

TECHNIK

IN BAYERN

Das Regionalmagazin für **VDI** und **VDE**



Luftfahrt

Eventkalender & Aktuelles
VDE Bayern Tec Cruise
Energiekonferenz Zukunft – aber wie?



Hochschule
München
University of
Applied Sciences

H M



Foto: Roland Maier

Silvia Stettmayer
Redaktion TiB

Womit fliegen wir morgen?

Gerne wagen wir mit unseren Schwerpunktthemen einen Blick auf die Technik von morgen. Im Fokus stehen heute technische Lösungen, die das Erreichen der Klimaziele ermöglichen können. Diese notwendigen Transformationen betreffen – neben der Gebäudewirtschaft und der Industrie – hauptsächlich den Verkehrssektor und damit auch die Luftfahrtbranche.

Nun zählen Flugzeuge, neben Kraftwerken, Produktionsanlagen, Lokomotiven und vielen mehr, zu den langlebigen Wirtschaftsgütern, deren Entwicklung teuer und aufwändig ist und die in der Regel eine Laufzeit von mehreren Dekaden haben. Dies erklärt sich im Flugzeugbau auch durch hohe Sicherheitsanforderungen und lange Zertifizierungszeiten.

Mag also unsere Ausgangsfrage auch komplex und zukunftsweisend klingen, die Antwort darauf ist sehr einfach und in der Gegenwart verhaftet: wir werden in 35 Jahren mit einem heute hergestellten Flugzeug fliegen.

In 35 Jahren befinden uns in der Mitte der 2050er Jahre, die Industrie ist dekarbonisiert und die Klimaziele des *European Green Deal* müssen erreicht worden sein. Wenn wir ehrlich sind, bedeutet das, dass sich die Luftfahrt in atemberaubender Geschwindigkeit vom Kerosin verabschieden muss. Und besser heute als morgen einen technologischen Generationswechsel bei den Antrieben vornehmen muss.

Um größere Treibstoffeinsparungen zu erreichen, arbeiten Triebwerkshersteller schon seit Jahren an immer effizienteren Turbinen, bis jetzt aus wirtschaftlichen Gründen, denn Kerosin ist der größte Kostenfaktor beim Fliegen, jetzt steht auch das Klimaziel im Fokus.

Die komplette Abkehr vom Kerosin, also der Umstieg auf Elektro-, hybrid-elektrisch, Wasserstoff-Brennstoffzellen- oder Bio- und eFuels-Antriebe ist Gegenstand großer Forschungsvorhaben. Und die Abkehr vom Verbrenner etabliert auch bei Flugzeugbauern und Triebwerksherstellern eine neue, gemeinschaftlichere Arbeitsweise. Klar ist, die Art des Antriebs kann nur anwendungsbezogen getroffen werden – Elektroantriebe eignen sich eher für Kleinflugzeuge und Kurzstrecken, für Verkehrsflugzeuge und die Langstrecke scheint z.B. die Brennstoffzelle eine Option zu sein.

Welche Antriebsarten sich künftig durchsetzen, ist derzeit noch nicht absehbar. Absehbar ist aber, dass die Klimawende das Fliegen verteuern wird. Nichts ist billiger als Kerosin und für den synthetischen Treibstoff SAF und den viel zitierten grünen Wasserstoff werden in Zukunft erhebliche Mehrkosten anfallen.

Apropos Zukunft: Parallel zur etablierten Flugzeugindustrie machen sich seit einigen Jahren viele neue Firmen und Start Ups auf in einen ganz neuen Sektor der Luftfahrt, die eVTOLS, kleine Fluggeräte für die neue fliegende (urbane) Mobilität. Die Umsetzung und Anwendung der rasanten Entwicklungen in der Automation und der Elektrifizierung machen eVTOLS technologisch höchst anspruchsvoll. Wo immer sie auch hinführt, diese Reise wird spannend.

Für die Luftfahrtbranche gibt es auf jeden Fall Gründe genug, um Ende Juni auf der Internationalen Luft- und Raumfahrt-Ausstellung ILA in Berlin über mögliche Zukunftsoptionen engagiert zu diskutieren.

Silvia Stettmayer



Foto: Deutsche Luftfischerung

Luftfahrt

Die Luftfahrtbranche musste in der Coronapandemie empfindliche Einbußen hinnehmen. Gleichzeitig sind die Anforderungen zum Erreichen der Klimaschutzziele hoch. Gelingt es, klimaneutrale Flugzeugantriebe zu entwickeln und wie werden wir morgen fliegen?

SCHWERPUNKT

Auf dem Weg zur emissionsfreien Luftfahrt Markus Fischer	06
Ein Fernlicht für die Luftfahrt Gespräch mit Jochen Kaiser	10
Fliegen ist schön – oben bleiben noch schöner Florian Holzapfel	12
Neuer Forschungsstandort für Luft- und Raumfahrt Ralf Kastner	15
Elektrische Strahltriebwerke sind keine Utopie Andreas Hupfer, Sebastian Hawner, Fabian Helmchen	16
Mit eFuels bald klimaneutral abheben Tobias Block	18
Die sichere und faire Integration von Drohnen Ute Otterbein	20
Erste Simulationen von Fluglärm durch UAM Michael Bauer	22
Automatisierte Flugwetterbeobachtung Eckhard Lanzinger	24
Schwenkflügel – eine aerodynamische Modeerscheinung? Der historische Hintergrund von Phillip Berg	27
30 Jahre Flugwerft Schleißheim Walter Rathjen	28



Foto: Deutsche Luftfischerung

Der Tower am Flughafen München

INHALT

HOCHSCHULE UND FORSCHUNG

Die Luftfahrt elektrifizieren	30
Neuer Studiengang Elektromobilität-ACES	47

AKTUELLES

VDI BV Bayern Nordost: Neubesetzungen im Vorstand	31
VDI BV München: VDI-Tag 2022 in Ingolstadt	32
VDI BV München: Energiekonferenz	34
VDI Young Engineers München	35
VDI BV Bayern Nordost: Mitgliederversammlung 2022	36
VDE Bayern: Tec Cruise 2022	37
VDI ADC 2022: Mit Bits und Bites auf der Rennstrecke	38
VDI Landesverband Bayern: Sieger Jugend forscht Bayern	40
VDI BG Regensburg: Mit der Seilbahn über die Donau	41
VDE/VDI-AK Informationstechnik München	42
VDI-AK Bio-, Medizin- und Umwelttechnik München	43

RUBRIKEN

Veranstaltungskalender	45
Buchbesprechungen	48
Impressum	49
Cartoon	50
Vorschau	50



Titelbild:
Infrastruktur für das Fliegen
mit Wasserstoff
Grafik: DLR

VDI Landesverband Bayern
VDI Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V.
Westendstr. 199, D-80686 München
Tel.: (0 89) 57 91 22 00, Fax: (0 89) 57 91 21 61
www.vdi-sued.de, E-Mail: bv-muenchen@vdi.de

VDI Bezirksverein Bayern Nordost e.V.
c/o Ohm-Hochschule, Keßlerplatz 12, D-90489 Nürnberg
Tel.: (09 11) 55 40 30, Fax: (09 11) 5 19 39 86
E-Mail: vdi@th-nuernberg.de

VDE Bayern, Bezirksverein Südbayern e.V.
Heimeranstraße 37, D-80399 München
Tel.: (0 89) 91 07 21 10, Fax: (0 89) 91 07 23 09
www.vde-suedbayern.de, E-Mail: info@vde-suedbayern.de

Suchen Sie eine Dolmetscherin?



