichen es, Fragen und Herausforderungen aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten und unterschiedliche Lösungsansätze zu erarbeiten. Das wiederum kommt dem Produkt und somit unseren Kunden zugute. Ich persönlich arbeite am liebsten mit Menschen zusammen, die gut in ihrem Fach sind – völlig unabhängig von Geschlecht oder Hintergrund.

Was muss Ihrer Meinung nach passieren, um Frauen den Einstieg in die Luft- und Raumfahrt zu erleichtern?

Das Interesse an Technik und damit die Möglichkeit, sich später für eine technische Berufslaufbahn zu entscheiden, wird sehr früh gelegt. Eltern, Erziehende, Gesellschaft – wir alle sind gefordert, Mädchen zu ermutigen, ihren eigenen Weg zu gehen, **Entwicklungsfreiheit** zu gewähren und **technisches Interesse** früh zu fördern. Veraltete Rollenbilder sollten abgelegt und ein Umfeld geschaffen werden, in dem allen Menschen die gleichen Voraussetzungen für die persönliche Entwicklung gewährt werden. Die **Vorbilder** für Frauen, eine technische Berufslaufbahn einzu-

schlagen, entwickeln wir alle mit. Arbeitgeber sollten Frauen dabei unterstützen, ihre Karrierepläne zu verfolgen, indem sie innovative Führungsmodelle bieten sowie die Vernetzung von Frauen fördern. Liebherr ist da auf einem guten Weg. So wurde mir von einer Kollegin in einer Führungsrolle das **Young Women Leadership Program** empfohlen. Hier habe ich Kolleginnen anderer deutscher Firmen kennengelernt, die für mich Vorbild sind. Eine davon war meine Mentorin. Auch sie war eine junge Frau, die bereits eine Führungsrolle innehatte, sodass ich mich an ihr orientieren konnte, um den nächsten Karriereschritt zu gehen.

Was möchten Sie Mädchen und jungen Frauen, die sich für technische Berufe interessieren, mit auf den Weg geben?

Mich hat ein Zitat von **Betty Bender** sehr begeistert. Ins Deutsche frei übersetzt: „*Alles was ich jemals getan habe und sich letztendlich gelohnt hat, [...] hat mich anfangs zu Tode erschreckt.*“ Traut euch und steht klar zu dem, was ihr könnt und was ihr wollt. Mut wird belohnt. Auch, wenn etwas manchmal zunächst Angst macht. Respekt vor neuen Aufgaben ist gut, ebenso wie Sprachkenntnisse und internationale Erfahrung. Und diese Tipps gelten ebenso für Jungs und junge Männer. ●

Wir bedanken uns bei Paloma de la Infiesta für das Interview!

Schub für die Raumfahrt in Europa

Ergebnisse der ESA-Ministerratskonferenz 2022



Am 22. und 23. November 2022 wurden in Paris die Weichen für die europäische Raumfahrt der nächsten Jahre gestellt. Die **Ministerratskonferenz (MK)** der **Europäischen Weltraumorganisation ESA** war ein Erfolg: Die 22 Mitgliedstaaten, vier der assoziierten Staaten und das kooperierende Mitglied Kanada zeigten mit einer Zeichnung von rund 16,9 Milliarden Euro, 17 Prozent mehr als noch 2019, dass die Raumfahrt in Europa einen steigenden Stellenwert einnimmt. Die ESA-MK findet in der Regel alle drei Jahre statt und setzt den finanziellen und inhaltlichen Rahmen für die Raumfahrtprogramme der ESA.

Die ESA-Mitgliedstaaten haben sich für die nächsten Jahre einiges vorgenommen: Mit der **Agenda 2025** möchten sie die Position der ESA als eine der weltweit führenden Raumfahrteinrichtungen bis 2035 stärken. Ein guter Schritt in diese Richtung gelang mit der MK 2022 in Paris. Die ESA unter Generaldirektor **Dr. Josef Aschbacher** erhielt den Auftrag für ein ambitioniertes Programm mit einem Budget, das sich sehen lassen kann. Viele Länder zeichneten Rekordbeträge und erhöhten ihre Beteiligungen im Vergleich zu 2019, teilweise sehr deutlich. **Deutschland** verpflichtete sich mit rund **3,5 Milliarden Euro** (gemischte wirtschaftliche Bedingungen, gemischte WB), die sich mit Inflationsausgleich auf vier Milliarden (laufende WB) summieren könnten; 2019 waren es noch 3,3 Milliarden Euro (gemischte WB). Gemeinsam mit Frankreich (3,2 Milliarden Euro, gemischte WB) und Italien (3,1 Milliarden Euro, gemischte WB) stellt die Bundesrepublik damit den Großteil der gezeichneten Mittel.

Für Deutschland waren Bundeswirtschaftsminister **Dr. Robert Habeck** und die Koordinatorin für die Deutsche Luft- und Raumfahrt, **Dr. Anna Christmann**, gemeinsam mit VertreterInnen des **Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)** und des **Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)** vor Ort. Ebenfalls Teil der Delegation waren **Dr. Walther Pelzer**, Leiter der **Deutschen Raumfahrtagentur** im **Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)**, und sein Team, die im Vorfeld der MK die deutschen Positionen vorbereitet und mit der Bundesregierung abgestimmt hatten.

Auf der Konferenz in Paris übernahm Deutschland den **Vorsitz** im **ESA-Rat** auf Ministerebene von Frankreich. Der Rat auf Ministerebene ist das höchste Gremium der ESA und gibt die grundlegenden politischen Leitlinien vor, innerhalb derer die ESA ihre Programme entwickelt. Auf der MK in Paris kam er zusammen,



Bild: ESA - P. Sehnrock

Deutschland übernahm bei der ESA-MK 2022 den Ratsvorsitz auf Ministerebene

um die finanziellen Mittel für einzelne Programme und Missionen für die Jahre 2023 bis 2027 festzulegen und die europäische Raumfahrt politisch zu gestalten.

Pflichtprogramm

Das Pflichtprogramm der ESA besteht aus dem Wissenschaftsprogramm und den sogenannten grundlegenden Tätigkeiten (Basic Activities) im Allgemeinen Haushalt. Letztere beinhalten vorbereitende Studien, programmübergreifende strategische Aktivitäten und Technologieentwicklungen sowie die allgemeinen Betriebskosten der Organisation.

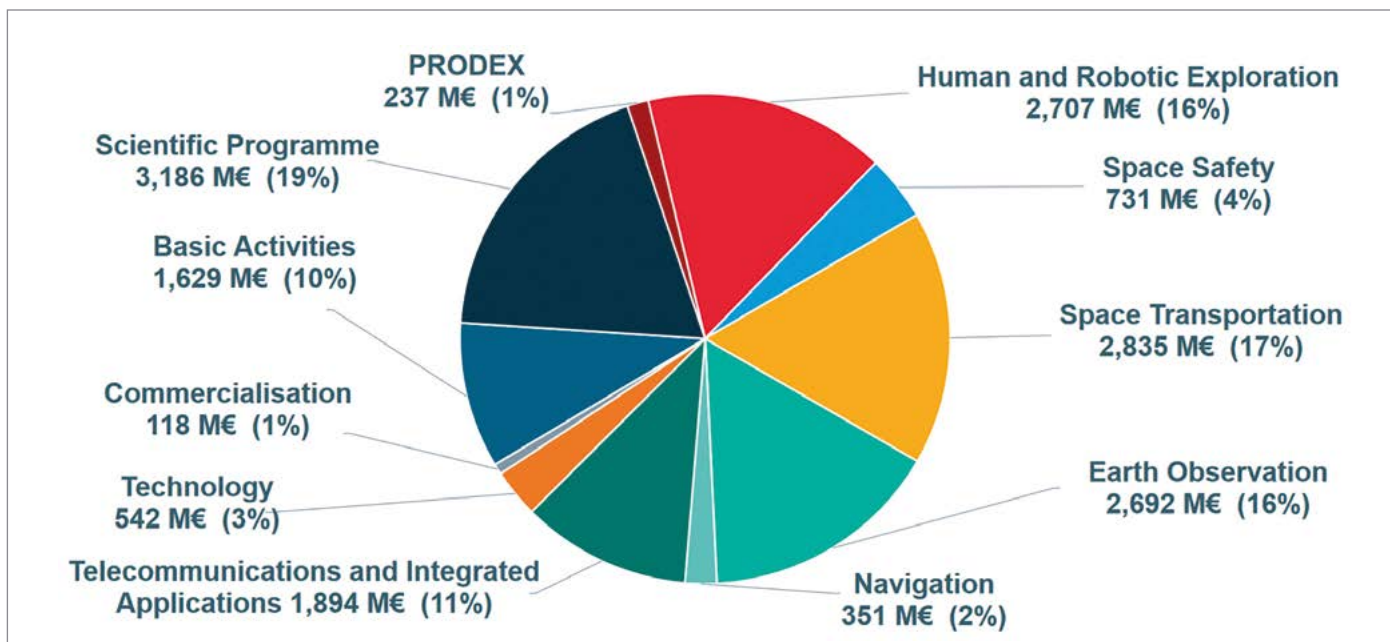
Mit den finanziellen Mitteln des **Wissenschaftsprogramms** werden Forschungssatelliten zur Exploration des Weltraums entwickelt, gestartet und betrieben. Die ESA trägt damit maßgeblich zur internationalen Weltraumforschung bei. Mit den bei dieser MK verpflichteten Mitteln von rund **3,19 Milliarden Euro** (laufende WB) wird zum einen das ESA-Programm **Cosmic Vision** fortgeführt und zum anderen das neue Programm **Voyage 2050** vorbereitet, das die Wissenschaftsmissionen von 2035 bis 2050 umfasst. Im Vergleich zu 2019 wurden die Mittel für das Wissenschaftsprogramm leicht angehoben (rund 2,82 Milliarden Euro, laufende WB), die VertreterInnen der Regierungen räumten laut ESA allerdings auch ein, dass die schwierigen wirtschaftlichen Bedingungen das Potenzial für größere Mittelaufstockungen schmälern würden. Deutschland ist mit 21,13 Prozent größter Beitragszahler dieses Programms und trägt rund **684 Millionen Euro** (laufende WB) bei.

Zu den nächsten geplanten **Wissenschaftsmissionen** zählen zum Beispiel **Juice (Jupiter Icy Moons Explorer)** und **Euclid**, die noch 2023 starten sollen. Juice wird voraussichtlich zwischen dem 5. und 25. April an Bord einer **Ariane 5** starten und den Jupiter sowie seine drei großen ozeanhaltigen Eismonde – **Ganymed**, **Kallisto** und **Europa** – untersuchen. Die Mission soll die Monde als planetarische Objekte und mögliche Lebensräume charakterisieren, den Jupiter eingehend erforschen und das Jupitersystem als Vorbild für Gasriesen im Universum untersuchen. Euclid ist ein Weltraumteleskop zur Untersuchung dunkler Energie und dunkler Materie. Dazu soll es einen großen Teil des Universums kartieren und dabei Milliarden von Galaxien über einen längeren Zeitraum beobachten.



Bild: DLR

Die Spitze der deutschen Delegation in Paris: Dr. Walther Pelzer, Dr. Robert Habeck und Dr. Anna Christmann (v. l. n. r.)



Zeichnungen für die einzelnen ESA-Programme bei der MK 2022

Darüber hinaus soll mit den Mitteln des Wissenschaftsprogramms die Erforschung extrasolarer Planeten vorangebracht werden. *Plato (Planetary Transits and Oscillations)* startet voraussichtlich 2026 und geht der Frage nach, ob es in unserem Universum eine zweite Erde gibt. Dazu fokussiert sich Plato auf die Eigenschaften von Gesteinsplaneten, die sich in der habitablen Zone um ihre Sonne befinden. Die Mission *Ariel (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey mission)* soll sich dagegen mit den Grundbedingungen für die Bildung von Planeten beschäftigen. Dafür soll das Weltraumteleskop mithilfe der Transitmethode (Beobachtung des Planeten, wenn dieser vor seinem Stern vorbeizieht) die Atmosphären von rund tausend Exoplaneten untersuchen. Zusammen mit Ariel wird 2029 auch *Comet Interceptor* starten. Diese Mission besteht aus drei Raumsonden und soll einen Kometen, der gerade erst seine Reise ins innere Sonnensystem antritt, ansteuern und untersuchen.

Insgesamt sollen sich bis Ende der 2030er-Jahre zwölf neue Missionen zur Erkundung und Analyse unseres Sonnensystems und anderer Galaxien auf den Weg machen.

Astronautische und robotische Exploration

Die astronautischen und robotischen Explorationsaktivitäten der ESA werden im Programm *Terrae Novae* zusammengefasst. Dieses konzentriert sich auf drei Ziele: die niedrige Erdumlaufbahn, den Mond und den Mars. Dafür zeichneten die RegierungsvertreterInnen rund **2,71 Milliarden Euro** (WB 2022; 2019: rund 1,97 Milliarden Euro (WB 2019)) (diese und alle weiteren Angaben zu gemischten WB, soweit nicht anders ausgewiesen). In diesem Rahmen wurden von europäischer Seite auch die Mittel bereitgestellt, die *Internationale Raumstation ISS* bis 2030 weiter zu betreiben. Dafür zeichnete Deutschland rund **529 Millionen Euro** und übernimmt hier weiterhin die Führungsrolle. Dazu zählt auch die federführende Beteiligung Deutschlands am Forschungsprogramm *SciSpace*, dessen Ziel es ist, zu verstehen, wie der Weltraum grundlegende physikalische und biologische Prozesse beeinflusst. Es sollen Wege

gefunden werden, den Weltraum nachhaltig zu erforschen, dort zu leben und gleichzeitig einen Nutzen für die Erde zu erzielen.

Für das Ziel **Mond** haben sich Italien und Deutschland mit einer Beteiligung von **125 bzw. 110 Millionen Euro** bei der MK die Führung gesichert. Das wichtigste Element hierfür ist der Lander *Argonaut*, der ab den 2030er-Jahren in der Lage sein soll, routinemäßig wissenschaftliche Nutzlasten und Fracht auf den Mond zu bringen. Deutschland bleibt zudem Hauptproduzent und Beitragender des *European Service Module (ESM)*, das als Versorgungskapsel des Raumschiffs *Orion* der amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde *NASA* ein essenzieller Bestandteil der astronautischen Raumfahrt ist. Die RegierungsvertreterInnen einigten sich bei der MK darauf, mit der Arbeit an der nächsten Serie von europäischen Servicemodulen zu beginnen. Damit stärken sie Europas Rolle im *Artemis*-Programm, unterstützen die Erforschung der Mondoberfläche und leisten gleichzeitig einen Ausgleich für die Kosten der NASA bei Betrieb und Transport für die ISS. Gleichzeitig arbeitet die ESA an dem Aufbau ihrer Elemente für das *Gateway*, das als Raumstation um den Mond kreisen soll, und dem Satelliten Lunar Pathfinder, der Kommunikationsdienste rund um den Mond bereitstellen wird.

Nach der vorläufigen Absage des zweiten Teils der *ExoMars-Mission* aufgrund des kriegerischen Angriffs von Russland auf die Ukraine, konnte bei der MK auch die Zukunft des Rovers *Rosalind Franklin* gesichert werden. Europa beschloss, eine eigene Landefähre zu bauen, die den Rover auf die Marsoberfläche bringen soll. Dieser soll erforschen, ob in den alten Seen des Roten Planeten noch Leben existiert. Auch die NASA wird voraussichtlich wichtige zusätzliche Elemente zur Mission beitragen. Darüber hinaus wurden die nächsten Schritte für die Zusammenarbeit mit der NASA bei *Mars Sample Return* bestätigt. Mit dieser Mission sollen erstmals Proben von einem anderen Planeten zur Erde zurückgebracht werden. Hier startet jetzt auf europäischer Seite die Entwicklung des Orbiters für die Probenrückführung zur Erde sowie des Probentransferarms für den Lander. Für die Marsexploration zeichnete Deutschland **60 Millionen Euro**.

Erdbeobachtung

Für das Erdbeobachtungsprogramm sollen in den nächsten Jahren rund **2,69 Milliarden Euro** zur Verfügung stehen (2019: rund 2,61 Milliarden Euro (WB 2019)). Darunter fällt auch die Finanzierung von **FutureEO**, ein langfristiges europäisches Wissenschafts- und Technologieprogramm zur Erkundung der Erde und ihrer Umwelt. Neben den wissenschaftlichen Earth-Explorer-Satelliten und den Wettersatelliten von **EUMETSAT (Europäische Organisation für meteorologische Satelliten)** haben die **Sentinel-Satelliten des Copernicus-Programms** hier ihre Ursprünge. Gleichzeitig ist FutureEO offen für neue Märkte und setzt verstärkt auf New Space und Technologien wie künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen. Hier gab die ESA-MK das „Go“ für zwei ehrgeizige Missionen: Die erste ist die nächste Earth-Explorer-Mission **Harmony**. Sie soll neue Daten zur Beantwortung entscheidender Fragen im Zusammenhang mit der Dynamik der Ozeane, des Eises und des Bodens liefern. Diese wirken sich unmittelbar auf die Risikoüberwachung, die Wasser- und Energieressourcen, die Ernährungssicherheit und den Klimawandel aus. Die zweite Mission ist **MAGIC**, eine Schwerkraftmission, die das Wasservolumen in den Ozeanen, Eisschilden und Gletschern beobachten wird, um die Veränderungen des Meeresspiegels besser zu verstehen und das Wassermanagement zu verbessern. Deutschland beteiligt sich mit rund **347 Millionen Euro** an FutureEO.

Auch die Kontinuität des Copernicus-Programms wurde mit einer neuen Zeichnung gesichert. Mit rund **185 Millionen Euro** hält Deutschland dort seine Führungsrolle. Hier soll die Weltraumkomponente auf Grundlage neuer Bedürfnisse weiterentwickelt werden. Dabei geht es konkret um die Erweiterung des Systems mit neuen Sentinel-Satelliten sowie Diensten für Klimaüberwachung und Klimaschutz, Landwirtschaft, Mobilität, Sicherheit und Katastrophenvorsorge. Das Programm liefert schon jetzt essenzielle Daten für die Umsetzung des „European Green Deal“, des Pariser Klimaabkommens und für Klima-Anpassungsmaßnahmen und soll seine Rolle zukünftig ausweiten sowie seine Daten präzisieren.

Auch die Mission **Aeolus-2** soll mit den neuen Mitteln verwirklicht werden. Der erste Aeolus-Satellit startete 2018, um mit einer revolutionären Lasertechnologie Winde in verschiedenen Höhenschichten rund um die Erde zu messen. Zusammen mit Aeolus-2 wird daraus jetzt ein Programm. Von 2030 bis 2040 sollen die Satelliten gemeinsam globale 3D-Windfelder messen, um die Wettervorhersage zu optimieren und ein besseres Verständnis der Funktionsweise der Erdatmosphäre zu erlangen. Ein weiteres Programm ist auch **InCubed-2**, eine Initiative zur Förderung der Kommerzialisierung in der Erdbeobachtung. Es soll die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie in diesem Bereich stärken und die europäischen Anbieter auf dem Weltmarkt etablieren.

Contributor	CM19		CM22	
	Subscriptions M€, 2019 economic conditions	Share per Contributor	Subscriptions M€, 2022 economic conditions	Share per Contributor
Austria	190	1.3%	229	1.4%
Belgium	816	5.6%	946	5.6%
Czech Republic	150	1.0%	146	0.9%
Denmark	128	0.9%	136	0.8%
Estonia	9	0.1%	26	0.2%
Finland	110	0.8%	148	0.9%
France	2,664	18.4%	3,202	18.9%
Germany	3,294	22.7%	3,512	20.8%
Greece	84	0.6%	87	0.5%
Hungary	97	0.7%	87	0.5%
Ireland	81	0.6%	96	0.6%
Italy	2,282	15.7%	3,083	18.2%
Luxembourg	129	0.9%	131	0.8%
Netherlands	345	2.4%	465	2.8%
Norway	284	2.0%	281	1.7%
Poland	166	1.1%	197	1.2%
Portugal	102	0.7%	114	0.7%
Romania	168	1.2%	122	0.7%
Spain	852	5.9%	932	5.5%
Sweden	244	1.7%	317	1.9%
Switzerland	542	3.7%	634	3.7%
United Kingdom	1,655	11.4%	1,892	11.2%
Latvia			3	0.0%
Lithuania			5	0.0%
Slovakia			12	0.1%
Slovenia	5	0.0%	20	0.1%
Canada	114	0.8%	98	0.6%
Total	14,511	100.0%	16,923	100.0%

Zeichnungsübersicht der einzelnen Staaten für 2019 und 2022

Bild: ESA

Zu den **weiteren Planungen** in der Erdbeobachtung zählen die verstärkte Überwachung neuer wesentlicher Klimavariablen und die Unterstützung von Klimamaßnahmen; die Entwicklung eines digitalen Zwilling-Erdmodells unter Verwendung von Hochleistungs- und Cloud-Computing oder künstlicher Intelligenz; die Fortsetzung der Entwicklung der *TRUTHS-Mission*, die die Kreuzkalibrierung von Daten aus verschiedenen Klimamissionen sicherstellen wird; die Ausweitung des Netzes von Erdbeobachtungsmissionen Dritter sowie die Bewahrung wesentlicher langfristiger Klimadatensätze.

Telekommunikation und integrierte Anwendungen

Etwa **1,89 Milliarden Euro** hat die ESA-MK im Bereich Telekommunikation und integrierte Anwendungen für die Verbesserung des Lebens auf der Erde durch eine immer und überall verfügbare Konnektivität bereitgestellt (2019: rund 1,59 Milliarden Euro (WB 2019)). Ein Großteil der Mittel fließt in das *ARTES-Programm* (*Advanced Research in Telecommunications Systems*) der ESA. Mit diesem sollen Innovation in der europäischen Raumfahrtindustrie gefördert werden, damit die Unternehmen auf dem hart umkämpften Weltmarkt für Telekommunikationssatelliten und deren Anwendungen erfolgreich sein können. Die deutsche Beteiligung legt den Fokus auf das Rahmenprogramm Wettbewerbsfähigkeit (**50 Millionen Euro**). Weitere deutsche Schwerpunkte sind die strategisch relevante Schlüsseltechnologie (Laser-)Kommunikation (rund **41 Millionen Euro**) und die Entwicklungen zukünftiger satellitenbasierter Sicherheitslösungen inklusive Quantenschlüsselverteilung (QKD) (rund **39 Millionen Euro**).

Gleichzeitig wurde ein neues ESA-Programm geschaffen, das zusammen mit der entsprechenden EU-Initiative eine Konstellation für sichere Konnektivität aufbaut. Für die erste Phase wurden insgesamt **35 Millionen Euro** gezeichnet, mit denen die ESA nun vorbereitende Maßnahmen zur Entwicklung und Validierung einer europäischen Satellitenkonstellation für sichere Konnektivität einleiten möchte. Die zweite Phase, mit Mitteln in Höhe von **685 Millionen Euro**, soll im Jahr 2023 bestätigt werden. Deutsch-

land unterstützt die EU-Initiative zur sicheren Konnektivität und das flankierende Programm der ESA mit **189 Millionen Euro**.

Finanziert wurde außerdem das *Moonlight-Programm*. Mit diesem sollen private europäische Raumfahrtunternehmen ermutigt werden, eine Satellitenkonstellation um den Mond herum aufzubauen, damit auch hier zukünftig Telekommunikations- und Navigationsdienste angeboten werden können. Auch soll es ein neues Programm mit dem Namen „Civil Security from Space“ geben, das eine weltraumgestützte schnelle und belastbare Reaktion für das Krisenmanagement in Echtzeit auf der Erde umfasst.

Navigation

Basierend auf der Erfahrung bei der Entwicklung von *Galileo* und *EGNOS* (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) hat die ESA das Programm *FutureNAV* ins Leben gerufen. FutureNAV wird aus mehreren Missionen bestehen, die dem wachsenden Bedarf an allgegenwärtiger, belastbarer und zuverlässiger Ortung, Navigation und Zeitgebung (*Positionierungs-, Navigations- und Zeitgebungstechnologie, PNT*) gerecht werden. Die erste Mission besteht aus einer kleinen Konstellation von Navigationssatelliten im niedrigen Erdorbit (LEO), den sogenannten *LEO-PNT-Satelliten*, die genauer, robuster und überall verfügbar sind und die weiter entfernten Galileo-Satelliten ergänzen. Die zweite Mission ist *GENESIS* und soll mit PNT-Technologien die Positionen von Referenzstationen bis auf einen Millimeter genau messen und dadurch kleinste Veränderungen in den sich ständig verändernden Konturen des Planeten Erde erfassen.

Die Mittel für die Navigation wurden daher auf rund **351 Millionen Euro** aufgestockt (2019: rund 73 Millionen Euro (WB 2019)). Teil davon ist auch das *NAVISP* (*Navigation Innovation and Support Program*), ein Programm für Innovation und Unterstützung im Bereich der Navigation, in dem die ESA die Entwicklung innovativer Positionierungs-, Navigations- und Zeitgebungstechnologien fördert.

Bild: ESA

Inflation 2019 to 2022 = 3.8%		
Domain	CM19 M€, 2019 economic conditions	CM22 M€, 2022 economic conditions
Scientific Programme*	2,823	3,186
PRODEX*	244	237
Human and Robotic Exploration	1,972	2,707
Earth Observation	2,607	2,692
Telecommunications and Integrated Applications	1,590	1,894
Navigation	73	351
Space Safety	455	731
Space Transportation	2,758	2,835
Basic Activities*	1,407	1,629
Technology*	582	542
Commercialisation * In current economic conditions	-	118
Total	14,511	16,923

Vergleich der Zeichnungen für die einzelnen Programme zwischen der MK 2019 und der MK 2022



Bei der ESA-MK 2022 kamen die 22 Mitgliedstaaten, die sechs assoziierten Mitglieder und das kooperierende Mitglied Kanada in Paris zusammen

Weltraumsicherheit

Auch bei der Weltraumsicherheit stockt die ESA ordentlich auf: Die gezeichneten rund **731 Millionen Euro** (2019: 455 Millionen Euro (WB 2019)) sollen in Missionen gesteckt werden, die die Erde zukünftig vor möglichen Gefahren aus dem Weltraum schützen können. Die ESA hat dafür drei Cornerstone-Missionen entwickelt: **Vigil**, **Hera** und **ClearSpace-1**. Vigil soll vom *Lagrange-punkt 5* aus die Sonne beobachten und in Echtzeit Daten über potenziell gefährliche Sonnenaktivitäten senden. So soll das Weltraumwetter vorhergesagt und Sonnenstürme vier bis fünf Tage vor ihrem Eintreffen auf der Erde erkannt werden. Mit dem deutschen Beitrag von **30 Millionen Euro** wird ein wissenschaftliches Instrument entwickelt – der *Photospheric Magnetic Field Imager (PMI)* zur Beobachtung des Magnetfelds auf der Sonnenoberfläche.

Hera ist der europäische Beitrag zur NASA-Mission **DART (Double Asteroid Redirection Test)**, die am 27. September 2022 kontrolliert mit dem Asteroiden *Dimorphos* kollidierte. Hera soll 2024 starten und nach ihrer Ankunft 2026 eine detaillierte Untersuchung nach dem Aufprall durchführen. Damit kann die Mission wichtige wissenschaftliche Daten sammeln und die Ablenkungstechnik für mögliche zukünftige Asteroideneinschläge validieren. Deutschland zeichnete rund **72 Millionen Euro** für die Fertigstellung der Mission. Hera wird in Bremen gebaut.

ClearSpace-1 soll 2026 erstmals aktiv ein Stück Weltraummüll entfernen – ein 112 Kilogramm schweres Raketenteil. Mit seinen vier Roboterarmen wird ClearSpace-1 das Objekt einfangen und einen kontrollierten Wiedereintritt in die Atmosphäre durchführen. Die Mission soll dazu beitragen, einen neuen Markt für die

Wartung in der Umlaufbahn und die Entfernung von Trümmern zu schaffen. Deutschland beteiligt sich mit rund **28 Millionen Euro** daran.

Träger

Die Mittelverpflichtungen für den Raumtransport der ESA steigen mit der MK 2022 auf **2,84 Milliarden Euro** für die nächsten Jahre (2019: rund 2,76 Milliarden Euro (WB 2019)). Damit möchte die ESA vor allem ihre Trägerraketen *Ariane 6* und *Vega* weiter ausbauen. Ab Ende 2023 soll die Ariane 6 erstmals Nutzlasten ins All bringen. Deutschland beteiligt sich mit rund **162 Millionen Euro** an der weiteren Entwicklung und der Markteinführung. Parallel dazu möchte die ESA ein umweltfreundliches Wasserstoffsystem für die Betankung der Ariane-Trägerraketen im europäischen Weltraumbahnhof in Französisch-Guayana entwickeln. Damit soll bis 2030 auf Kohlenstoff in der Wasserstoffproduktion verzichtet werden. Neben der *Vega-C*, die am 13. Juli 2022 ihren erfolgreichen Erstflug feierte, ist außerdem die *Vega-E* in der Entwicklung. Sie basiert auf der Vega-C, hat aber eine kryogene Drittstufe, die die Leistung steigern, aber Kosten reduzieren soll. Ein Erststart ist hier für 2026 geplant.

Auch möchte die ESA mit den Mitteln die Entwicklung des wiederverwendbaren **Space Rider** abschließen. Dieses unbemannte Roboterlabor kann etwa zwei Monate lang in der niedrigen Umlaufbahn bleiben. Die Experimente an Bord können Technologien demonstrieren und ermöglichen Forschung in Schwerelosigkeit. Am Ende seiner Mission kehrt der Space Rider mit den Experimenten zur Erde zurück und kann für einen weiteren Flug gerüstet werden.



Die deutsche Delegation bei der ESA-MK

Die ESA wird im Bereich der Träger die Entwicklung wichtiger Technologien fortsetzen. Am Technologie- und Qualifizierungsprogramm für künftige Träger (*Future Launchers Preparatory Programme, FLPP*) beteiligt sich Deutschland mit rund **123 Millionen Euro**. Hier soll unter anderem eine kostengünstige Oberstufe in Leichtbauweise entwickelt und die Leistungsfähigkeit existierender und neuer Triebwerke verbessert werden. In das optionale Begleitprogramm *LEAP (Launchers Exploitation Accompaniment Programme)* investiert Deutschland etwa **52 Millionen Euro**. Dazu zählt auch der Betrieb des DLR-Raketentestzentrums in Lampoldshausen, das jetzt – wie bislang nur der Europäische Raumflughafen in Kourou – als unverzichtbare Infrastruktur definiert ist.

Außerdem wurde bei der MK das **Boost!-Programm** verstärkt. Damit sollen kommerzielle Raumfahrtunternehmen darin unterstützt werden, ihre Raumtransportprojekte (Microlauncher) in die Realität umzusetzen. Aufgrund der Initiative von Deutschland konnte eine Einbeziehung dieser Microlauncher als Trägerraketen für ESA-Nutzlasten erzielt werden – ein wichtiger Erfolg für die Schaffung einer Chancengleichheit für Microlauncher.