1500 Dolmetscher
und Übersetzer für mehr
als 40 Sprachen!



Qualifikation ✓
Spezialisierung ✓

→ by-suche.bdue.de

Bundesverband der
Dolmetscher und Übersetzer
Bayern



Unsere Fachliste Technik
gratis für Sie:

- Qualifizierte Sprachprofis für 200 technische Fachgebiete
- Als PDF erhältlich unter fachliste-technik.bdue.de oder als Printversion über service@bdue.de



Auf dem Weg zur emissionsfreien Luftfahrt

Die Luftfahrt ist ein fester Bestandteil unseres gesellschaftlichen Lebens, unserer globalen Mobilität. Sie trägt zum Austausch der Kulturen bei, fördert unseren Wohlstand. Doch erleben wir gegenwärtig einen der intensivsten Transformationsprozesse der Luftfahrtgeschichte. An dessen Ende soll und wird ein klimaverträglicher Luftverkehr stehen. Denn die Folgen des Klimawandels fordern unser konsequentes Handeln.

Der Anteil der Luftfahrt an der Erwärmung der Atmosphäre wird zwar nur mit zwei bis fünf Prozent beziffert, das exponentielle Wachstum des weltweiten Luftverkehrs macht jedoch ein umgehendes Handeln erforderlich: Die Luftfahrtbranche verzeichnet eine Verdoppelung des Luftverkehrsaufkommens alle 15 Jahre. Dem steht gegenwärtig mit jeder Flugzeuggeneration in einem vergleichbaren Zeitraum nur eine Effizienzsteigerung um etwa 15 Prozent gegenüber. Die von der Luftfahrt verursachten Emissionen haben in vieler Hinsicht eine unerwünschte

Wirkung und müssen zwingend reduziert werden. Dafür reicht allein die evolutionäre Weiterentwicklung von heutigen Flugzeugen nicht mehr aus. Zusätzlich müssen revolutionäre Technologien der Herausforderung der Umweltbelastung durch die Luftfahrt begegnen. Neben dieser signifikanten Steigerung der Ökoeffizienz des einzelnen Luftfahrzeugs müssen gleichzeitig die komplexe globale, nachhaltige Lieferkette, vorangehende Produktionsprozesse und Materialien sowie Aspekte der Infrastruktur betrachtet werden.

Revolutionäre und unmittelbar verfügbare Lösungen für eine emissionsfreie Luftfahrt gibt es aufgrund der immensen technologischen Herausforderungen insbesondere zur Energie- und Leistungsdichte alternativer Antriebe derzeit nicht. Aufgrund der hohen technischen und finanziellen Risiken und der unter allen Betriebsbedingungen zu gewährleistenden Sicherheit ist ein Technologiewandel in der Luftfahrt zudem ein langwieriger und kostenintensiver Prozess, insbeson-

dere durch umfangreiche Zulassungsverfahren. Um unsere Ziele zu erreichen, muss es in den nächsten zwanzig Jahren gelingen, das Wachstum im Luftverkehr von der Umweltbelastung zu entkoppeln. Unsere Prognosen zeigen, dass der Luftverkehr bis zum Jahr 2050 klimaneutral werden kann. Aus diesem Anlass veröffentlichte das DLR Ende 2021 eine Luftfahrtstrategie, die den Weg zum emissionsfreien Fliegen zeichnet.

Gegenwärtig stehen wir vor zwei großen Herausforderungen. Zum einen müssen wir die aktuellen Flugzeuge weiter verbessern, deren Effizienz steigern und Klimawirkung reduzieren. Zum anderen gilt es, den Weg für eine neue Flugzeuggeneration zu ebnen. Das erfolgt unter anderem durch neue Flugzeugkonzepte, neue Antriebe und Leichtbauprinzipien sowie Systemarchitekturen in Kombination mit nachhaltigen Kraftstoffen.

Neben evolutionären und revolutionären Flugzeug- und Antriebskonzepten spielen besonders nachhaltige Luftfahrt-Brenn-



Das Konzept Fuel Cell Electric Regional Aircraft "D70-FC10" mit 10 Brennstoffzellen und Antriebseinheiten in den „Pods“ unter den Flügeln zu sehen, welches für 70 Passagiere ausgelegt ist.

stoffe sowie die Flugführung eine zentrale Rolle. Die erfolgreiche Einführung solcher Konzepte erfordert eine transdisziplinäre Forschung unter Berücksichtigung von Technologie-, Betriebs- und Wirtschaftsfaktoren.

Der breite Einsatz von regenerativ erzeugtem Kerosin für alle Flugzeugklassen kann die klimarelevanten Emissionen bereits kurzfristig um 80 Prozent senken. Zudem ist die Entwicklung energieeffizienter Technologien für Antrieb, Flugzeug und Lufttransportsystem nötig, die auf allen Strecken bis 2050 zusätzlich mehr als die Hälfte der verbleibenden Emissionen einsparen können. Für eine weitere Senkung der Emissionen sind alternative Antriebsarten voranzubringen, insbesondere Wasserstoffverbrennung für die Kurz- bis Mittelstrecke und brennstoffzellen-elektrische Antriebe auf der Regionalstrecke. Flugzeug und Luftverkehr stehen dabei als Gesamtsystem im Mittelpunkt der Luftfahrtforschung. Das DLR betrachtet alle Technologien ergebnisoffen und bewertet und integriert sie im Gesamtsystem. In diesem Zusammenhang forscht das DLR am virtuellen Produkt – der Digitalisierung entlang des Flugzeuglebenszyklus, das heißt vom Entwurf über die Fertigung, die Zulassung und den Betrieb bis hin zur Ausmusterung. So können ökonomische und ökologische Auswirkungen frühzeitig und umfassend prognostiziert und bewertet werden.