Technologie und Kommerzialisierung

Für den Bereich Technologie haben die ESA-Mitgliedstaaten und ihre Partner 2022 rund **542 Millionen Euro** (laufende WB) gezeichnet (2019: rund 582 Millionen Euro (laufende WB)). Mit dem allgemeinen Technologieförderprogramm *GSTP (General Support Technology Programme)* sollen weiterhin vielversprechende Konzepte und Ansätze zu vollständigen Raumfahrtanwendungen entwickelt werden. Damit werden insbesondere kleine und mittlere Unternehmen sowie Start-ups beim Aufbau ihrer industriellen Wettbewerbsfähigkeit unterstützt. Es werden auch Unternehmen gefördert, die nicht aus der Raumfahrt kommen, aber dort Fuß fassen möchten. Deutschland beteiligt sich mit **50 Millionen Euro** (laufende WB) am GSTP.

Darüber hinaus wurde beschlossen, einen neuen Bereich zur Kommerzialisierung mit rund **118 Millionen Euro** zu fördern. Das hierfür entwickelte Programm *ScaleUp* soll die Kommerzialisierung der Raumfahrt und die Entwicklung eines neuen Ökosystems für die Raumfahrt in Europa aktiv unterstützen. Es soll dazu anregen, mehr Risiken einzugehen, schneller auf den Markt zu kommen, private und institutionelle Investoren anzuziehen und Unternehmensinnovationen einzuführen, indem es externe



ESA-Generaldirektor Dr. Josef Aschbacher bei der abschließenden Pressekonferenz

Unterstützung für die Unternehmensentwicklung bietet. Diese können technische Beratung, Zugang zu Einrichtungen, Demonstrations- und Validierungsmöglichkeiten im Orbit sowie Unterstützung beim Zugang zu privaten Investitionen über das *ESA Investor Network* umfassen. Deutschland trägt mit **22 Millionen Euro** zu dem neuen Programm bei und führt damit unter anderem sein Engagement für die *ESA Business Incubation Center (BIC)* fort.

Nächste MK in Deutschland

Zum Abschluss der zweitägigen Konferenz wurden die Ergebnisse auf einer Pressekonferenz vorgestellt. ESA-Generaldirektor Aschbacher zeigte sich sehr beeindruckt von den Zeichnungen, insbesondere vor dem Hintergrund der Coronapandemie der letzten Jahre und des Kriegs in der Ukraine. Auch wurden in diesem Rahmen die neuen ESA-Astronautinnen und Astronauten vorgestellt. Für fünf von ihnen beginnt die Ausbildung im *European Astronaut Center (EAC)* in Köln. Dazu wurden elf Mitglieder für eine Astronautenreserve und ein „Para-Astronaut“ mit einer körperlichen Behinderung benannt.

Im Rahmen des deutschen Vorsitzes des ESA-Ministerrates soll die nächste Ministerratskonferenz 2025 in Deutschland stattfinden. ●



Bild: ESA - S. Corvaja

Die ESA-MK fand im Grand Palais Éphémère am Fuß des Eiffelturms in Paris statt

DIE AUTORIN

Alisa Griebler koordiniert die Kommunikationsaktivitäten der *Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)*. Sie ist Pressesprecherin der DGLR und Chefredakteurin des Magazins „Luft- und Raumfahrt“.

EINSATZBEREITE SYSTEME

Wir lösen die Herausforderungen ganzheitlich

esg.de

Unbekannte Phänomene am Himmel

Aktuelle Lage, Bedeutung und Perspektiven

Bild: SpaceX (CC BY-NC 2.0)

Die meisten UAP-Beobachtungen können auf ihre Ursache zurückgeführt werden.
So werden auch menschliche Raumschifflandungen, wie hier von SpaceX, gerne von Laien für UFO-Sichtungen gehalten.

Im November 2004 zeichnete der Flugzeugträger *USS Nimitz* unerklärliche Bewegungen auf dem Radar am Himmel über dem Pazifischen Ozean auf. Eine Pilotin und ein Pilot flogen los, um diese zu untersuchen und fanden ein sich sehr schnell bewegendes ovales Flugobjekt, das keinen sichtbaren Antrieb zu haben schien und bald wieder verschwand. Bis heute sind das Objekt und seine Herkunft unbekannt. Damit zählt es zu den *Unidentified Aerial Phenomena (UAP)*. So werden am Himmel wahrgenommene Phänomene bezeichnet, deren Ursache zunächst ungeklärt bleibt. Es ersetzt weitgehend den alten Begriff *Unidentified Flying Object (UFO)*.

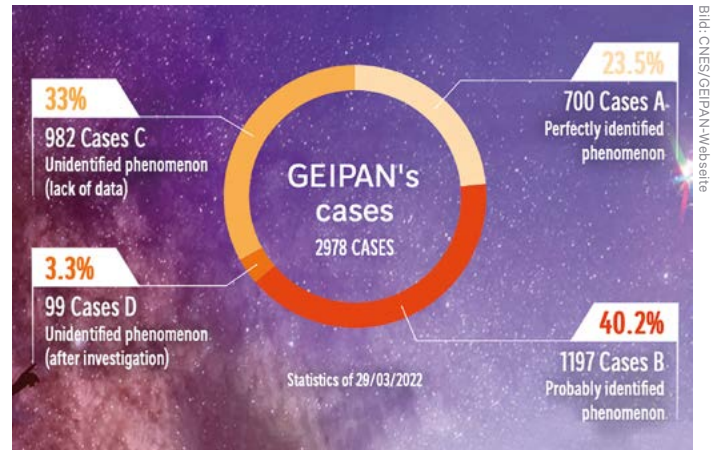
Oftmals lassen sich solche beobachteten Phänomene schnell mit gewöhnlichen Ursachen wie Flugzeugen, Drohnen oder Vögeln erklären. Es bleibt jedoch ein kleiner Anteil an Fällen, die unerklärliche Eigenschaften aufweisen und deren Ursachen unbekannt bleiben – so wie auch bei dem *Nimitz-Vorfall*. Nach der Statistik von *GEIPAN* (*Group for Study and Information on Unidentified Aerospace Phenomena*, einer Abteilung der französischen Raumfahrtagentur *CNES*) im September 2022 beträgt dieser geringe Anteil etwa 3,3 Prozent.

UAP werden seit über 70 Jahren beschrieben und bieten das Potenzial für die Entdeckung neuer, bisher unbekannter Phänomene. Dies setzt jedoch systematisch erfasste Daten und wissenschaftliche Untersuchungen von hoher Qualität voraus, die bisher fehlen. Eine Situation, die sich bald durch eine neue Haltung zu dem Thema ändern dürfte.

Stigmatisierung der UFO-Forschung

Die jüngere Geschichte der scheinbar unerklärlichen Phänomene am Himmel beginnt mit Presseberichten vor etwa 74 Jahren. Ihnen zufolge sichtete Pilot Kenneth Arnold am 24. Juni 1947 während eines Flugs mehrere Flugobjekte unbekannter Herkunft. In den darauffolgenden Berichten und Diskussionen etablierte sich der Begriff *UFO*.

Im Laufe der Zeit wurden *UFO*-Sichtungen immer mehr ins Lächerliche gezogen und die Zeugen teilweise diskreditiert. Viele zufällige Beobachtungen stempelte die Öffentlichkeit schnell als Spinnerei, Fälschung oder Esoterik ab. Neben vielen Fehldeutungen von zufälligen Beobachtungen kam es zu absichtlichen Täuschungen, die diesen Trend verstärkten. Natürlich konnten unbekannte Flugobjekte am Himmel, insbesondere vor dem Hintergrund des Kalten Kriegs, auch sicherheitsrelevant sein. Das erschwerte mögliche Untersuchungen zusätzlich. Statt der Suche nach Antworten wurde lediglich über die Ursachen spekuliert, was zur Stigmatisierung des Themas in der Gesellschaft und der Wissenschaft führte.



Statistik über die Ursachen von UAP laut GEIPAN/CNES

Dadurch fanden jahrzehntelang, von sehr wenigen Ausnahmen abgesehen, praktisch keine ernsthaften wissenschaftlichen Untersuchungen statt. Interessierte WissenschaftlerInnen hielten sich aus Rücksicht auf die eigene Karriere und aus Mangel an Ressourcen zurück. Bis heute existieren daher nur sehr wenige Veröffentlichungen zu dem Thema. Dazu zählt der Condon-Bericht aus dem Jahr 1969, der unter der Leitung des Physikers Edward Condon ausgearbeitet wurde. Er kam zu dem Schluss, dass die Erforschung von *UFOs* keine lohnenden Erkenntnisse für die Wissenschaft bringen würde. In der wissenschaftlichen Gemeinschaft wurde das Thema danach kaum weiterverfolgt.

UAP heute

Auch heute stammen die Informationen über ein *UAP* in vielen Fällen aus anekdotischen Berichten, manchmal kombiniert mit einzelnen verwackelten oder unscharfen Fotos oder Videos. In viel selteneren Fällen gibt es aber auch Informationen von Messinstrumenten zum Beispiel an Bord von Militärflugzeugen oder Radaranlagen. Oft fehlen dann allerdings Kontextinformationen und Rohdaten. Die Begleitumstände, die für die Klärung wichtig wären, sind selten öffentlich zugänglich.

So gibt es noch immer keine umfassende, systematische und öffentlich zugängliche Datenbasis, die auf objektiven Messungen beruht. Einer der Gründe dafür ist weiterhin die Stigmatisierung des Themas. Auch stellt natürlich die Flüchtigkeit und Nicht-Wiederholbarkeit des Phänomens ein großes Problem dar. Gleichzeitig mangelt es an Messungen mit geeigneten Instrumenten und auch die militärische Relevanz sowie Sicherheitsinteressen sind ein Hindernis bei der Untersuchung dieser Phänomene.

Merkmale und Ursachen von UAP

Was aber macht ein *UAP* aus? Die folgende Liste ist eine kurze Zusammenstellung einiger **typischer Merkmale** von *UAP*. Sie ist nicht vollständig, fasst aber die signifikantesten Aspekte zusammen:

- extreme Beschleunigung oder Geschwindigkeiten;
- abrupte Flugmanöver, plötzliches Anhalten und Start aus dem Stand;

Bild: United States Navy



Bilder von verschiedenen *UAP*-Sichtungen

- keine erkennbaren Antriebs- oder Steuerungselemente trotz sichtbarer Ausdehnung des Objekts/Phänomens, oft im Bereich von fünf bis 20 Meter Durchmesser (im Gegensatz zu kleinen Lichtpunkten am Himmel) und unterschiedlicher Form, keine Wärmesignaturen des Antriebs;
- plötzliches Auftauchen und Verschwinden;
- geräuschloser Schwebeflug oder leises Summen, in manchen Fällen trotz kurzer Beobachtungsdistanz;
- kein Überschallknall;
- oft intensives Glühen in unterschiedlichen Farben, unscharfe Konturen, manchmal scheinbare Verformung und/oder Abtrennung von Teilen;
- in seltenen Fällen elektromagnetische Störungen auf Bordinstrumente oder physikalische Einwirkungen auf die Umgebung;
- selten Transmediumfähigkeit (Übergang der Bewegung zwischen Wasser, Luftraum und Weltraum);
- manchmal Erwecken des Eindrucks eines absichtlichen bzw. intelligenten Verhaltens oder Reaktion auf menschliches Handeln.

Einige dieser Aspekte können allein für sich betrachtet größtenteils mit bekannten Phänomenen oder Objekten erklärt werden. Dies wird jedoch zunehmend schwieriger, je mehr dieser Eigenschaften **gleichzeitig** auftreten. Eine Studie über die Flugeigenschaften von UAP am Beispiel des Nimitz-Vorfalles kommt zu dem Schluss, dass die Beschleunigungen im Bereich von 76 g bis 5.370 g lagen – um ein Beispiel für den Ausdruck „extrem“ zu geben.

Wenn am Himmel etwas zunächst scheinbar Ungewöhnliches beobachtet wird, fällt die **Ursache** meistens in eine der folgenden Kategorien:

- astronomische Objekte oder Ereignisse, weit im Weltraum (Sterne, Sonne, Mond, Planeten, Kometen etc.);
- erdnahe Weltraum (ISS, Satelliten, Raketenstufen, Weltraummüll etc.);
- obere Atmosphäre (Meteore, Wolken, Blitze, Polarlichter etc.);
- untere Atmosphäre oder in Bodennähe (Ballons, Raketen, Flugzeuge, Hubschrauber, Drohnen, Drachen, Partylichter, Insekten etc.);

- am Boden oder über dem Wasser (Leuchttürme, Fackeln, Signallichter, Schiffe etc.);
- Illusionen (Sinnestäuschungen, Sensor-Artefakte, Reflexionen, Strahlungseffekte, bewusste Täuschungen etc.).

Aktuelle Situation im Umgang mit UAP

Spätestens seit der Veröffentlichung des Berichts des amerikanischen *Office of the Director of National Intelligence (DNI)* im Juni 2021 findet ein Paradigmenwechsel in der Behandlung des Themas statt. Seit Jahrzehnten wurde die Frage, ob es UFOs gibt, meist mit „nein“ beantwortet. Das hat sich seit dem DNI-Bericht geändert. Dieser sagt, dass es noch immer einen kleinen Teil der am Himmel beobachteten Phänomene gebe, die nach Untersuchung durch Expertinnen und Experten nicht erklärt werden konnten. Es sei nicht die Frage, ob es UAP gibt, sondern „was“ sie sind.

Dass sich die Einstellung zu UAP langsam ändert, zeigt sich auch in der offiziellen Veröffentlichung von drei Videos von UAP-Sichtungen durch die *US Navy* im Jahr 2020. Die Ausschnitte sind nicht spektakulär und es könnten mit der Zeit konventionelle Erklärungen gefunden werden. Wichtiger ist vielmehr die Tatsache der **Veröffentlichung**. Es wäre möglich, dass es weitere Videos mit zusätzlichen Kontextinformationen gibt, die aber nicht öffentlich gemacht werden können.

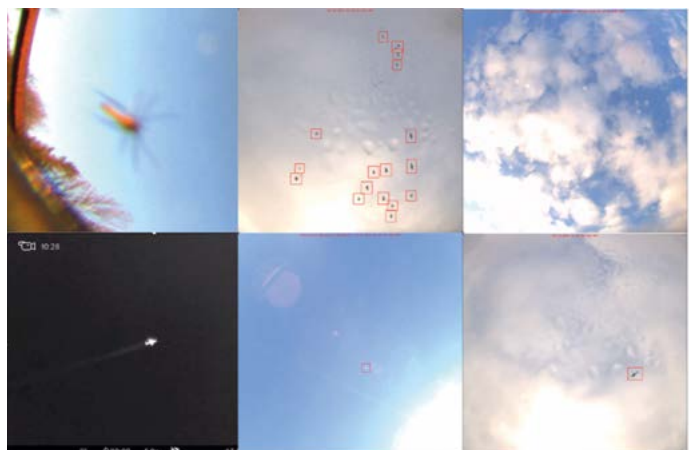
Diese neue Offenheit und möglicherweise eine gewisse Ratlosigkeit spiegelt sich auch in der Tatsache wider, dass in den USA im Sommer 2022 eine **neue Behörde** für die Erforschung von UAP eingerichtet wurde, nämlich das *All-domain Anomaly Resolution Office (AARO)*. Das Wort „All-domain“ bezieht sich darauf, dass Anomalien nicht nur im Luftraum, sondern auch unter Wasser oder im Weltraum gesichtet werden. Weiterhin startete die amerikanische Luft- und Raumfahrtbehörde *NASA* im Herbst 2022 eine eigene, unabhängige **UAP-Untersuchung** und erregte damit weltweit große Aufmerksamkeit. Mit *Galileo* richtete auch die *Universität Harvard* ein eigenes Projekt zur Untersuchung von UAP ein.

Den Ursachen von UAP auf der Spur

Dieses neue Umfeld ermöglicht perspektivisch die Ermittlung der wahren Ursachen und die potenzielle Entdeckung neuer



SkyCAM-5 auf dem Dach eines Gebäudes der Universität Würzburg



Beispiele von UAP-Beobachtungen mit einer SkyCAM

Phänomene durch wissenschaftliche Untersuchungen. Dazu ist es allerdings notwendig, belastbare Daten über das jeweilige Phänomen zu gewinnen.

In der Vergangenheit gab es bei Sichtungen oftmals nur Berichte, ohne dass Fotos, Videos oder Daten aus geeigneten Instrumenten vorlagen. Selbst heute, zu einer Zeit in der fast jeder ein Smartphone griffbereit hat, sind viele Aufnahmen verwackelt oder unscharf, da sie oft in einer überraschenden Situation gemacht werden.

Für die **wissenschaftliche Untersuchung** ist es daher wichtig, Daten mit dedizierten Instrumenten zu gewinnen. Aus diesem Grund müssten mehrere verschiedene Sensoren an unterschiedlichen Standorten kontinuierlich zum Einsatz kommen, um solche Phänomene aus diversen Perspektiven abzubilden. Eine grundlegende Aufgabe besteht dabei darin, die sich am Himmel bewegendem Objekte zu detektieren und zu klassifizieren, um die bekannten automatisch herauszufiltern. Idealerweise sollten Informationen von bekannten Objekten wie astronomischen Körpern, Flugzeugen, Satelliten und Wetterphänomenen in die automatische Bewertung mit einfließen. Liefert die automatische Klassifizierung kein Ergebnis, muss ein Mensch versuchen, die Ursache für das Ereignis zu finden.

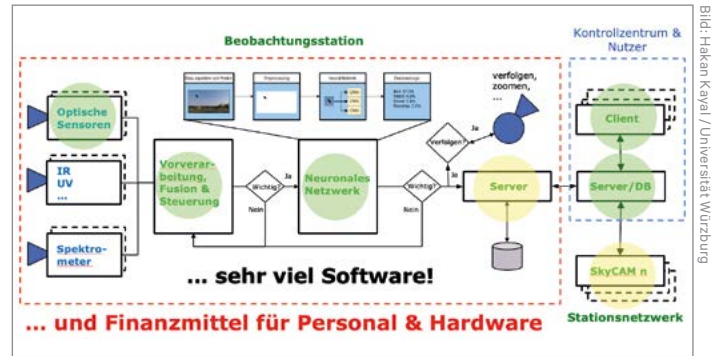
Situation in Deutschland

Anders als in den USA oder in Frankreich gibt es in **Deutschland** bisher keine staatliche Einrichtung oder Behörde, die sich explizit mit UAP beschäftigt. Bislang sind es nur einige **private Vereine**, wie zum Beispiel die **GEP (Gesellschaft zur Erforschung des UFO-Phänomens e.V.)**, die sich schon seit Jahrzehnten ernsthaft mit dem Thema UFO/UAP beschäftigen, Fallmeldungen dokumentieren und auswerten. Diese können aber die institutionelle Forschung oder staatliche Koordinierungsleistungen nicht ersetzen.

Neben den Vereinen gibt es eine **universitäre Einrichtung** in Deutschland, die sich explizit mit dem Thema UAP beschäftigt. Das **Interdisziplinäre Forschungszentrum für Extraterrestrik (IFEX)** der **Universität Würzburg** arbeitet an der Entwicklung von Systemen für die Weltraumforschung. Im Januar 2022 wurde zusätzlich die Erforschung von UAP offiziell in den Forschungskanon aufgenommen. Das Thema ist bereits seit 2008 ein Schwerpunkt der Professur für Raumfahrttechnik von Prof. **Hakan Kayal**, die eng mit dem IFEX verbunden ist.

Das IFEX wird derzeit organisatorisch ausgebaut und sieht sich als eine koordinierende Stelle in Deutschland für die UAP-Forschung. Neben den eigenen Forschungsaktivitäten sollen die Kompetenzen der wachsenden Anzahl von nationalen und internationalen assoziierten Mitgliedern dazu beitragen, die UAP-Forschung auch in Deutschland voranzubringen. In diesem Zusammenhang wird der Austausch mit relevanten staatlichen Einrichtungen und Behörden angestrebt, die einen wichtigen Beitrag dazu leisten können.

Zu den Aktivitäten des IFEX zählen die Entwicklung und der Betrieb von **KI-gestützten Sensorsystemen**, die für die Detektion und Analyse von UAP entwickelt werden. Ein aktuelles System,



Aufbau der Hard- und Softwarekomponenten einer Beobachtungsstation für UAP

die SkyCAM, ist seit Dezember 2021 im kontinuierlichen Testbetrieb. Es wird stetig ausgebaut und soll zukünftig mit einem Netzwerk von Beobachtungsstationen mit unterschiedlichen Typen von Sensoren erweitert werden.

Ausblick und Perspektiven

Mit der schwindenden Stigmatisierung von UAP-Sichtungen weitet sich die weltweite Forschung über das Thema zunehmend aus. Sind Naturphänomene die Ursache, könnte eine Untersuchung zu ihrem besseren Verständnis führen. Stehen geheime Technologien hinter den Sichtungen, könnte ihr Verständnis zu ganz neuen technischen Möglichkeiten führen. Sind tatsächlich außerirdische Intelligenzen die Ursache, wäre ihre Entdeckung ein wichtiger Schritt für die Menschheit. Unabhängig von den konkreten Ergebnissen, kann also mit einem großen Nutzen für Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft gerechnet werden.

Auch in Deutschland sollte die UAP-Forschung vorangetrieben werden. Mit dem IFEX existiert bereits eine akademische Einrichtung, die sich explizit mit dem Thema beschäftigt und eine koordinierende Rolle einnehmen kann. Dazu bedarf es aber der Sensibilisierung der Politik zur UAP-Thematik, insbesondere im Hinblick auf die notwendige Zusammenarbeit mit relevanten staatlichen Einrichtungen wie zum Beispiel der **Flugsicherung**. Denn auch die Flugsicherheit spielt eine Rolle. Da das Phänomen weltweit auftritt, ist eine internationale Zusammenarbeit erforderlich und könnte in Zukunft beispielsweise durch den Austausch von Daten, gemeinsame Untersuchungen bzw. Projekte oder die Etablierung von dedizierten UAP-Meldeverfahren im Flugverkehr vorangetrieben werden. Nicht zuletzt ist die Förderung von entsprechenden Projekten erforderlich, ohne die eine ernsthaftere Forschung kaum denkbar ist. ●

DER AUTOR

Prof. Dr.-Ing Hakan Kayal studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der **Technischen Universität Berlin**. Seit 2008 leitet er die Professur für Raumfahrttechnik an der **Julius-Maximilians-Universität Würzburg**. Zu seinen Schwerpunkten zählen neben der Entwicklung und dem Betrieb von hoch autonomen Nanosatelliten, insbesondere für extraterrestrische Raumfahrtmissionen, die Erforschung von UAP und die Suche nach extraterrestrischen Intelligenzen.

Die DGLR stellt sich vor: Bezirksgruppe Leipzig Jahresrückblick 2022 und Ausblick 2023

Gemäß dem Motto der *Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)* „Informieren, Vernetzen, Fördern“ ist die **Bezirksgruppe Leipzig** erster Anlaufpunkt für Luft- und Raumfahrtbegeisterte aus der Region und spricht all diejenigen an, die sich für Themen aus der Luft- und Raumfahrt interessieren.

Nach ihrer Reaktivierung im März 2021 kristallisierte sich schnell ein Kreis aktiver Mitglieder heraus, der mittlerweile zu einem starken Team zusammengewachsen ist. Von der Abiturientin oder dem Luftfahrtingenieur bis hin zum pensionierten Lehrer spiegelt die Bezirksgruppe Leipzig bereits jene Vielfalt wider, die sie auch in ihrem Angebot ausdrücken möchte.

Ihr **Ziel** ist es, durch regelmäßige **Veranstaltungen**, wie zum Beispiel Exkursionen oder Vortragsabende, sowie durch regionale Kooperationen ein möglichst breites Spektrum an Möglichkeiten zum Austausch zur Verfügung zu stellen.

Gemeinsam arbeiten die Mitglieder an der stetigen Weiterentwicklung ihrer Bezirksgruppe. Bei regelmäßigen **Stammtischen** (online sowie in Präsenz) tauschen sie sich kontinuierlich aus und organisieren ihre Veranstaltungen. Um das Ziel eines möglichst breiten Angebots zu erreichen, fokussiert sich die Bezirksgruppe aktuell auf den Ausbau ihres **Netzwerks** in der

Region. Sie möchte mit möglichst vielen Unternehmen, Hochschulen und anderen Bildungseinrichtungen kooperieren, um die Stärken, die Möglichkeiten und die Jobperspektiven der Luft- und Raumfahrtbranche in der Region Mitteldeutschland aufzuzeigen.

Ein erfolgreiches Jahr 2022

Nach dem Start im Coronajahr 2021 konnte 2022 etwas Routine in die Vereinsarbeit der Bezirksgruppe Leipzig einkehren. Für die interne Zusammenarbeit und Organisation der Veranstaltungen nutzen die Mitglieder eine **Cloud**. **WebEx** unterstützt bei der besseren virtuellen Vernetzung der Bezirksgruppe und deren Mitgliedern und ermöglicht die Durchführung von Onlinevorträgen. Die regelmäßigen Stammtische rundeten das Jahr erfolgreich ab. Insgesamt fanden drei Exkursionen sowie ein bundesweiter Onlinevortrag statt.

Am 14. Juli 2022 besuchte die Leipziger Bezirksgruppe im Rahmen ihrer ersten Exkursion die **Flugwelt Altenburg-Nobitz**. Mit seinen über 100 Jahren zählt der Flugplatz am Leinawald bei Altenburg zu den ältesten noch in Betrieb befindlichen der Welt. Der 2004 gegründete **Verein Flugwelt Altenburg-Nobitz e.V.** betreibt am Standort ein **Museum**, in dem neben der geschichtlichen Entwicklung auch viele weitere Themen rund um die Luftfahrt anschaulich dargestellt werden. Dazu zählen unter anderem etliche **Exponate** wie Flugzeugteile, Ausrüstungen, Uniformen, Dioramen und Modelle aus den verschiedenen Epochen. Dabei geht es nicht immer nur um Technik. Schautafeln vermitteln Wissenswerte über **Persönlichkeiten** der Fliegerei, die Luftaufklärung oder die Flugzeugbemalung. Im **Freigelände** konnten zusätzlich 14 originale Flugzeuge, wie beispielsweise ein **Starfighter** oder eine **MiG-21SMT**, hautnah erlebt werden. Ein besonderes Highlight waren, neben der sehr persönlichen und offenen Atmosphäre, die Erläuterung eines Funktionsmodells des **Ortungsgärts Würzburg** und die Besichtigung sowie anschauliche Vorstellung der Systeme des **Seefernaufklärers Breguet Atlantic**. Im Anschluss an die Führung gab es kleine Häppchen und einen lockeren Austausch im hauseigenen Imbiss.



Mitglieder der Bezirksgruppe Leipzig bei ihrem Besuch der ILA Berlin im Juni 2022

Ebenso im Juli bot die Bezirksgruppe einen gemeinsamen Besuch der **ILA Berlin** an. Nach der individuellen Anreise hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, das Messegelände auf eigene Faust zu erkunden. Neben sehr interessanten Fachvorträgen ergaben sich viele Gelegenheiten, mit den Ausstellenden ins Gespräch zu kommen und zu netzwerken. Auch die Flugshow begeisterte die Mitglieder der Bezirksgruppe Leipzig. Den Abschluss bildete ein gemeinsamer Imbiss an dem sie die Erlebnisse des Tages diskutieren und den ereignisreichen Tag ausklingen lassen konnten.

Im September folgte ein Besuch der **ADAC Heliservice GmbH** in Halle/Oppin. Als zugelassenes Instandhaltungsunternehmen gemäß **EASA Part 145 (European Aviation Safety Agency)**, luftfahrttechnischer Betrieb gemäß **LuftGerPV** und Entwicklungsbetrieb gemäß **EASA Part 21** bot die Führung einen sehr detaillierten Einblick in die Wartungsabläufe und die Instandhaltung von Hubschraubern und deren Komponenten. Das gemeinsame Abendessen im angrenzenden Schnitzeltower mit den Vertretern des Unternehmens rundete den Besuch ab und sorgte abermals dafür, dass das Zwischenmenschliche bei der Bezirksgruppe nicht zu kurz kam.



Besichtigung der Breguet Atlantic auf dem Gelände der Flugwelt Altenburg-Nobitz

Für den 30. November 2022 organisierte die Bezirksgruppe Leipzig einen bundesweiten **Onlinevortrag**. Der Vortrag mit dem Titel „Raumfahrt aus Jena“ gab einen spannenden Einblick in die Tätigkeiten und Anwendungsfelder von Jena-Optronik. Im Jahr 1991 gründete die *Deutsche Aerospace* (heute *Airbus Defence and Space*) gemeinsam mit *Jenoptik* die Firma *Jena-Optronik GmbH*. Die Wurzeln der Firma gehen zurück auf den *Volkseigenen Betrieb (VEB) Carl Zeiss Jena*, der die ersten Raumfahrtentwicklungen in den frühen 1970er-Jahren mit der Multispektralkamera *MKF-6* und den ersten Sternsensoren Anfang 1980 tätigte. Aktuell stützt das zum Airbus-Konzern gehörende Unternehmen die internationale Raumfahrt mit Sensoren, optischen Elementen und Elektronik aus.



Bild: DGLR-Bezirksgruppe Leipzig

Stammtisch der Bezirksgruppe in Leipzig

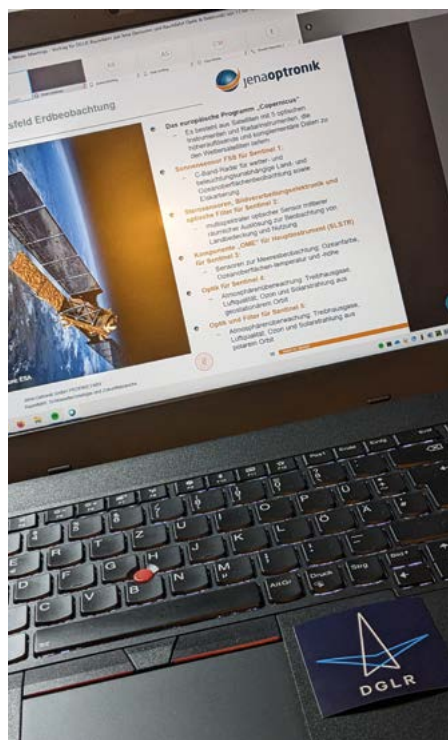
Den Jahresabschluss der Bezirksgruppenaktivitäten bildete die **Weihnachtsfeier** in Kombination mit der **Jahresmitgliederversammlung** am 14. Dezember in Leipzig.

Geplante Exkursionen und Diskussionen für 2023

Leipzig ist flächenmäßig die größte Bezirksgruppe der DGLR. Um die Mitglieder 2023 noch besser abzuholen und diese

Fläche auch **geografisch** optimal abzudecken, soll der Stammtisch **rotieren**. Bisher fand er nur in Leipzig statt, soll aber ab 2023 auch regelmäßig in anderen Städten, wie zum Beispiel Erfurt oder Jena, zu Gast sein. Ansonsten möchte die Bezirksgruppe ihren eingeschlagenen Weg fortführen. Dazu sollen weitere regionale **Kooperationspartner** gewonnen und wieder mindestens eine Veranstaltung pro Quartal sowie ein Großevent angeboten werden.

zahlreiche „Gefällt mir“-Angaben und Unterstützungen der Social-Media-Auftritte sind herzlich willkommen. ●



Bei dem Onlinevortrag „Raumfahrt aus Jena“ ging es unter anderem um die Einsatzgebiete von Jena-Optronik in der Erdbeobachtung

Aktuell in **Planung** befinden sich eine Exkursion zu Jena-Optronik, ein Vortrag zur Flugausbildung und der Besuch des **Technikmuseums Hugo Junkers** in Dessau. Als Großveranstaltung ist eine **Podiumsdiskussion** zum Thema *U-Space* in Planung, bei der je eine Vertreterin oder ein Vertreter aus Forschung, von den Behörden und von den Praxisnutzern in den Diskurs kommen sollen. Diese Veranstaltung stellt die bisher größte planerische Herausforderung dar. Die Mitglieder hoffen durch die Kooperation mit lokalen Partnern und der Geschäftsstelle der DGLR in Bonn, ein Zeichen für die Bezirksgruppe in Leipzig setzen zu können.