Auf unsere Vision einer emissionsfreien Luftfahrt arbeiten wir gemeinsam mit

unseren internationalen Partnern aus Forschung, Industrie und Wirtschaft hin. Im Detail sind folgende drei Entwicklungsfelder von entscheidender Bedeutung:

Energieeffizientes Flugzeug

Der Energiebedarf kommender Flugzeuge muss bis zum Jahr 2050 mindestens um die Hälfte reduziert werden. Ein geringerer Energiebedarf des Flugzeugs wirkt sich direkt in einem geringeren Verbrauch der Antriebssysteme aus, reduziert Restemissionen und kompensiert die höheren Kosten künftiger Energieträger. Dafür notwendig sind Technologien zur Reduktion des aerodynamischen Widerstands und des Gesamtgewichts gemeinsam mit innovativer Flugregelung und Sensorik. Um diese Technologien optimal integrieren zu können, müssen sie in der Auslegung neuer Flugzeugkonfigurationen bereits ganz zu Beginn in der Entwurfsphase berücksichtigt werden.

Beispielsweise sind Flügel mit signifikant höherer Streckung erforderlich, um den bei der Auftriebserzeugung entstehenden induzierten Widerstand deutlich zu senken. Weiterhin ist die Laminarhaltung zur Reduktion des Reibungswiderstands auf den Flügel anzuwenden und zwingend auf den Rumpf zu erweitern; mit weitreichenden Auswirkungen auf Tragstrukturen und Systeme. Zudem sind bekannte Leichtbaupotenziale konsequent zu nutzen und zu optimieren, Lastreduktionsmethoden mit neuartigen Sensor- und Regelungskonzepten zu ver-

binden und die sensorische Strukturüberwachung zu implementieren. Schließlich sind neue Leichtbauweisen zu entwickeln und zu erproben, die eine maximale Beteiligung von Sekundärstrukturen und Systemelementen an der Lastabtragung ermöglichen.

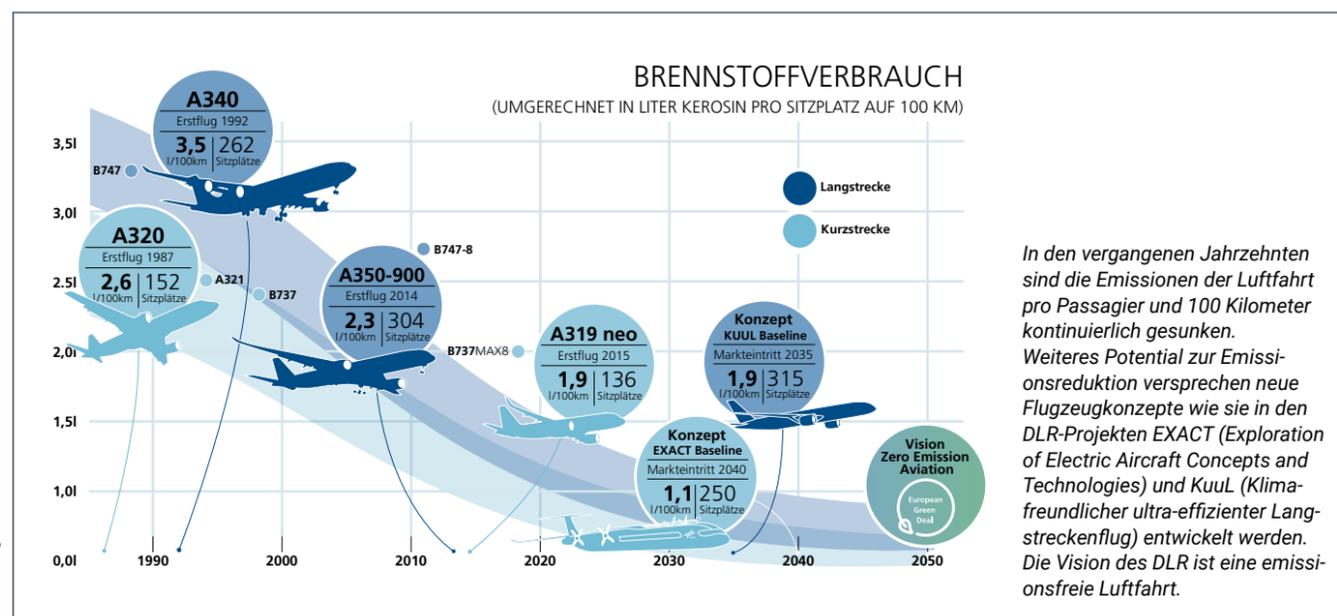
Emissionsarme Luftfahrtantriebe

• Turboantriebe mit nachhaltigen Luftfahrt-Brennstoffen

Auf den Kurz- bis Langstrecken ermöglichen hoch effiziente Turbofan-Triebwerke gemeinsam mit regenerativ erzeugtem Kerosin einen weitgehend klimaneutralen Betrieb. Möglich ist das für die gesamte bestehende Flotte mit nur minimalen technischen Modifikationen der Triebwerke und der vorhandenen Infrastruktur.

• Wasserstoff als Energieträger

Wasserstoff kann die lokalen CO₂-Emissionen im Luftverkehr auf null reduzieren. Für alle Wasserstoff-Antriebe stellen die Sicherheit, das Volumen sowie Gewicht und Integration eine besondere Herausforderung dar. Das erfordert eine intensive Erforschung von H₂-Tankssystemen inklusive der Systemarchitektur sowie neuartiger Flugzeugkonzepte, die vorwiegend mit dem Volumeneinfluss umgehen müssen. Mittelfristig ist der Einsatz von Wasserstoff besonders für Flugzeuge im Regional- und Kurz-Streckenbereich geeignet. Die Erforschung einer sicheren und zuverlässigen Wasserstoff-Verbrennung





Das neue DLR-Forschungsflugzeug „Do-228“-D-CEFD soll zur Erprobung eines elektrischen von MTU Aero Engines entwickelten 600 kW-Antriebsstrangs eingesetzt werden

und des Umgangs mit dem Energieträger soll in den nächsten fünf Jahren die kommerzielle Anwendbarkeit in Flugzeugen bis hin zur Demonstration vorbereiten.

• Elektrische Antriebe mit Wasserstoff oder Batterien als Energieträger

Trotz ihrer sehr hohen Wirkungsgrade sind sowohl Batterien als auch Brennstoffzellen auf absehbare Zeit nur für Kleinflugzeuge und Regionalflugzeuge geeignet. Notwendig ist die Erforschung von Hochleistungs-Elektromotoren, Batterien und Brennstoffzellen. Dann kann in den nächsten fünf Jahren über eine mittelfristige Anwendung in Verkehrsflugzeugen entschieden werden.

Lufttransportsystem

• Gesamtsystembewertung

Die Bewertung des Lufttransportsystems umfasst alle Aspekte des Betriebes und seiner Auswirkungen. Mit den Ergebnissen soll die Wirkung eingeschätzt und eine Neugestaltung ermöglicht werden. Dafür ist in den kommenden fünf Jahren der Aufbau einer umfassenden und detaillierten Bewertungs- und Simulations-Plattform für das gesamte Lufttransportsystem notwendig.

• Klimawirkung und Flugrouten

Großes Potential, die Klimawirkung des

Flugverkehrs zu senken, bietet die Reduktion der Nicht-CO₂-Effekte – insbesondere durch geeignete Flugrouten auf der Lang- und Mittelstrecke. Um in den nächsten fünf Jahren die kommerzielle Umsetzbarkeit und Wirksamkeit von klimaoptimierten Flugrouten nachzuweisen, bedarf es politischer Rahmenbedingungen und der Einführung technischer Neuerungen. Dazu gehören zunehmende Automatisierung und Standardisierung im Flugzeug, im Luftverkehrsmanagement und in der Flugführung.

• Digitalisierung

Die Digitalisierung als Katalysator beschleunigt den Weg zur klimaneutralen Luftfahrt. Sowohl digitale Werkzeuge und Methoden als auch Entscheidungsprozesse, die durch Einsatz künstlicher Intelligenz unterstützt werden, tragen dazu bei, neue Konzepte und Technologien für den nachhaltigen Lufttransport in größeren und kreativeren Entwurfsräumen zu erforschen. Zugleich fördert die bessere Übereinstimmung von virtuellem und realem Produkt die beschleunigte Übertragbarkeit von Forschungsergebnissen in die Anwendung.

Hier zeigt sich, auf dem Weg zum klimaneutralen Fliegen liegt ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf für vielfältige maßgeschneiderte Technologi-

en. Dafür braucht es eine kontinuierliche Förderung und Unterstützung. Besondere Bedeutung kommt dabei dem Transfer der Erkenntnisse in die Industrie und in die Wirtschaft zu. Dank der Kompetenzen und der Fähigkeiten von mehr als 25 für die Luftfahrt forschenden DLR-Instituten und -Einrichtungen sowie einer einzigartigen Forschungsinfrastruktur verfügt das DLR über ein breites Verständnis der Luftfahrt und aller Möglichkeiten, diese für das 21. Jahrhundert fit zu machen. Damit sehen wir uns als Architekt und Integrator in der Luftfahrtforschung und engagieren uns mit Zuversicht für einen nachhaltigen klimaverträglichen Luftverkehr der Zukunft, der die Menschen weiter weltweit verbindet.

Die Luftfahrt wird sich in den kommenden Jahrzehnten als klimaneutraler Motor der Wirtschaft und des interkulturellen Austauschs neu erfinden. In Europa ist dieses Ziel nachdrücklich durch den European Green Deal gesetzt. Das Wachstum des Luftverkehrs darf zukünftig nicht mehr zu steigenden Emissionen führen. Es muss vom Wachstum des Luftverkehrs und den damit steigenden CO₂-Emissionen entkoppelt werden.

Die technischen Potentiale zeigen: Der Weg hin zu einer klimaneutralen Luftfahrt ist bis zur Mitte des Jahrhunderts möglich. Diese Transformation muss vielfältig und technologieoffen gestaltet werden. Evolutionäre Schritte sind ebenso nötig wie der konsequente Einsatz verfügbarer revolutionärer Technologien. Nur durch die Verknüpfung der vier wesentlichen Themengebiete emissionsarmer Luftfahrtantrieb, energieeffizientes Flugzeug, emissionsreduziertes Lufttransportsystem und Digitalisierung lässt sich das Ziel der klimaneutralen Luftfahrt bis 2050 erreichen.

Insbesondere die konsequente Digitalisierung soll es bis 2050 ermöglichen, neue Lösungsansätze kosteneffizienter und doppelt so schnell zu finden wie heute und so die Transformation zur Klimaneutralität ausreichend zu beschleunigen.

Dr. Markus Fischer
Bereichsvorstand Luftfahrt
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt (DLR)

Projekte und Visionen in der Luftfahrt

Flugzeug- und Triebwerkshersteller entwickeln unterschiedliche Ansätze für das Fliegen von morgen. Hier einige Beispiele:



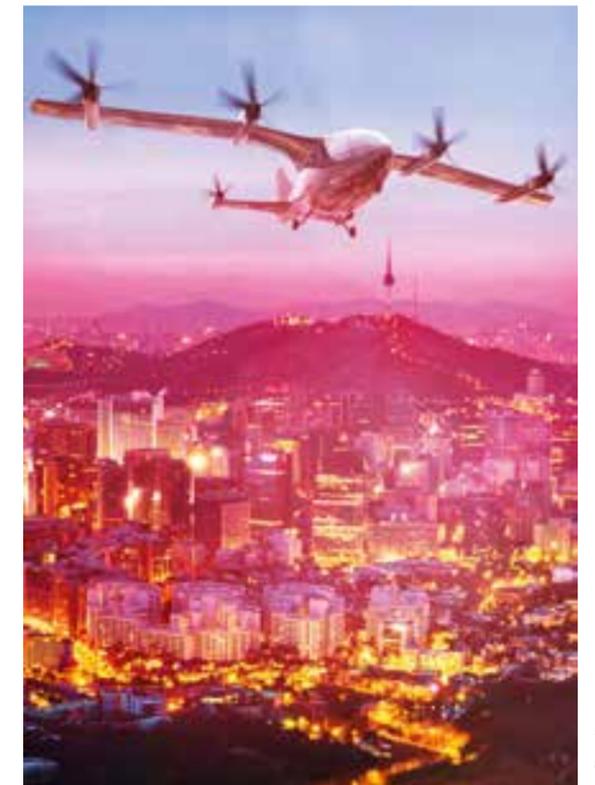
Abb. oben: Je nach Reichweite und Größe eines Flugzeugs erweisen sich unterschiedliche Antriebskonzepte als optimal. Hier sind Konfigurationen mit verteilten Antrieben (hinten) sowie Turboprop- und Turbofan-Antrieben zu sehen. Diese können sowohl hybrid-elektrisch mittels Wasserstoff-Brennstoffzelle als auch per Direktverbrennung von Wasserstoff oder SAF betrieben werden. In der Bewertung zeichnet sich bisher zwischen den Technologieoptionen auf Basis von Wasserstoff und SAF ein Kopf-an-Kopf-Rennen ab.

Abb. unten: Das Wasserstoff-Projektflugzeug von Airbus

Abb. rechts: Ein eVTOL von RollsRoyce fliegt über Seoul



Grafik: Airbus



Grafik: DLR

Grafik: Rolls Royce

Bauhaus Luftfahrt

Ein Fernlicht für die Luftfahrt

Das Bauhaus Luftfahrt e.V. beschäftigt sich mit Technologien und Trends, die in die Zukunft weisen. Dazu sprachen wir mit Dr. Jochen Kaiser, dem Leiter der Abteilung „Visionäre Flugzeugkonzepte“.

TiB: Herr Dr. Kaiser, Sie sind Leiter der Abteilung „Visionäre Flugzeugkonzepte“. Was können wir uns darunter vorstellen?