Um das Angebot auch zukünftig stetig zu verbessern, lädt die Bezirksgruppe jeden aus der Region ein, seine Ideen und Vorstellungen einzubringen. Sie freut sich über jeglichen Austausch und auf Unterstützung durch das Interesse an den Vorträgen, den Besuch der Stammtische und die Teilnahme an den Exkursionen. Auch

AKTIVITÄTEN & SOCIAL MEDIA

Statistik 2022

- **Stammtische:** 10 (7 online, 3 offline)
- **Exkursionen:** 3 (ILA Berlin; Flugwelt Altenburg-Nobitz, ADAC Heliservice GmbH Halle/Oppin)
- **Vorträge:** 1 (Raumfahrt aus Jena von Jena-Optronik)

Social Media

- LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/dglr-bezirksgruppe-leipzig>
- Instagram: [dglr_leipzig](https://www.instagram.com/dglr_leipzig)

DER AUTOR

André Rohland studierte Maschinenbau mit der Fachrichtung Leichtbau- und Kunststofftechnik an der *Technischen Universität Dresden*. Im März 2021 übernahm er die Bezirksgruppe Leipzig. Neben Stationen in der Luftfahrt ist er nun als Projektleiter für strategische Entwicklungsprojekte in der Energietechnik tätig.

IACE 2022:

Eine Reise durch die Luftfahrtlandschaft in Deutschland

Bild: Maurice Schneider



Internationale Cadets zu Gast in Deutschland

Endlich war es wieder soweit: Nach zwei Jahren Coronapandemie konnte der *International Air Cadet Exchange (IACE)* vom 15. bis 29. Juli 2022 stattfinden. Der IACE fördert bereits seit 1947 die internationale Verständigung unter jungen Luftfahrtinteressierten. Getreu dem Motto „Welcome to a World of Friendship and Aviation“ konnte Deutschland dieses Jahr wieder 24 zivile und militärische Teilnehmende, „Cadets“ (Kadettinnen und Kadetten) genannt, aus dem Ausland (Belgien, Frankreich, Niederlande, Vereinigtes Königreich, Serbien, Indonesien, Litauen, Tunesien, Niger, Schweiz und Polen) begrüßen.

Das deutsche Programm für die AustauschluftfahrerInnen startete am 15. Juli 2022 am Flughafen Frankfurt. Von dort aus ging es zum *Taktischen Luftwaffengeschwader 31* nach Nörvenich, wo die Cadets feierlich empfangen wurden und die Gelegenheit hatten, sich das **Waffensystem MRCA Tornado** im Static Display anzusehen. Weiter ging es in das nordwestlich von Hamburg gelegene **Appen**. Von dort aus konnten Hamburg sowie *Airbus* in Finkenwerder im Rahmen einer Führung erkundet werden. Nächster Stopp der Tour durch Deutschland war **Berlin**. Hier erfuhren die Cadets viel über die deutsche **Politik** und natürlich auch die Luftfahrt – in Form eines Besuchs des **Militärhistorischen Museums** der Bundeswehr in Gatow.

Von dort aus ging es weiter in den Süden Deutschlands. Ziel war das **Trainingscenter** von *Airbus Helicopters* in **Donauwörth**, wo ein umfangreicher Einblick in die Systemphilosophie und Technik der **Airbus-Hubschrauber** wartete. Eines der Highlights war der **Simulatorflug**, den jeder Cadet durchführen konnte. Die nächste Station war das bayrische **Kaufbeuren**, wo sich das **Technische Ausbildungszentrum der Luftwaffe** befindet. Neben Ausflügen in die Natur wurden verschiedene Einrichtungen in der Nähe besucht. Das Ausbildungszentrum bot Einblicke in die Ausbildung zukünftiger Flugzeugwartinnen und -warte für *Tornado* und *Eurofighter*. Nicht weit entfernt, in **Neuburg an der Donau**, der Heimat des *Taktischen Luftwaffengeschwaders 74*, konnten die Cadets ein Static Display des Waffensystems *Eurofighter* besuchen. Dort bekamen sie außerdem einen Einblick in die militärgeschichtliche Sammlung mit einmaligen Exponaten. Es folgten ein Besuch des **GSOC (German Space Operations Center)** und einer Außenstelle der **Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU)**. Den Abschluss der 14-tägigen Tour bildete ein Besuch beim *SimInn Flugsimulator* in **Stuttgart**. Dort konnten die Teilnehmenden nach Herzenslust einen *Airbus A320* oder eine *Cessna 172* fliegen.

Überall auf der Tour, egal ob zivil oder militärisch, zeigten sich die GastgeberInnen positiv und erfreut über die vielen interes-

santen Fragen der Gäste. Im Gegenzug dazu teilten die Cadets Bräuche, Tipps und Informationen aus ihren Heimatländern. Am Ende des Austauschs war aus bunt zusammengewürfelten Teilnehmenden ein multinationales Team geworden und der Abschied fiel vielen schwer. Abseits der Programmpunkte des Austauschs fand statt, was die Alumni den „**IACE Spirit**“ nennen: In jeder und jedem Luftfahrtbegeisterten, egal aus welcher Ferne, findet man eine Gleichgesinnte oder einen Gleichgesinnten.

Für unsere **deutschen Cadets** ging es zeitgleich nach Belgien, in die Niederlande, nach Frankreich, ins Vereinigte Königreich und die Schweiz. Sie berichteten von Flügen in einem *NH90* und einer *Augusta A109*, Ballonfahrten durch das Schweizer Jura oder exklusive Eindrücke beim *Royal International Air Tattoo*. Erfahrungsgemäß werden bei diesem Austausch Freundschaften geschlossen, die oft noch Jahrzehnte später bestehen oder Kontakte in die Industrie geknüpft, die spannende Erfahrungen ermöglichen. ●

DER AUTOR

Maurice Schneider engagiert sich als Multimedia- und Social-Media-Strategie ehrenamtlich beim IACE Germany der DGLR. 2017 war er als Cadet im Partnerland Schweiz.

Zu Besuch beim IACE 2022 in Belgien

Während Cadets aus dem Ausland Deutschland erkundeten, verschlug es die deutschen Teilnehmenden in andere Länder. So ging es zum Beispiel für **Keanu Koch** und **Clara Thaldorf** zwei Wochen lang nach Belgien, wo sie die einmalige Möglichkeit hatten, das Land und seine Flugkultur aus nächster Nähe kennenzulernen.

Los ging es am 15. Juli 2022 mit einer Tour durch **Brüssel**, bei der die Teilnehmenden unter anderem den *Grand Place* sowie den Königlichen Palast besuchten und ihre Begleiter sowie die anderen Cadets kennenlernten. Das darauffolgende Wochenende verbrachten sie bei ihren **Gastfamilien**, die ein eigenes spannendes Programm zusammengestellt hatten. So konnte Thaldorf die *Air Base* von Koksijde besuchen, auf der die *NH90-Helikopter* der belgischen *Search and Rescue* stationiert sind. Darüber hinaus ging es für sie auf das *Gents Fiest*, das jährliche Stadtfest von Gent. Koch hatte ein weniger luftfahrtbezogenes aber dafür sehr aktives Wochenende. Es gab Radtouren, Bowling, Spiele mit dem Hund der Gastfamilie sowie einen Besuch des *Walibi*, eines riesigen Freizeitparks.

In der ersten Woche wurden die Teilnehmenden dann gemeinsam in der *Royal Military Academy* in **Brüssel** untergebracht – ein perfekter Ausgangspunkt für die zahlreichen anstehenden Programmpunkte. Eines der spannendsten Highlights war der Besuch der *Air Base* von **Kleine Brogel**. Ein F-16-Pilot gab ihnen eine Führung durch den Tower, die Quartiere und die Hallen des Stützpunkts. Dabei konnten sie im Cockpit einer *F-16* sitzen, Ausrüstung anprobieren, den Fliegern aus der Nähe beim Starten und Landen zusehen und unzählige Fragen stellen. Nicht weniger interessant war der Ausflug zur *Air Base* von **Melsbroek** am darauffolgenden Tag, wo die *Airbus-A400M-Transportflugzeuge* besichtigt werden konnten. Hier bot sich den Cadets eine Führung durch das Cockpit und den Innenraum sowie den Hangar und die Quartiere.

Etwas über die **Kultur** und **Geschichte** des Gastlandes zu erfahren, darf bei einem solchen Austausch auch nicht fehlen. So ging es für die Teilnehmenden als nächstes ins *Flanders Fields Museum*, das eindrücklich die Schrecken des Grabenkriegs



Bild: Clara Thaldorf

Der offizielle Empfang des Gastlands stellt ein Highlight des Programms dar

im Ersten Weltkrieg in Belgien vermittelte und in die Innenstadt von **Brügge**, wo sie in einer Brauerei erfuhren, wie das belgische Bier hergestellt wird. Am **21. Juli** feierte Belgien seinen **Nationalfeiertag**, den auch die Cadets hautnah erleben konnten. Er wurde mit einer großen Militärparade und zahlreichen anderen Attraktionen in Brüssel begonnen und durch ein abendliches Konzert einiger belgischer Superstars abgerundet. Am Ende der Woche durften die Teilnehmenden mit einem Segelflugzeug fliegen. Sie besuchten das Sommerlager der *Royal Belgian Air Cadets* in **Weelde** und lernten viel über das Programm und die Ausbildung. Im Anschluss folgte ein nicht weniger ereignisreiches Wochenende, das die Cadets wiederum bei ihren Gastfamilien verbrachten. Für Koch und Thaldorf ging es nach **Antwerpen**, wo zu dem Zeitpunkt viele Segelschiffe angelegt hatten, um wenige Tage später nach **Dänemark** zu segeln.

In der darauffolgenden Woche waren die Cadets auf der *Air Base* in **Florennes** im südlichen Belgien untergebracht. Dort hatten sie einen direkten Ausblick auf die Start- und Landebahn und die Hangars. Ein weiteres Highlight war der Besuch der *Air Base* von **Beauvechain** und der damit verbundene einstündige **Flug** mit den Helikoptern *A109* und *NH90*. Bei bestem Sommerwetter, mit offenen Türen und im engen Formationsflug drehten sie dabei viele schnelle und auch steile Kurven tief über dem umliegenden Gelände. In den darauffolgenden Tagen ging es weiter durch die Lüfte. Zum einen stand ein Besuch in einem weiteren Sommerlager der *Royal Belgian Air Cadets* in **Bertrix** an, zum anderen lernten die Teilnehmenden auch die zivile Luftfahrt etwas näher kennen. Dafür ging es zum Flugplatz nach **Saint-Hubert**, wo sie eine Runde mit einem

Motorsegler mitfliegen konnten. Auch das sehr moderne und interaktive **Museum** über den Zweiten Weltkrieg in **Bastogne** und die Klettertour in den Ardennen blieben in Erinnerung.

Somit wurde der IACE in Belgien zu einem sehr besonderen und einzigartigen Erlebnis für die Teilnehmenden. Besonders hervorzuheben war die großartige Betreuung vor Ort sowie der spannende Austausch mit den anderen Cadets der Partnerländer. So nehmen sie alle, neben der wertvollen Erfahrung, auch neue Freundschaften mit nach Hause. ●

DIE AUTORIN UND DER AUTOR

Clara Thaldorf und **Keanu Pascal Koch** waren 2022 als Cadets im Partnerland Belgien. Beide hatten die einmalige Chance, einen exklusiven Einblick in die belgische Luft- und Raumfahrtszene zu bekommen.

DER IACE

Deutschland ist seit 1957 Teil des IACE. Organisiert wird der deutsche Teil des Programms durch das ehrenamtliche Team des *IACE Germany*, einer Nachwuchsgruppe der *DGLR*.

Die **Bewerbung** für den IACE 2023 ist bis zum **1. März 2023** möglich! Die BewerberInnen müssen zwischen 18 und einschließlich 20 Jahren alt sein und fließend Englisch sprechen können.

Weitere Informationen unter www.iacegermany.de



Zielorientiertes Informationsmanagement im Flugzeugcockpit der Zukunft

Anmerkung der Redaktion: Mit unserem technischen Artikel bieten wir in jeder Ausgabe Platz für ein wissenschaftliches Exposé. Dabei ist die anfängliche Zusammenfassung technisch allgemein verständlich gehalten und liefert einen Überblick über die wissenschaftliche Arbeit.

Zusammenfassung

Wie können **Mensch** und **Maschine** in Zukunft gemeinsam an der Erfüllung einer Flugmission arbeiten? Damit beschäftigt sich die Dissertation „Zielorientiertes Informationsmanagement im Flugzeugcockpit“ [1]. Um die Frage zu untersuchen, wurde ein vollständiger Entwicklungsprozess für ein interaktives System durchlaufen – orientiert an der DIN-Norm 9241-210, die den **menschzentrierten Gestaltungsprozess** solcher Systeme beschreibt.

Das **Konzept** beruht auf der Annahme veränderter operationeller Rahmenbedingungen. Hierzu zählen *Reduced Crew Operations (RCO)*: Flugoperationen, in denen nur eine Pilotin oder ein Pilot aktiv ist. Dafür wird ein im Vergleich zu heutigen Operationen verändertes Aufgabenprofil der Pilotinnen und Piloten benötigt. Es findet eine stärkere Ausrichtung der Rolle auf den Aspekt des Missionsmanagements (Planung, kommandierende Durchführung, Überwachung) statt. Der Operierende ist hierbei für die Definition von Missionszielen verantwortlich, die dann durch hoch automatisierte Flugzeugsysteme durchgeführt werden.

Basierend darauf wurde für die Arbeit ein Konzept für die **Verwaltung** der auszutauschenden Informationen entwickelt. Dieses basiert auf der Annahme, dass beide Akteure die gleichen Ziele verfolgen. Alle notwendigen Aktionen ergeben sich aus den verfolgten Zielen. Die auszutauschenden Informationen wiederum leiten sich aus den Aktionen ab. Das entwickelte Informationsmanagementkonzept wurde spezifiziert und anschließend in Soft- und Hardware realisiert. Eine erste Evaluierung mit 13 ProbandInnen bestätigte die Gebrauchstauglichkeit des Konzepts und ermöglichte Empfehlungen für zukünftige Entwicklungen.

Dieser Beitrag zeigt ausgewählte Einblicke in die durchlaufenen Stufen der Entwicklung, Implementierung sowie der abschließenden Evaluation.