Jochen Kaiser: Wir beschäftigen uns hier hauptsächlich mit Flugzeugkonzepten und -ideen, die in 30, 40 oder 50 Jahren zum Einsatz kommen sollen. Unsere Hauptaufgabe ist, diese Visionen für die Industrie vor zu bewerten, bevor sie in die eigentliche Entwicklung gehen.

TiB: Das ist das Konzept eines Thinktanks.

Kaiser: Ja, dahin entwickeln wir uns immer mehr, das taucht jetzt auch in der Namensgebung auf. Ursprünglich ist das Bauhaus Luftfahrt eine bayerische Gründung, aber speziell durch unsere Industriepartner wächst es immer mehr auf nationaler Ebene. Wir wachsen aber nicht als Institut – wir sind ca. 50 Mitarbeiter – und bleiben weiterhin auf der rein kon-

immer noch faszinierend ist dieses kleine, sehr flexible Team und das themenübergreifende Arbeiten mit dem ganzheitlichen Anspruch, dem Bauhauscharakter, zusammen mit vielen Disziplinen. Dieses „anders Denken“ tut einem sehr gut.

TiB: Wer finanziert das Bauhaus?

Kaiser: Wir bekommen die Grundfinanzierung vom Land Bayern und den Mitgliedsbeiträgen unserer Industriepartner. Dann haben wir direkte Kooperationen mit Industriepartnern und wir beteiligen uns natürlich an den öffentlichen Ausschreibungen und Forschungsprogrammen. Mit diesen drei Säulen können wir auch unseren zweiten Auftrag, die Ausbildung von jungen Wissenschaftlern, finanzieren. Unser Vorstand Prof. Hornung hat einen Lehrstuhl an der TUM und viele Studierenden promovieren hier.

TiB: Bestrebungen den Klimawandel aufzuhalten sind Tagesgespräch. Was sind die Gründe für die Notwendigkeit alternativer Flugantriebe, da der weltweite CO₂-Eintrag durch den Flugverkehr lediglich 3 bis 4 % ausmacht?

Kaiser: Auch 3 – 4 % CO₂-Eintrag sind ein signifikanter Beitrag und dazu kommen noch andere Effekte, wie die Kondensstreifen. Insgesamt geht es um ca. 5 % kli-

wir z. B. der Flugscham begegnen wollen, müssen wir diesen klimaschädlichen Eintrag reduzieren. Und dazu gibt es schon Selbstverpflichtungen wie das IATA-Papier. Hier sollen zunächst 50 % des Wertes von 2005 bis 2050 reduziert werden, bis 2060 soll der Flugverkehr dann klimaneutral werden. Sozialkritisch gesehen ist es auch ein sehr kleiner Anteil der Weltbevölkerung, der diesen Luftverkehrsanteil erzeugt. Die Luftfahrt hat auch immer eine Signalwirkung, eine Vorbildfunktion. Wenn man wirklich etwas für den Klimaschutz machen möchte, ist es leichter, wenn solche Bereiche vorne weg laufen und Technologien entwickeln, die auch in anderen Bereichen Anwendungen finden. Es hat Vorteile, wenn eine Technik luftfahrtzertifiziert ist, denn die Sicherheitsanforderungen sind extrem hoch – auch ein Grund dafür, dass man sich mit den Jahren 2050 und 2060 heute schon beschäftigen muss. Und Flugzeuge fliegen sehr lange, d.h. ein Flugzeug, das ich heute herstelle, das wird auch in 30 Jahren noch fliegen. Wir müssen sehr langfristig denken und bis neue Technologien, z. B. ein komplett neuer Energieträger, zugelassen sind, dauert es extrem lange. Die nächste Flugzeuggeneration an der gerade gearbeitet wird, kommt 2035 auf den Markt.

TiB: Was ist das Besondere an der Luftfahrtindustrie?

Kaiser: Es gab in der Luftfahrtindustrie schon immer einen hohen Druck Kosten zu senken. Und der größte Kostenfaktor in der Luftfahrt ist die Energiequelle. Diese laufenden Kosten sind im Vergleich zur Herstellung eines Flugzeuges sehr hoch, weswegen es sich immer gelohnt hat, die Flugzeuge effizienter zu machen.

Wenn Sie Flugzeuge von vor 20 Jahren mit heute vergleichen, z. B. den A 340 mit dem A 350, dann sehen Sie auf der Langstrecke eine Reduktion von 25 % an Kerosinverbrauch. Das ist viel und es lohnt

sich für die Airlines. Die Motivation waren Kostengründe und jetzt kommt der Umweltfaktor dazu. Damit lohnt sich Effizienz noch mehr.

TiB: Welche Optimierungsmöglichkeiten gibt es bei konventionellen Gasturbinen?

Kaiser: Die meisten Einsparungen wurden in den letzten Jahrzehnten über die Antriebe erzeugt. Bei den Möglichkeiten Gasturbinen noch effizienter zu machen, gibt es Probleme bei der Integration, denn wenn man versucht die Gasturbine klein zu halten, dann wird der äußere Fan immer größer. Leider wächst das Flugzeug nicht mit.

TiB: Warum genügt dann nicht die Umstellung auf synthetische Treibstoffe?

Kaiser: Diese synthetischen Treibstoffe – SAF (Sustainable Aviation Fuels) – bei denen ich am Ende eine CO₂-neutrale Verwendung habe, wären bei der langen Laufzeit von Flugzeugen ein erster entscheidender und schneller Schritt, mit dem ich die CO₂-Reduktionspotenziale heben kann. Natürlich müssen diese Treibstoffe auch in ausreichenden Kapazitäten hergestellt werden, was momentan noch nicht möglich ist. Die meisten Flugzeuge könnten heute schon problemlos mit höheren synthetischen Kraftstoffanteilen fliegen. Im Moment liegt die Zulassungsgrenze hier bei 50 %, aber es gibt schon Flugversuche bei Airbus und Boeing mit 100 % SAF. Es entstehen natürlich auch höhere Kosten, weil Kerosin unvergleichlich billig ist. Am Ende muss man diese Art von Treibstoffherstellung politisch einfordern.

TiB: Haben Elektroantrieb und Wasserstoff die Chance, wirtschaftlicher zu werden als konventionelle Antriebe auf Kerosinbasis?

Kaiser: Wir wissen ja, dass Elektroantriebe einen sehr hohen Wirkungsgrad haben. Für kleinere Flugzeuge mit beispielsweise 19 Sitzen gibt es Entwicklungen und man



Jede Idee hat ihre Zeit – Dr. Jochen Kaiser

kann absehen, dass man damit Kurzstrecken fliegen kann. Aber die Batteriegrößen, die wir für Verkehrsflugzeuge (180 Sitze) bräuchten, sind noch in weiter Ferne. Diese Batterien bräuchten eine Energiedichte von 2000 Wh/kg, bei Autobatterien haben wir heute eine Energiedichte zwischen 200 und 300 Wh/kg.

Nachdem es heute nicht nur um Wirtschaftlichkeit, sondern auch um Klimawirksamkeit geht, könnten Brennstoffzelle und Wasserstoff punkten. Die Brennstoffzelle hat den großen Vorteil, dass ich außer Wasser keine Emissionen erzeuge. Hier gibt es schon Modelle im Regionalflugzeugbereich mit bis zu 80 Plätzen. Bei größeren Flugzeugen denken alle an flüssigen Wasserstoff, der dann in Gasturbinen verbrannt wird. Hier stellt sich die Transportfrage, denn Kerosin hat ein deutlich kleineres Volumen als Wasserstoff, auch wenn H₂ die höherer Energiedichte hat. Und H₂ muss kalt bleiben. Optimal ist ein isoliertes, kugelförmiges Gebilde, beim Flugzeug ist das der Rumpf, den ich vergrößern müsste. Technisch gibt es viele Lösungsansätze aus der Raumfahrt und der Autoindustrie, das Hauptproblem bei H₂ ist heute die fehlende Infrastruktur.

TiB: Welche Entwicklungen sehen Sie beim (urbanen) Luftverkehr?

Kaiser: In der Luftfahrtindustrie geht der Trend hin zu kleineren Flugzeugen und zu mehr Direktverbindungen. Jeder Umsteigeflug ist ein zusätzlicher Flug, der sowohl aus Klimagesichtspunkten als auch aus Kostengründen nicht gut ist. In diese Modellierungen wird heute sehr viel Zeit investiert.

Der urbane Luftverkehr ist technologisch

extrem interessant, weil hier auch von vielen Start-Ups rein elektrische Antriebe ins Spiel kommen und ganz neue Technologien entwickelt werden – sowohl batterie-technisch aber auch was die Flugführung betrifft. Fraglich ist für uns die Wirtschaftlichkeit und die Rolle im Flugmarkt, entscheidend werden hier die Zulassungszeiträume z. B. für Vertiports sein.

TiB: Kommen wir zurück auf Ihre Abteilung. Welche Visionen sind momentan in der Diskussion?

Kaiser: Hauptsächlich beschäftigen wir uns mit der viel stärkeren synergetischen Integration von Antrieb und Flugzeugkonzept. Hier sehen wir das meiste Potential. Radikale Konzepte, wie z. B. Flugzeuge mit nur einer Turbine, prüfen wir auf ihre Sinnhaftigkeit, bevor sie bei Herstellern verwirklicht werden. Wir ziehen uns als Team auch regelmäßig zurück, um frei über Ideen und Gedanken zu diskutieren. Diese Freiheit müssen wir uns nehmen. Wenn wir mit unseren Ideen an die Öffentlichkeit gehen, sollen sie einen Realitätsbezug haben.

Das Interview führten Fritz Münzel und Silvia Stettmayer

Bauhaus Luftfahrt e. V.

Gegründet wurde der Bauhaus Luftfahrt e. V. im November 2005. Mitglieder sind die Luft- und Raumfahrtunternehmen Airbus, IABG, Liebherr-Aerospace und MTU Aero Engines sowie das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie. Seit 2015 ist es auf dem Ludwig Bölkow Campus in Taufkirchen bei München angesiedelt. <https://www.bauhaus-luftfahrt.net/de/>

Technische Sicherheitsaspekte bei eVTOLs

Fliegen ist schön – oben bleiben noch schöner

Fliegen ist heute eine Alltagsangelegenheit und so erregen „normale“ Luftfahrtthemen in der Öffentlichkeit kein großes Aufsehen mehr – ganz anders sieht es bei den „Lufttaxi“ aus, der Urban Aerial Mobility. Auch wenn zum aktuellen Zeitpunkt noch nirgends Regelbetrieb stattfindet, das Thema ist in aller Munde.

Dank des rasanten Fortschritts in vielen Gebieten der Technik und Wissenschaft hat sich ein Fenster aufgetan, das es plötzlich erlaubt, fliegende Systeme zu bauen, die noch vor kurzem undenkbar gewesen wären – geprägt von Automation und Elektrifizierung ist die dritte Revolution in der Luftfahrt angebrochen. Vollmundig verspricht eine unüberschaubare Zahl an alten und neuen Firmen nicht weniger als die massenhafte Nutzung der dritten Dimension für alltägliche Transportaufgaben – bis hin zum Ende lästiger Staus ganz egal ob Sir Isaac Newton für oder gegen den eigenen Ansatz spricht. Und weil wir in Deutschland sind, werden natürlich bevorzugt die Risiken und an allererster Stelle die sozialen Aspekte diskutiert.

Tritt man einen Schritt zurück und holt tief Luft, bleiben auch bei nüchterner Betrachtung viele interessante Einsatzgebiete und Anwendungen für die neue fliegende Mobilität übrig – zum Nutzen für alle und auch dann, wenn es sich nicht wirklich um eine nachhaltige Lösung für den Stau am Boden handelt (Senkrechtstart und -landung erfordern viel Energie – da braucht es schon ein im Reiseflug sehr wirtschaftliches Flugzeug und eine ausreichend große Strecke, um dies gegenüber einem bodengebundenen Transportmittel mit ebenso effizienten Komponenten wieder zu kompensieren).

Gerade dann, wenn man über kurze Strecken viel Zeit gewinnen kann – etwa in

gebirgigen oder inselreichen Gebieten, in Gegenden mit schlechter Bodeninfrastruktur oder Sicherheitslage oder bei gar fehlender Verkehrsanbindung kann Fliegen sehr schnell ein sinnvoller Anteil von Mobilitätsketten werden – und bei ausreichender Stückzahl und sinnvoll niedriger Anforderung an den Bediener auch für jeden leistbar.

Die Frage die bleibt ist die nach der Sicherheit

Das hohe Sicherheitsniveau in der kommerziellen Luftfahrt wird durch die Einhaltung von Vorschriften erzwungen. Dazu müssen der Flugzeugentwurf („Design“), der aktuelle Zustand des jeweils verwendeten Flugzeuges („Produktion“ und „Wartung“), die Betreiberorganisation („Operator“) sowie der aktuelle Bediener („verantwortlicher Luftfahrzeugführer“, auch wenn er nicht zwingend an Bord ist) eine Vielzahl von Anforderungen erfüllen. Außerdem muss sichergestellt sein, dass der Betrieb mehrerer Flugsysteme zu keinen gefährlichen Wechselwirkungen der Luftfahrzeuge untereinander wie Kollisionen, negativer Beeinträchtigung von Navigationssystemen oder aerodynamischer Interaktionen (z. B. Wirbelschleppen) sowie mit der Umgebung führt – hierzu bedarf es einer übergeordneten Koordination, die durch Flugführungsregeln sowie durch Flugsicherungs- und -managementmaßnahmen sichergestellt wird.