Problemstellung

Flugzeugcockpits der kommerziellen Luftfahrt sind das Resultat eines evolutionären Entwicklungsprozesses. Nicht zuletzt durch technische Fortschritte konnte im Laufe dieser Entwicklung die Anzahl der Crewmitglieder von ursprünglich fünf auf nunmehr zwei PilotInnen reduziert werden. Einhergehend mit der zunehmenden Technisierung des Cockpits hat sich die Rolle der Menschen von der eines „Aviators“ hin zu der eines „System Managers“ gewandelt. Dies trägt dazu bei, dass Herausforderungen im Bereich des **Informationsmanagements** zwischen Mensch und

Maschine auftreten. Ursachen hierfür sind die lange technikzentrierte Entwicklung im Bereich des Cockpits und infolgedessen eine unzureichende Betrachtung der Aufgaben des menschlichen Operierenden und dessen Stärken und Schwächen. Weitreichende Korrekturen werden durch die vorherrschenden Entwicklungsprinzipien im Bereich der Luftfahrt erschwert. Einzelne Ansätze zur Verbesserung ausgewählter Aspekte werden im Bereich der Forschung und Entwicklung untersucht. Im Kontrast dazu war es das **Ziel** dieser Arbeit, eine vollständige Entwicklungsiteration von der initialen Definition der Rolle des menschlichen Operierenden, über die Entwicklung eines Konzepts zum Informationsmanagement, bis hin zu einer ersten Implementierung und Evaluierung zu durchlaufen. Das angestrebte Resultat war es, eine Grundlage für zukünftige Weiterentwicklungen zu schaffen.

Identifizierung und Definition des operationellen Kontextes

Im ersten Schritt der Konzeptentwicklung wurde der zu erwartende operationelle Kontext untersucht und definiert. Unter der Annahme üblicher Entwicklungszyklen für weitreichende Veränderungen in der Luftfahrt wurde ein zukünftiger Zeithorizont für die Operationalisierung des Konzepts angenommen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit und Möglichkeit, Annahmen und Definition des Kontextes vorzunehmen. Durch eine Extrapolation heutiger Trends und aktueller Forschungs-

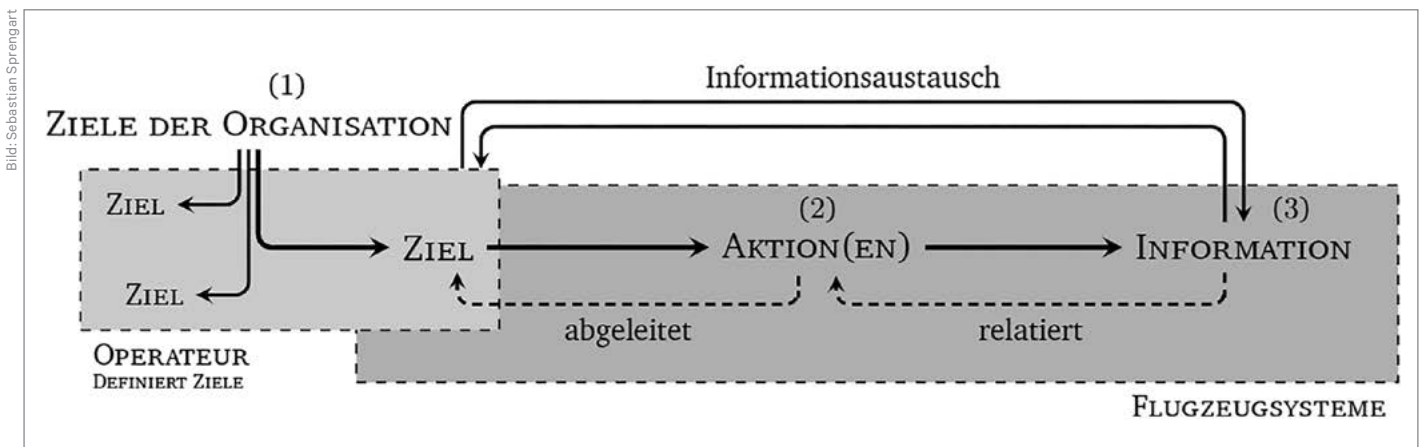


Abbildung 1: Übersicht der Interaktion des zukünftigen Operierenden mit den Flugzeugsystemen



Abbildung 2: Nahaufnahme des Arbeitsplatzes im Simulator mit drei frei konfigurierbaren Touchscreens und Blick auf die simulierte Außensicht

vorhaben wurde ein **operationeller Rahmen** definiert: Die grundlegenden Regeln kommerziellen Luftverkehrs bleiben unverändert, Flugoperationen mit einer Pilotin oder einem Piloten hingegen sind rechtlich und gesellschaftlich akzeptiert und werden durchgeführt, technologische Entwicklungen erlauben das Durchführen unbemannter Frachtflüge.

Der Rahmen des technologisch Möglichen und die makroskopischen operationellen Rahmenbedingungen wurden anhand von Forschungs- und Entwicklungsinitiativen der Luftfahrt abgeleitet – vornehmlich **SESAR [2]** sowie das **NextGen-Programm [3]**. Maßgeblich wurden Annahmen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Technologien zur automatischen Flugdurchführung (Existenz von hoch automatisierten Flugsystemen) und Kommunikation/Konnektivität auf diesen Grundlagen getroffen.

Ausgehend von den so definierten Rahmenbedingungen wurde die **Rolle des Menschen** in diesem System genauer betrachtet. Hierfür wurde zunächst eine Analyse aller typischerweise durchgeführten Aufgaben während einer Routine-Flugmission durchgeführt. *Flight Crew Operating Manuals (FCOM)*, existierende Aufgabenanalysen sowie Trainingsmaterialien wurden herangezogen. Durch kommerziell erhältliche Videoaufzeichnungen von Kurz-

und Langstreckenflügen sowie Interviews mit (Verkehrs-) Pilotinnen und Piloten ließ sich die so erstellte Aufgabenanalyse komplettieren und validieren. Es folgte eine tabellarische und grafische Aufbereitung der Ergebnisse dieser Analyse.

Schlussendlich wurden mögliche Szenarien identifiziert in denen Pilotinnen und Piloten in normal verlaufenden Operationen (keine Betrachtung von Notfällen) hohen Arbeitsbelastungen ausgesetzt sind. Diese Situationen wurden als mögliche Benchmarks in der Konzeptdefinitionsphase herangezogen und dienten als Grundlage für die später durchgeführte Evaluierung.

Menschliche Rolle

In der Rollendefinition [4] wurde zunächst davon ausgegangen, dass es zur Hauptaufgabe des menschlichen Operierenden gehören wird, die hoch automatisierten Flugsysteme im Rahmen einer „Supervisory Control“-Interaktion zu bedienen. Hierbei ist es die Verantwortung des Operierenden, die zu erreichenden **Missionsziele** zu definieren. Diese können in örtlicher, zeitlicher sowie der Definition von Randbedingungen (Wirtschaftlichkeit, Komfort, Zeit etc.) ausgedrückt werden. Wie in **Abbildung 1** dargestellt, leiten sich diese Ziele aus den höher gelagerten Zie-

len der **Organisation (1)** (z. B. der Airline) ab. Die Aufgabe der Flugzeugsysteme ist es dann, diese Ziele in **Aktionen (2)** herunterzubrechen und zur geeigneten Zeit umzusetzen. Der resultierende **Informationsaustausch (3)** orientiert sich über die entsprechenden Aufgaben an den gesetzten Zielen.

Darüber hinaus liegt es im Verantwortungsbereich des Operierenden, **missionskritische Entscheidungen** zu treffen. Diese beinhalten unter anderem die folgenden Aktionen:

- Bestätigung von missionskritischen Freigaben gegenüber der Automation (z. B. Beginn des Take-offs, Einleiten bestimmter Flugphasen);
- Entscheidungen bei unvorhergesehenen Abweichungen vom geplanten Missionsprofil;
- Übermittlung von Kontextinformationen an die Flugzeugsysteme, die nicht automatisch erfasst werden können.

Hierbei wird weiterhin davon ausgegangen, dass der menschliche Operierende die **volle Verantwortung** für die sichere Durchführung der Flugmission besitzt. Daraus abgeleitet ergeben sich entsprechende Anforderungen an das Informationsmanagement. So müssen beispielsweise Möglichkeiten vorgesehen werden, die von der Automation geplanten **Aufgaben zu modifizieren oder neu zu definieren**.

Beschreibung des Informationsmanagementkonzepts

Im Detail wurde hieraus das in **Abbildung 3** gezeigte Informationsmanagementkonzept entwickelt. Die durch den Menschen getroffenen Entscheidungen, wie beispielsweise das Erstellen einer neuen **Zielvorgabe (1)**, werden den Flugzeugsystemen mittels der Cockpitinterfaces mitgeteilt. Der so definierte Zielzustand wird dann mit dem derzeitigen Ist-Zustand der aktuellen Flugmission **verglichen (2)**, der von beiden Akteuren, basierend auf der aktuellen Umgebung, wahrgenommen wird. Diskrepanzen zwischen den beiden Zuständen führen zu einem **Planungsvorgang** durch die Flugzeugsysteme (3). Als Grundlage der Planung wird eine vorher definierte **Gesamtmenge** an verfügbaren Aktionen herangezogen (4). Diese sind definiert durch notwendige Vorbedingungen sowie Effekte auf den jeweiligen Missionszustand. Durch eine Sequenzierung von Aktionen wird der sogenannte **Aktionsplan (5)** erstellt. Dieser wird im Verlauf der Flugmission abgearbeitet. Sofern notwendig werden **Informationen** anhand des Aktionsplans gezielt mit dem Operierenden **geteilt (6)**, um eventuelle und geplante Interaktionen während der Durchführung des Plans zu unterstützen. Direkte

Interventionen und Modifikationen des Aktionsplans durch den Operierenden werden in Anlehnung an die neue Rollenbeschreibung weiter vorgesehen, sind jedoch nicht im Regelbetrieb angedacht.

Implementierung und Evaluation

Im nächsten Schritt wurde das entwickelte Konzept prototypisch in **Hard- und Software** umgesetzt, um eine realitätsnahe Evaluierung durchführen zu können. Der Fokus der Konzeptevaluation lag auf dessen **Gebrauchstauglichkeit und Akzeptanz**. Um den vorher definierten operationellen Kontext abbilden zu können, wurde hierfür ein neuartiger **Flugsimulator** entworfen und gebaut. Wie in **Abbildung 2 und 4** zu erkennen, orientiert sich dieser an den Anforderungen einer einzelnen Pilotin oder eines einzelnen Piloten. Die Entwicklung des Simulators wurde iterativ in mehreren Stufen durchgeführt: Papier- und karton-basierte Mock-Ups zur Festlegung von Sicht- und Griffbereichen, darauffolgend detailliertere Holzmodelle zur Integration der Displays. Abschließend folgte die finale Umsetzung mittels Aluminiumstangenprofil, Installation einer Außenansicht, variabler Beleuchtung sowie einer Sitzmöglichkeit. Damit die Flexibilität

bei der Gestaltung der Nutzerschnittstellen erhalten bleibt, wurden insgesamt **drei Touchscreens** verbaut. Im Rahmen dieser Arbeit wurde, aufgrund der geänderten Rollenbeschreibung des Operierenden und der Annahme einer hoch automatisierten Flugdurchführung, auf das Vorhandensein herkömmlicher Steuerelemente zunächst verzichtet.

Parallel hierzu wurde das Interaktionskonzept in Form einer prototypischen Softwarelösung umgesetzt. Ein zu diesem Zweck entwickelter **Algorithmus [5]** bildete hierbei die Grundlage für die Berechnung des im Informationsmanagementkonzept beschriebenen Aktionsplans. Die Benutzerschnittstelle wurde vergleichbar mit der Entwicklung der Hardware in mehreren iterativen Stufen unter ständigem Nutzerfeedback entwickelt und hinsichtlich der geplanten Evaluierung detailliert ausgebildet. Eine kommerziell erhältliche **Simulationssoftware (X-Plane)** wurde eigens weiterentwickelt und modifiziert, um hoch automatisierte Flugoperationen abbilden zu können. Eine Darstellung des operationellen Kontextes in Hard- und Software konnte damit erreicht werden.

Die Evaluierung des Konzepts selbst wurde hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit

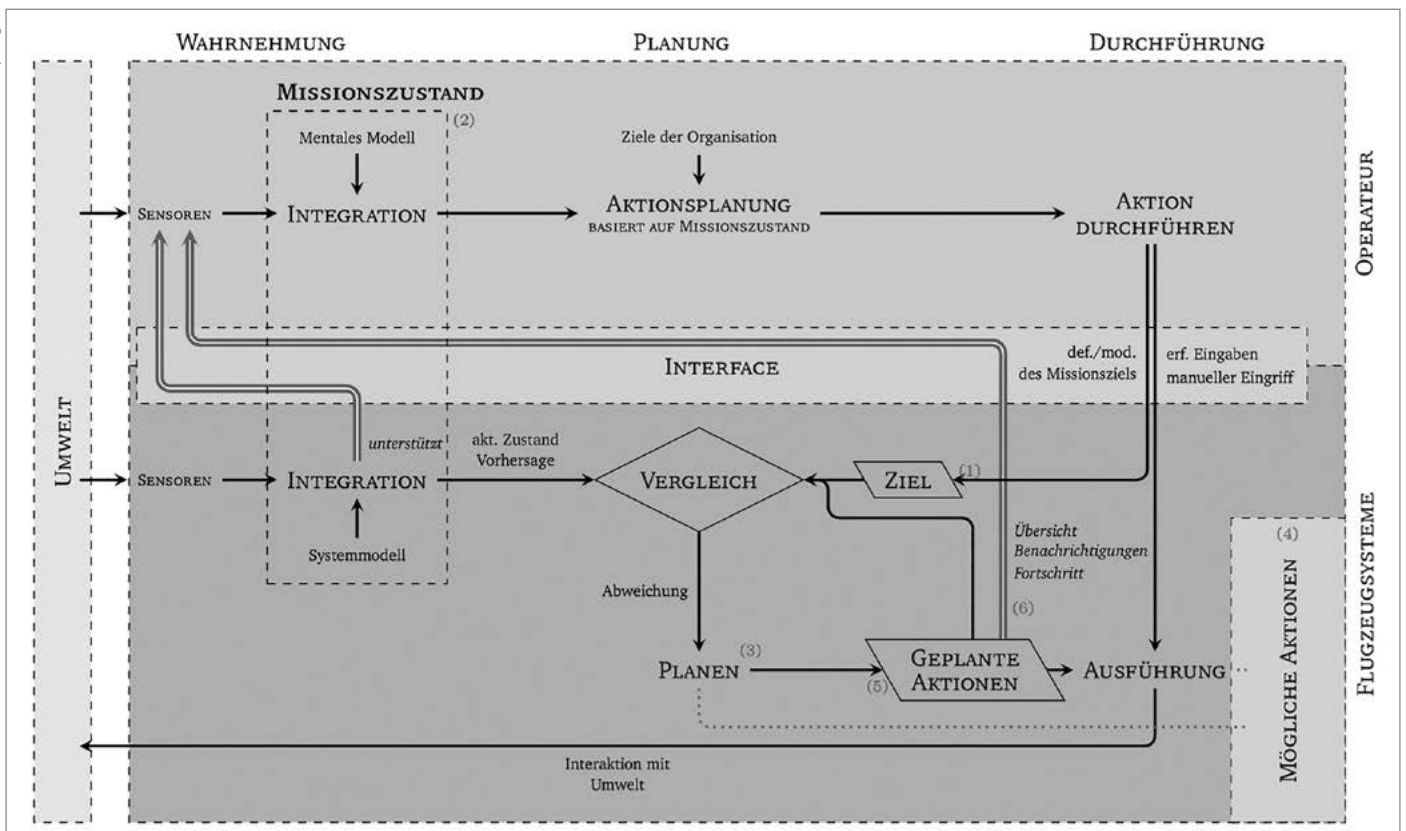


Abbildung 3: Erarbeitetes Informationsmanagementkonzept, vereinfachte Darstellung nach [1]



Abbildung 4: Innenansicht des entwickelten Flugsimulators zur Darstellung zukünftiger Flugoperationen

im operationellen Umfeld durchgeführt. Ausgehend von der Definition der Gebrauchstauglichkeit nach [6] wurden dabei die folgenden **Faktoren** untersucht: Effektivität, gemessen durch Erfüllungsgrad einer Aufgabe; Effizienz, gemessen durch den zur Erfüllung benötigten Aufwand; Zufriedenheit, subjektive Wahrnehmung des Nutzenden im Rahmen der Interaktion.