Für sämtliche der oben genannten Bereiche gibt es eine Vielzahl von technischen und organisatorischen Anforderungen, die in Europa von der EASA (European Union Aviation Safety Agency) erlassen und über europäische und nationale Verordnungen und Gesetze rechtsverbindlichen Charakter bekommen. Ähnliche Strukturen findet man in vielen wirtschaft-

lich entwickelten Bereichen der Welt, andere lehnen sich an die amerikanische oder europäische Vorschriftenlage an.

Wie hingegen die Anforderungen zu erfüllen sind, ist nicht festgelegt, vielmehr möchte man hier bewusst die Freiheit aller Beteiligten möglichst wenig einschränken. Dies versetzt jedoch alle in die Pflicht, Umsetzungs- und Nachweismethoden für die Anforderungen zu finden, die von EASA oder sonstigen Zulassungsbehörden akzeptiert werden – man spricht hier von sogenannten „Acceptable Means of Compliance“ (AMC). Prinzipiell bleibt es jedem offen, ureigene Lösungsansätze zu erarbeiten und die Zulassungsbehörden von diesen zu überzeugen. In der Praxis findet hier aber typischerweise eine enge Zusammenarbeit über Hersteller Grenzen hinaus und mit den Behörden eng abgestimmt statt, um unter dem Dach verschiedener Institutionen (z. B. EUROCAE, JARUS, ASTM, RTCA, SAE, ...) Vorschläge für diese AMCs zu erarbeiten, die dann von den Zulassungsbehörden als zulässige Lösungen deklariert („endorsed“) werden.

Wie sieht es an der Stelle mit der „Urban oder Advanced Aerial Mobility“ aus? – Gibt es schon Vorschriften und AMCs? Wie passen die zu den für einen Erfolg erforderlichen Randbedingungen? (niedrige Kosten, große Stückzahlen). Um einen klaren Fokus zu behalten – lassen Sie uns auf die Situation für senkrecht startende und landende Flugtaxi in Europa konzentrieren.

Zunächst – manche Hersteller versprechen bereits heute „autonomen“ Betrieb – sie meinen damit, dass kein qualifizierter Bediener mehr an Bord des Flugsystems sitzt, sondern sich dort nur noch Passagiere befinden. – Für diesen Anwendungsfall sieht die EASA einen „Betriebstyp 2“

für zugelassene Drohnen vor. An dieser Stelle fehlen die rechtlichen Grundlagen und regulatorischen Anforderungen noch bei weitem, die EASA bringt sofort für den anfänglichen Lufttaxi Betrieb derer, die irgendwann „autonom“ fliegen wollen als Übergangslösung einen „Betriebstyp 3“ ins Spiel, der zwar das Thema Lufttaxi bereits in Richtung der Drohnen zieht, aber immer noch einen Piloten an Bord vorsieht. Spannend ist, dass auch für später die Behörde von „remotely piloted“ – also quasi ferngesteuert spricht und nicht von „autonom“. Auf einen klar benennbaren Menschen, der als „verantwortlicher Luftfahrzeugführer“ letztendlich die Verantwortung für einen konkreten Flug trägt, auch wenn er gar nicht an Bord ist, will man so bald nicht verzichten.

Als Basis für die Zulassung von Lufttaxi zieht die EASA die „CS-23 Amendment 5“ heran – die Zulassungsvorschrift für kleinere Flächenflugzeuge. Trotz Senkrechtstart und -landung bilden eben nicht die Regularien für Hubschrauber die Grundlage. Darauf aufbauend gibt es eine „Special Condition Vertical Take-off and Landing Systems“ (SC-VTOL) die durch zusätzliche Anforderungen aus dem Hubschrauberbereich oder aber gänzlich neue Vorschriften die rechtliche Grundlage für Senkrechtstarter bis zu neun Passagieren schafft. Dabei werden, um eine gewisse Proportionalität in den Sicherheitsanforderungen zu schaffen, zwei Hauptkategorien unterschieden – Basic und Enhanced.

Will man in urbanem Gebiet operieren oder kommerziellen Personentransport betreiben, muss man in die Kategorie „enhanced“. An dieser Stelle fängt der Schmerz an. Die festgelegten Sicherheitsziele entsprechen hier in etwa den Anforderungen wie sie auch an moderne Verkehrsflugzeuge gestellt werden – ein zulässiger Totalverlust infolge technischer Ursachen in einer Milliarde Flug-



Der VoloCity auf einem Probeflug in Bruchsal

stunden. Dies zieht hohe Anforderungen an Redundanz, Komponentenqualität, Entwicklungsprozesse und Nachweisverfahren nach sich – und damit gewaltige Kosten. Ist hier das vorgegebene Ziel übertrieben? – Hier schießen manche der Marktteilnehmer sich und ihren Mitbewerbern mit ihren überbordenden Prognosen vieler zehntausender Flugsysteme ins Knie. Geht man wirklich von einer solch großen Zahl an Systemen aus, muss natürlich auch das Sicherheitsziel sehr sportlich sein, damit nicht ständig Lufttaxi aus dem Himmel fallen. Nichtsdestotrotz wäre es schön, wenn die EASA hier für weniger ambitionierte Hersteller mit bodenständigen Prognosen einen ausgewogeneren Ansatz finden würde – schließlich darf man auch Hubschrauber bei wesentlich niedrigeren Anforderungen kommerziell betreiben.

Von den bisherigen Flugsystemen zu den neuen eVTOLs

Fällt bei einem klassischen Fluggerät der gesamte Antrieb aus, so bleibt es voll steuerbar – Starrflügler können gleiten und auch bei Hubschraubern gibt es die sogenannte Autorotation, wobei der Rotor mit „Fahrtwind“ auf einer hohen Drehzahl gehalten wird und diese Energie dann kurz vor dem Boden verwendet wird, um die Sinkrate signifikant zu reduzieren.

Fast alle neuen eVTOL Systeme werden im Schwebeflug über schnelle Drehzahländerungen der vielen Hubpropeller gesteuert. An dieser Stelle kommt den Antrieben (auch Lift Thrust Unit – LTU genannt) plötzlich eine viel kritischere Rolle zu, sie werden Teil der primären Flugsteuerung. Dies erfordert unmittelbar, dass man das System auch beim Ausfall einzelner Antriebe sicher weiter-

betreiben können muss, d. h. es ergeben sich strenge Redundanzanforderungen an die Zahl der LTUs, deren unabhängige Energieversorgungseinheiten und deren Ansteuerung. Während bei klassischen Flugzeugen auch nach dem Ausfall relativ vieler Steuerflächen noch ein sicherer Weiterflug bis zu einer Landung möglich ist, etwa, wenn die Hälfte aller Stellantriebe für die Steuerflächen ausgefallen ist, verkraften die meisten eVTOL Entwürfe viel weniger Ausfälle bis zum Verlust der gesteuerten Flugfähigkeit.