Eine **Simulatorstudie** wurde zur Evaluierung mit 13 ProbandInnen durchgeführt. Pilotenerfahrung war optional, da diese aufgrund der geänderten Rollenbeschreibung des Operierenden zunächst als nicht zwingend notwendig erachtet wurde. Die Erfahrung mit der theoretischen Durchführung von Flugoperationen war hingegen ein Auswahlkriterium. Im Rahmen dieser Studie wurde zunächst die **Gebrauchstauglichkeit** der entwickelten Software durch objektive und subjektive Bewertungskriterien untersucht. Dabei wurden die Nutzungsprinzipien der entwickelten Software vermittelt. Dieser Schritt ergab sich aus der Notwendigkeit, dass, obwohl ausschließlich das Konzept und nicht dessen prototypische Implementierung untersucht werden sollte, eine Beeinflussung der Nutzerwahrnehmung des Informationsmanagementkonzepts durch nicht gebrauchstaugliche Software nicht ausgeschlossen werden konnte. Gleichzeitig war eine reine Konzeptevaluation ohne eine Art der Implementierung nicht möglich.

In einem Szenario waren die ProbandInnen dann aufgefordert, die eigentliche Evaluation des Konzepts in einem operationellen Kontext zu vollziehen. Für diesen Zweck wurde ein **Bodenrollenszenario** von der Park-

position bis an die Startbahn entwickelt. Dieses wurde aufgrund der hohen Dichte an Aufgaben in dieser Flugphase sowie der Möglichkeit, verschiedene Aspekte des entwickelten Konzepts zu vermitteln, gewählt. Während der beiden Versuchsabschnitte wurden performancebasierte Bewertungskriterien erfasst. Abschließend erhielten die NutzerInnen einen Fragebogen.

Das **Ergebnis** der Evaluierungen ergab Verbesserungsmöglichkeiten im Bereich des **Nutzerinterfaces**. Das entwickelte Informationsmanagementkonzept wurde gegenüber etablierten Bewertungskriterien und Schwellwerten als signifikant positiv bewertet. Das klar positive Nutzerfeedback im Bereich der subjektiven Bewertungskriterien stützte die im Rahmen des Szenarios erhobenen objektiven Bewertungskriterien.

Ausblick

Im Rahmen der beschriebenen Arbeit wurde ein erster vollständiger Entwicklungszyklus durchlaufen. Begonnen mit einer eingehenden Betrachtung der Rolle der Operierenden zur Konzeptionierung bis hin zur Implementierung und Evaluation. Auf Grundlage der gesammelten Ergebnisse wird eine Weiterentwicklung des Konzepts empfohlen. Ein stärkerer Fokus auf engere Integration der Nutzenden in die Interfaceentwicklung wird als hilfreich erachtet. Die Anwendbarkeit der DIN-Norm 9241-210 im gezeigten Kontext wurde als klar positiv bewertet und sollte weiter als Grundlage für zukünftige Entwicklungsprozesse dienen. ●

Literaturverzeichnis:

- [1] **Sprengart, Sebastian Michael:** *An approach to goal directed information management on the flight deck.* Technische Universität Darmstadt (TUDA). 2022
- [2] **Single european sky ATM research programme: European ATM Master Plan: The Roadmap for Delivering High Performing Aviation for Europe.** *Executive View.* URL <https://www.atmmasterplan.eu/> – Überprüfungsdatum 2017-05-08
- [3] **Joint Planning and Development Office: Concept of Operations for the Next Generation Air Transportation System: Version 3.2.** URL <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a535795.pdf> – Überprüfungsdatum 2016-07-04
- [4] **Sprengart, Sebastian Michael; Neis, Stefan Manuel; Schiefele, Jens:** *Role of the human operator in future commercial Reduced Crew Operations.* In: 2018 IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC) : IEEE, 2018, S. 1–10
- [5] **Sprengart, Sebastian Michael:** *Patent – Automated aircraft system with goal driven action planning.* Anmeldnr. 16/554768, United States of America
- [6] **9241-11:2018-11. 2018. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte**

DER AUTOR

Dr. Sebastian Sprengart studierte Maschinenbau an der *Technischen Universität Darmstadt*. Während seiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am *Institut für Flugsysteme und Regelungstechnik* beschäftigte er sich mit Fragestellungen zur Mensch zentrierten Entwicklung zukünftiger Cockpitsysteme.

Die aus dieser Arbeit resultierende Dissertation „An approach to goal directed information management on the flight deck“, betreut durch **Prof. Dr.-Ing. Uwe Klingauf**, wurde mit dem *Airbus Dissertationspreis* ausgezeichnet. Aktuell arbeitet Sprengart im Software Engineering eines großen Luft- und Raumfahrtunternehmens.

Termine 2023 (Januar bis April)

30.1.2023	Vortrag: Systemleichtbau für die Luftfahrt der Zukunft Referent: Prof. Dr. Martin Wiedemann, Institut für Systemleichtbau, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Braunschweig	Online – DGLR-Bezirksgruppe Braunschweig
13.2.2023	Vortrag: Der lange Weg zum leisen Hubschrauberrotor – Von der Grundlagenforschung zum fliegenden Produkt Referent: Prof. Dr.-Ing., MS Berend Gerdes van der Wall, Institut für Flugsystemtechnik, Abteilung Hubschrauber, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Braunschweig	Berlin
27.2.2023	Vortrag: AeroSHARK – Von der Natur inspiriert Referent: Jens-Uwe Müller, Lufthansa Technik AG, Corporate Headquarters, Hamburg	Online – DGLR-Bezirksgruppe Braunschweig
20.3.2023	Vortrag: Emissionsfreies Fliegen mit hybridelektrischen Antrieben Referent: Phillip Scheffel, CEO APUS GROUP, Strausberg	Online – DGLR-Bezirksgruppe Braunschweig
22.3.2023	Stammtisch als Treffpunkt für Luft- und Raumfahrtbegeisterte mit Leitthemen aus der aktuellen Presse	Berlin
23.3.2023	Vortrag: Are Governments and Aviation Industry Doing Enough to Fight Climate Change? Referent: Prof. Ian Poll, Emeritus Professor of Aerospace Engineering, Cranfield University	Online – DGLR-Bezirksgruppe Hamburg
19.4. – 22.4.2023	AERO Friedrichshafen	Friedrichshafen
24.4.2023	Vortrag: Remote Tower – Ein neues Büro für den Towerlotsen! Referent: Jörn Jakobi, Institut für Flugführung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Braunschweig	Online – DGLR-Bezirksgruppe Braunschweig
5.9. – 7.9.2023	49th European Rotorcraft Forum	Bückeburg
19.9. – 21.9.2023	Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress (DLRK)	Stuttgart

Weitere Veranstaltungen und aktuelle Informationen finden Sie im Veranstaltungskalender unter [dglr.de](https://www.dglr.de)



Der Deutsche Luft- und Raumfahrtkongress (DLRK) soll 2023 im Stuttgarter Haus der Wirtschaft Baden-Württemberg stattfinden

DGLR-Jahrestagung – Rückblick und Startschuss zugleich

Am 1. Dezember 2022 begrüßte die *Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)* ihre Mitglieder und Gäste zur DGLR-Jahrestagung. Über 70 Teilnehmende kamen in die Vertretung der Freien und Hansestadt Hamburg beim Bund in Berlin, um das Jahr Revue passieren zu lassen, sich auszutauschen und zu vernetzen. Die Jahrestagung setzte sich aus der alljährlichen DGLR-Mitgliederversammlung und einem Jahresempfang zusammen.

Die Mitgliederversammlung startete mit einem Video, in dem die DGLR ihre Highlights des Jahres 2022 präsentierte. Darunter waren unter anderem der *Deutsche Luft- und Raumfahrtkongress 2022*, der mit einer Rekordbeteiligung von rund 750 Teilnehmenden in Dresden stattfand, die *Raumfahrtkonferenz 2022*, bei der die Kommerzialisierung der Raumfahrt in Deutschland im Fokus stand, sowie die *ILA* in Berlin, mit einem Fokus auf Innovationen, neuen Technologien und Nachhaltigkeit. Im Anschluss berichtete Generalsekretär **Philip Nickenig** gemeinsam mit dem DGLR-Präsidium über weitere zahlreiche Aktivitäten der Gesellschaft, das Mitgliederwachstum im Jahr 2022 und präsentierte Social-Media-Kampagnen für 2023, um die Reichweite der DGLR zu erhöhen. Die anwesenden Mitglieder erhielten zudem einen Überblick über die Ausgaben des Vorjahres und konnten den Finanzplan für 2023 einsehen.

Wiederverwendbare und nachhaltige Raumtransportsysteme

Den abendlichen Jahresempfang eröffnete DGLR-Präsident **Roland Gerhards**. Er begrüßte die anwesenden Mitglieder, WissenschaftlerInnen, IndustrievertreterInnen, Nachwuchskräfte und Interessierte aus der Luft- und Raumfahrt und stellte das neue Präsidium, das seit dem 1. Januar 2022 im Einsatz ist, kurz vor. Danach richteten **Almut Möller**, Staatsrätin und Bevollmächtigte der Freien und Hansestadt Hamburg beim Bund, der Europäischen Union und für auswärtige Angelegenheiten sowie **Klaus-Peter Willsch**, Vorsitzender der Parlamentsgruppe Luft- und Raumfahrt im Deutschen Bundestag, einige grüßende Worte an die Teilnehmenden.

Der Fachvortrag kam in diesem Jahr von **Dr. Gerald Hagemann**, Head of Liquid Propulsion Center der *ArianeGroup*. Er stellte das Gemeinschaftsprojekt *Susie (Smart upper stage for innovative exploration)* der *Europäischen Weltraumorganisation ESA* und der *ArianeGroup* vor und zeigte damit eindrucksvoll, wie künftige Raumfahrtmissionen mit vollständig wiederverwendbaren Trägerraketen aussehen können. Die komplett wiederverwendbare Susie-Stufe würde bisherige Nutzlastverkleidungen ersetzen und könnte automatisierte Cargoeinsätze oder astronautische Missionen mit bis zu fünf Besatzungsmitgliedern durchführen. Susie soll in der Lage sein, Satelliten auszusetzen, Raumstationen mit Treibstoff, Nahrungsmitteln und Ausrüstung zu versorgen und Nutzlasten von mehr als sieben Tonnen zurück auf die Erde zu transportieren. Möglich wären auch der Austausch von Besatzungen und Außenbordeinsätze. Darüber hinaus ist Susie so ausgelegt, dass sie ohne größere Anpassungen in eine neue Generation schwerer wiederverwendbarer europäischer Träger Raketen integriert werden kann.

Ein Blick auf die Raumfahrt in Europa

Den Abschluss des Jahresempfangs gestaltete **Prof. Kai-Uwe Schrogl**, DGLR-Senator und Special Advisor for Political Affairs der ESA, mit einem Überblick zur *ESA-Ministerratskonferenz*, die eine Woche vorher, vom 22. bis 23. November 2022



Prof. Anke Kaysser-Pyzalla, Vorstandsvorsitzende des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Gespräch mit DGLR-Präsident Roland Gerhards

in Paris stattgefunden hatte. Schrogl berichtete von der erneuten Erhöhung der Zeichnung der ESA-Mitgliedstaaten, der assoziierten Mitglieder und dem kooperierenden Mitglied Kanada. Deutschland zeichnete 3,5 Milliarden Euro mit Inflationsausgleich, aber auch viele kleine Staaten hätten ihre Beiträge drastisch und oft überproportional angehoben. Er gab einen Überblick über die anstehenden Missionen und sprach unter anderem über eine neue Aufgabenverteilung in den Programmen Mond, Mars und naher Erdorbit sowie ein leicht enttäuschendes Zeichnungsergebnis für die Erdbeobachtung.

Im Anschluss an den Jahresempfang folgte ein **Networking-Abend** mit Buffet in lockerer Atmosphäre. Ein reger Austausch beim Abendessen sorgte für neue Denkanstöße auf fachlicher Ebene für 2023. Mit dem ein oder anderen persönlichen Gespräch unter seltener gesehenen Kolleginnen und Kollegen wurde die Veranstaltung zu einem gelungenen Abschluss des Jahres 2022. ●

DIE AUTORIN

Caroline Mahlow ist Redakteurin der *Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)*. Zuvor verantwortete sie die Kommunikation der Abteilung *Intelligente und Verteilte Systeme des Instituts für Softwaretechnologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)* und war ein Jahr als Redakteurin beim DLR Projektträger tätig.



Das seit 1. Januar 2022 amtierende DGLR-Präsidium stellt sich vor

Bild: DGLR

Bild: DGLR

Raumfahrtkonferenz 2022:

Digitalisierung und privater Wettbewerb sorgen für Schub in der Raumfahrt

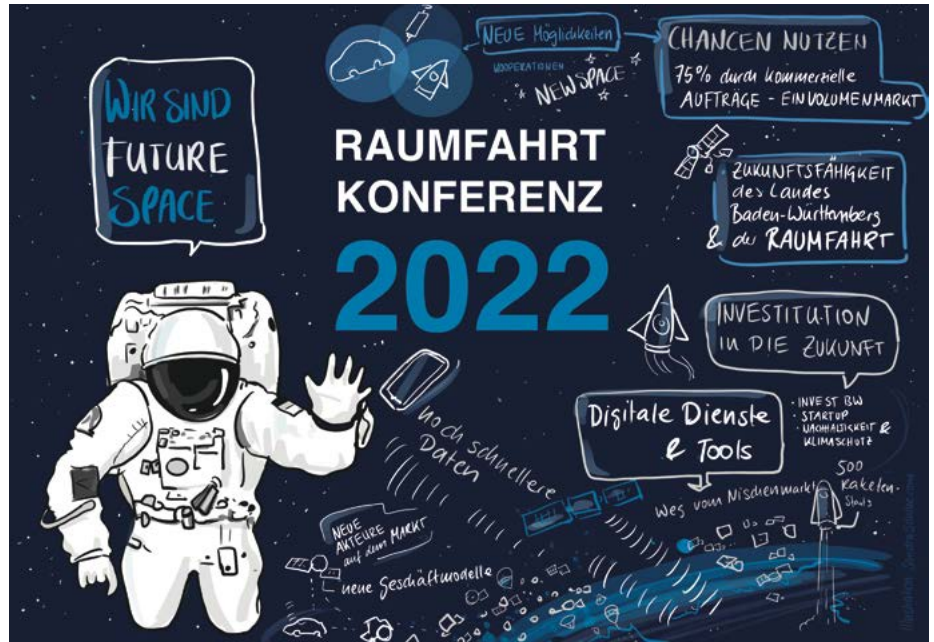
In der Raumfahrt herrscht Goldgräberstimmung. Immer mehr private Unternehmen nutzen den Weltraum für kommerzielle Geschäftsideen. Wie dieser New-Space-Trend die Raumfahrt verändert, stand im Mittelpunkt der Raumfahrtkonferenz 2022. Unter dem Motto „Wir sind FUTURESPACE“ trafen sich am 24. Oktober in Stuttgart rund 250 Vertreterinnen und Vertreter aus Raumfahrtforschung und -industrie sowie Politik. In Vorträgen und Diskussionen sprachen sie darüber, was New Space antreibt und wie durch Digitalisierung und privaten Wettbewerb neue Technologien entstehen.

Veranstaltet wurde die alle zwei Jahre stattfindende Konferenz von der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der Universität Stuttgart und dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg.

New Space verbindet IT und Raumfahrt

Digitale Technologien und Dienste sind in der globalen Kommunikation, im Handel und in der Mobilität heute selbstverständlich. Mit innovativen Geschäftsideen gehen private Unternehmen und Start-ups im New Space einen Schritt weiter. Sie verbinden digitale Informationstechnologien mit der Raumfahrt. Ziel ist es, die kommerzielle Nutzung des Weltraums auszubauen.

Viele Geschäftsmodelle von New-Space-Unternehmen setzen auf bestehende und künftige **Satellitendienste**. Die Datenüber-



Die Ergebnisse der Raumfahrtkonferenz wurden in mehreren Bildern in Form eines Graphic Recordings festgehalten

tragung per Satellit wird zur Dienstleistung für ein weltumspannendes Internet, Streamingdienste oder ein *Internet of Things*. Schwärme von vielen tausend kleinen und kostengünstigen Satelliten sollen die riesigen Datenmengen weltweit transportieren.

Vom Unikat zum Satelliten-schwarm

Wie **New Space** die Raumfahrtbranche verändert, stand im Mittelpunkt des ersten Teils der Raumfahrtkonferenz. Vorträge und Diskussionen gaben einen Einblick, was Deutschland tun muss, um weiterhin eine Vorreiterrolle zu spielen. Disruptive Geschäftsideen, schnellere Technologieentwicklungen sowie kürzere Innovations- und

Produktzyklen stellen beispielsweise neue Anforderungen an den Satellitenbau – weg von zeit- und kostenintensiven Unikaten, hin zur agilen Entwicklung und Serienfertigung von günstigen Kleinsatelliten.

„Seit 2015 ist die globale Raumfahrtökonomie pro Jahr um 5,6 Prozent gewachsen, das ist mehr als doppelt so stark wie die Weltwirtschaft insgesamt. Sowohl das wirtschaftliche Potenzial von Raumfahrt als auch ihre Möglichkeiten, aktuellen Herausforderungen zu begegnen, sind gigantisch“, betonte **Dr. Walther Pelzer**, DLR-Vorstandsmitglied und Leiter der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR, in seinem Eingangsstatement. „Wichtig bleibt, dass wir uns langfristig gut aufstellen. Denn unser Wohlstand basiert auf Know-how und Technologie. Deshalb müssen wir verstärkt in Raumfahrt investieren und neue Geschäftsmodelle ermöglichen.“

Winfried Kretschmann, Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg, stellte die Raumfahrtstrategie des Landes vor. In seinem Vortrag „The Orbit-LÄND Baden-Württemberg: Luft- und Raumfahrt in der Transformation“ hob er mit Blick auf Industrie, Forschung und Ausbildung die Rolle Baden-Württembergs als Raumfahrtland Nummer 1 in Deutschland hervor.



Rund 250 Teilnehmende kamen zur Raumfahrtkonferenz nach Stuttgart

Quo vadis Raumfahrt Deutschland?

Im zweiten Teil der Tagung präsentierten baden-württembergische Start-ups und mittelständische Unternehmen ihre **Projekte, Motivationen und Wege**. Sie sprachen über Herausforderungen und machten Vorschläge, wie sich eine New-Space-Kultur in Deutschland besser fördern lässt. Dazu beleuchtete **Dr. Anna Christmann** in ihrem Vortrag „New Space Germany – Quo vadis?“, wie der Brückenschlag zwischen Forschung, Start-ups und Industrie gelingt.

Dr. Anke Pagels-Kerp, DLR-Bereichsvorständin Raumfahrt, unterstrich die Rolle der DLR-Raumfahrtforschung als Teil des Raumfahrtökosystems am Beispiel der DLR-Standorte in Baden-Württemberg. „Ob in der Kommunikation und Navigation, bei Trägerkomponenten oder Orbitalantrieben oder auch in den Quantentechnologien – unsere Ideen entwickeln wir in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus der Wirtschaft. Dass wir am Puls des Raumfahrtmarktes forschen, davon zeugen auch die schon erfolgreichen und die neuen Ausgründungen aus unseren DLR-Instituten.“

Satellitenarchitektur made in Baden-Württemberg

Bei der Veranstaltung in der baden-württembergischen Landeshauptstadt durfte der Blick auf Raumfahrtprojekte im Südwesten nicht fehlen. Schwerpunkte waren Architekturen für künftige Schwarzsattel-



Die Raumfahrtkonferenz wurde von einer kleinen Ausstellung von Projekten aus der Raumfahrt begleitet

liten, virtuelle Entwicklung und standardisierte Bauweisen für die Serienproduktion.

„Die Raumfahrt befindet sich in einem grundlegenden Umbruch. Ich sehe den mit dem Schlagwort ‚New Space‘ charakterisierten Transformationsprozess als Herausforderung“, sagte **Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut**, Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg. „Vor allem ist es die große Chance für die Zukunftsfähigkeit der deutschen Raumfahrtbranche. Viele Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus dem Land Baden-Württemberg belegen in beispielhaften, gemeinsamen Projekten, wie sie mit innovativen Produkten und Prozessen weiterhin eine Spitzenposition im internationalen Wettbewerb einnehmen können.“

Bis 2040 verzehnfacht sich der Satellitenmarkt

Aktuelle Marktanalysen gehen davon aus, dass der Satellitenmarkt bis zum Jahr 2040 auf 2.700 Milliarden US-Dollar



Bilder:DLR

Dr. Anna Christmann sprach in ihrem Vortrag über den Brückenschlag von Forschung, Start-ups und Industrie in Deutschland

anwächst. Das entspricht dem zehnfachen Volumen der globalen Automobilindustrie im Jahr 2020. Dank ihres systemischen Technologieportfolios sehen die Konferenzteilnehmerinnen und -teilnehmer die baden-württembergische Raumfahrtbranche in einer starken Position für den New Space. ●

DER AUTOR UND DIE AUTORIN

Jens Mende ist am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart und Ulm für die Standortkommunikation verantwortlich. Als promovierter Physiker verbindet er durch langjährige Medientätigkeit auch persönlich Wissenschaft und Öffentlichkeitsarbeit.

Alisa Griebler koordiniert die Kommunikationsaktivitäten der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR). Sie ist Pressesprecherin der DGLR und Chefredakteurin des Magazins „Luft- und Raumfahrt“.

Personalia

Wir trauern um verstorbene Mitglieder

Dipl.-Ing. Frieder Beyer
Wasserburg
* 22.6.1942 † 15.10.2022

Dr.-Ing. Karl-Friedrich Doherr
Braunschweig
* 21.12.1939 † 22.10.2022

Ing. Wilhelm Robert Krauß
Nürnberg
* 19.7.1937 † 11.11.2022

Dipl.-Ing. Horst Zimmermann
München
* 24.3.1936 † 23.11.2022

Unser tiefes Mitgefühl gilt den Familien und Angehörigen.

Luft- und Raumfahrt

Jahrgang 44
Heft 1/2023

Herausgeber | Redaktion

Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt –
Lilienthal-Oberth e. V. (DGLR)
Godesberger Allee 70
DE-53175 Bonn
Tel.: +49 228 30805-0
Fax: +49 228 30805-24
E-Mail: info@dglr.de
Internet: www.dglr.de

Abonentenservice

Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt –
Lilienthal-Oberth e. V. (DGLR)
Godesberger Allee 70
DE-53175 Bonn
Tel.: +49 228 30805-0
Fax: +49 228 30805-24
E-Mail: abo@dglr.de

Redaktion

Philip Nickenig M. A. (Vi.S.d.P.)
Alisa Griebler M.Sc. (Chefredaktion)
Dorothea Lauer (Redaktion)
Caroline Mahlow (Redaktion)

Redaktionsbeirat

Alisa Griebler M. Sc.
Dr.-Ing. Christian Gritzner
Dr.-Ing. Cornelia Hillenherms
Dr.-Ing. Rolf Janovsky
Anna Maaßen M. A.
Philip Nickenig M. A.
Sascha Rahn M. A.
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Katharina Schäfer

Grafik

Kerstin Fuchs Grafik Design e.U.
Hauptstraße 140 – 144 / 5 / 39
AT-3400 Kierling
Tel.: +43 699 18115110
E-Mail: post@salzwasserfuchs.com
Internet: www.salzwasserfuchs.com

Druck

bonndruck24
Südstraße 29
DE-53757 Sankt Augustin
Tel.: +49 2241 14568570
E-Mail: kontakt@bonndruck24.de
Internet: www.bonndruck24.de

Anzeigen

Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt –
Lilienthal-Oberth e. V. (DGLR)
Sandra Zühlke
Ute Heuschkel
Godesberger Allee 70
DE-53175 Bonn
Tel.: +49 228 30805-0
Fax: +49 228 30805-24
E-Mail: marketing@dglr.de

Autorenbeiträge, die als solche gekennzeichnet sind,
stellen nicht die Meinung des Herausgebers dar.

Erscheinungsweise

Luft- und Raumfahrt
erscheint 4-mal jährlich + 1 Sonderausgabe



Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt Lilienthal-Oberth e.V. (DGLR)

Wissenschaftlich-technische Vereinigung

Präsidium der DGLR

Präsident

Dipl.-Ing. Roland Gerhards

1. Vizepräsidentin

Dr.-Ing. Cornelia Hillenherms

2. Vizepräsident und Schatzmeister

Dipl.-Kfm. Ulrich Beck

Mitglieder des Präsidiums

(in alphabetischer
Reihenfolge)

Dr. Bianca Hörsch
Dr.-Ing. Rolf Janovsky
Prof. Dr.-Ing. Uwe Klingauf
Prof. Dr.-Ing. Martin Tajmar
Dipl.-Biol. Andreas Wolke

Beauftragte des Präsidiums

Dr.-Ing. Detlef Müller-Wiesner
(Vorsitzender des
Ehrungsausschusses)
Dr.-Ing. Michael Sölter
(Bevollmächtigter für
Bezirksgruppen)
Prof. Dr.-Ing. Eike Stumpf
(Bevollmächtigter für
Nachwuchs)
Jens Freymuth M. Sc.
(Vorsitzender des
Jungen Senats)

Generalsekretär

Philip Nickenig M. A.

Senat der DGLR

Gewählte Mitglieder

01.01. 2021 – 31.12. 2023

Dipl.-Ing. Jürgen Ackermann
Prof. Dr.-Ing. Andreas Bardenhagen
Dr. rer. nat. Irena Bido
Prof. Dr.-Ing. Stefanos Fasoulas
Dipl.-Ing. Axel Flaig
Dr.-Ing. Holger Friehmelt
Dipl.-Ing. Roland Gerhards
Dr.-Ing. Christian Gritzner
Prof. Dipl.-Ing. Rolf Henke
Dr.-Ing. Cornelia Hillenherms
Prof. Dr.-Ing. Mirko Hornung
Dipl.-Ing. Claudia Kessler
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Klenner
Dipl.-Ing. Axel Krein
Dipl.-Ing. Andreas Lindenthal
Prof. Dr.-Ing. Robert Luckner
Dipl.-Ing. Heiko Lütjens
Prof. Dr.-Ing. Peter Middendorf
Dr.-Ing. Detlef Müller-Wiesner
Prof. Dr.-Ing. Rolf Radespiel
Prof. Dr. rer. nat. habil. Dipl.-Phys.
Markus Rapp
Dipl.-Ing. Daniel Reckzeh
Dr.-Ing. e. h. Thomas Reiter
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.
Katharina Schäfer
Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
Dr.-Ing. Michael Sölter
Prof. Dr.-Ing. Eike Stumpf
Dr.-Ing. Carsten Wiedemann
Dr.-Ing. Frank Zimmermann

Zugewählte Mitglieder

01.01. 2021 – 31.12. 2023

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Hedi Bachmann
Prof. Dr. John P. Burrows
Dr. Bianca Hörsch
Jens Freymuth M. Sc. (Junger Senat)
Vanessa Kempen (Junger Senat)
Anna Maaßen M. A.
Prof. Dr. rer. Soc. Rainer Martens
Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Schrogl

Ehrenmitglieder

Dipl.-Ing. Horst Demuth
General a. D. Eberhard Eimler
Dipl.-Ing. Jörg Feustel-Büecht
Dr. Dieter Funk
Dr. Alexander Gerst
Dr.-Ing. Dietrich E. Koelle
Prof. Dr. rer. nat. Walter Kröll
Hans Lüttgen
Dr.-Ing. e. h. Hartmut Mehdorn
Dr. rer. nat. Dr.-Ing. e. h. Ulf Merbold
Prof. Dr. rer. nat. Ernst Messerschmid
Dipl.-Ing. Hans-Peter Reerink
Dipl.-Phys. Mario H. Rheinforth
Kurt J. Rossmanith
Prof. Dr.-Ing. Joachim Szodruich
Prof. Dr.-Ing. Fred Thomas
Prof. Dr. rer. nat. Friedwart Winterberg
Isolde de Zborowski



International Air Cadet Exchange (IACE) 2023



Die Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal Oberth e.V. (DGLR) organisiert mit wesentlicher Unterstützung der Luftwaffe, der Luftsportjugend Deutschland, der Interessengemeinschaft Deutsche Luftwaffe e.V., des Deutschen Bundeswehr-Verbands e.V. und der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie die deutsche Beteiligung an diesem seit 1946 bestehenden **internationalen Jugendaustausch**.

Der IACE 2023 wird **vom 13. bis 27. Juli 2023** stattfinden. In dieser Zeit hat eine Auswahl deutscher junger Erwachsener die Chance, die Luftfahrt und die Kultur jeweils eines unserer Partnerländer, beispielsweise Belgien, Frankreich, Großbritannien oder die Vereinigten Staaten von Amerika, kennen zu lernen. Start- und Zielflughafen ist Frankfurt am Main.

Das Programm stellt sich, je nach Gastland, völlig unterschiedlich aus einem Mix von offiziellen Empfängen, Industrie- und Truppenbesuchen, kulturellen Highlights sowie fliegerischen Aktivitäten und Freizeit zusammen. Das vereinende Element für die Programme aller Partnerländer ist die gemeinsame Begeisterung für die Luftfahrt.

Die erfolgreichen Bewerberinnen und Bewerber erwartet ein unvergessliches Abenteuer unter Gleichgesinnten, an das sie sich noch lange zurückerinnern werden!

Für die Teilnahme inkl. Flug, Unterkunft, Vollverpflegung, Programm im Austauschland, Poloheemd, Krawatte und einer Jahresmitgliedschaft der DGLR ist ein Eigenbeitrag von 650,- Euro zu leisten. In einigen Ländern wird zusätzlich ein dunkler Anzug benötigt.



Teilnahmevoraussetzungen:

- Alter zwischen 18 und einschließlich 20 Jahren
- 2G-Status: geimpft oder genesen
- Ausgeprägtes Interesse an der Luftfahrt
- Fließend gesprochenes Englisch
- Gute Gesundheit und Bereitschaft, als deutsche Repräsentantin oder deutscher Repräsentant am Programm eines der Partnerländer teilzunehmen
- Teilnahme am eintägigen Vortreffen im Juni 2023 in Köln

Interessierte **bewerben sich bis zum 1. März 2023** mit einer aussagekräftigen und überzeugenden PDF-Bewerbung mit Lebenslauf, Motivationsschreiben, Passfoto, Nachweis des 2G-Status (Zertifikat mit QR-Code) und entsprechenden Referenzen (Zeugnisse, Beurteilungen) per Mail an bewerbung@iacegermany.de

Für weitere Fragen besuchen Sie unsere Homepage www.iacegermany.de oder senden Sie uns eine Mail an info@iacegermany.de



Flugbegeistert?

Lust auf internationale Erfahrung?



DGLR

DLRK 2023

DEUTSCHER LUFT- UND
RAUMFAHRTKONGRESS

19. – 21. SEPTEMBER 2023 | STUTTGART

CALL FOR PAPERS



Reichen Sie jetzt Ihren Beitrag ein!
DLRK2023.DGLR.DE