Hier kommt ein Thema ins Spiel, das sich „Common Mode Failure“ nennt – frei vielleicht übersetzt als „Versagen auf dieselbe Art“. Bei jeder Komponente, besonders wenn sie eine höhere Komplexität aufweist (und davon wird sofort ausgegangen, wenn digitale Schaltkreise und Software beteiligt sind) besteht immer die abstrakte Gefahr, dass durch einen systematischen Fehler in Spezifikation, Entwurf, Fertigung oder Wartung alle baugleichen Komponenten gleichzeitig ausfallen. Nimmt man das Beispiel oben, dass ein klassisches Flugzeug mit der Hälfte seiner Stellflächen noch landen kann bedeutet dies, dass man dem Problem durch zwei verschiedene Komponententypen bei der Stellelektronik beikommen kann. – Man spricht dann von Hardware-dissimilarität. Bei einem eVTOL würde aber ein Verlust von 50 % der Antriebe nicht auf einmal verkraftet werden können. Also ergeben sich hier spannende Herausforderungen, für die die verschiedenen Hersteller gerade jeweils ihre Lösungen suchen.

Die Ansteuerung der Elektromotoren erfolgt dabei wie deren eigene Regelung fast ausschließlich digital. Daraus resultiert, dass die eVTOLs sofort „Fly-by-

Wire“, also elektronisch gesteuerte Flugsysteme sind. Bedenkt man, dass heute nach wie vor die Mehrzahl der kleineren zivilen Flugsysteme, egal ob Hubschrauber oder Starrflügler, über klassische mechanische Steuerungen verfügen und die „billigsten“ echten Fly-by-Wire Flugzeuge einen stabilen zweistelligen Millionenbetrag kosten, sieht man, dass hier auf der Kostenseite noch einiges zu leisten ist, bevor man die hohen Stückzahlprognosen Wahrheit werden lassen kann – vor allem für Entwicklung und Zulassung werden zunächst hohe Beträge fällig. Synergien mit den steigenden Sicherheitsanforderungen bei der Automation im Automobilbereich versprechen hier aber interessante Perspektiven.

Fliegen wie Autofahren

Eine weitere Herausforderung stellt die erforderliche Bedienerqualifikation dar. Erfordert das Fliegen eines eVTOL eine klassische (Berufs-)pilotenlizenz, im schlimmsten Fall noch in Anlehnung an die eines Berufshubschrauberführers, so ist es naheliegend, dass der Skalierbarkeit der Stückzahlen sehr schnell Grenzen gesetzt sind. Neben neuen Ausbildungsansätzen (z. B. Virtual Reality Simulatoren) muss daher v.a. die Komplexität der Bedienung möglichst gesenkt werden – man spricht hier von SVO „Simplified Vehicle Operation“. Ziel ist es, den Ausbildungsaufwand in etwa auf den eines Autoführers zu reduzieren. Auch hier wird bereits an rechtlichen Grundlagen und technischer Umsetzung gearbeitet. Für die Bedienung im Normalfall ist das auch greifbare Realität – aber in Ausfallsituationen wird heute auch bei teuren Großflugzeugen sehr schnell auf die Fertigkeiten des Menschen zurückgegriffen. Bei einem niedrigen Ausbildungsstand wäre dies nicht mehr möglich. Erfolgreich ist man hier nur, wenn die Automation auch in schweren Aus- und Notfallsituationen weitgehend das Fliegen übernimmt, so dass die Bedienenden nach wie vor dem Flugsystem nur ihre „Bewegungsabsicht“ mitteilen müssen und über haptisches, akustisches und optisches Feedback subtil einen intuitiven Eindruck von den verbleibenden Fähigkeiten des angeschlagenen Fliegers vermittelt wird.

Betriebliche Aspekte

Um zu einem nutzbaren Verkehrsmittel zu werden, wird eVTOLs eine hohe Verfügbarkeit abverlangt. Für Sightseeingzwecke mag es ausreichend sein, bei Windstille und Sonnenschein zu fliegen – für sinnvolle Anwendungen ist Allwetterfähigkeit gefordert. Das bedeutet zunächst dedizierte Start- und Landeinfrastruktur mit genau definierter Hindernisfreiheit, so dass zu jedem Zeitpunkt des Fluges unter allen Umständen ein sinnvoller Flugabbruch möglich ist. Neben den durch die angesprochene SC-VTOL abgedeckten Aspekten gibt es hier bereits zahlreiche Entwurfsstände bezüglich der Anforderungen an Vertiports (genauer aufgeteilt in Vertistations/stops, Vertiports und Vertihubs) – der Traum vom Starten im eigenen Garten und des Landens vor dem Supermarkt bekommt damit schon einen Dämpfer.

Auch bei Nacht und schlechter Sicht muss gewährleistet sein, dass man sicher und ohne gefährliche Annäherung an Hindernisse vom und zum Vertiport geleitet wird. Ein Verlass auf das Raumsegment von Satellitennavigationssystemen allein ist hier nicht ausreichend, um die erforderliche Integrität sicherzustellen, also sich zu jedem Zeitpunkt darauf verlassen zu können, dass die aktuelle Genauigkeit wirklich der erwarteten entspricht. Auch hier bedarf es technischer Lösungen, die von Ihrer Kostenstruktur dem Marktsegment entsprechen und die Sicherheit nicht nur unter dem Aspekt „Safety“, sondern auch der „Security“, also böswilliger absichtlicher Eingriffe in den Flugbetrieb berücksichtigen.

Berücksichtigt man die geringen Energiedichten aktueller Batterien, so gehen den eVTOLs im Schwebeflug nach einem Reiseflug sehr schnell die Luft aus. Hier darf man erwarten, dass die vorzuhaltenden Restschwebezeiten deutlich über das hinausgehen werden, was einige Hersteller heute so als sinnvoll kommunizieren. Was also, wenn die Landefläche nicht frei ist? – Das darf nicht passieren. Daher müssen Flugrouten räumlich und zeitlich genau durchgeplant sein. Auch die Einhaltung sicherer Staffelungsabstände zu anderen Luftfahrzeugen sowie

die Berücksichtigung weiterer Randbedingungen – Lärm, Hindernisfreiheit, meteorologische Einflüsse – sind nicht möglich, wenn einfach jeder vor sich hinfliegt. Eine klassische Flugsicherung über menschliche Fluglotsen würde sehr schnell an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen – also bedarf es automatisierter Verfahren sowohl für die strategische Komponente (Planung, Koordination und Genehmigung von Flugplänen) als auch die taktische (operative Kollisionsvermeidung, ad-hoc Umplanung in Ausfallsituationen). Hier lehnt man sich sehr an die Vorhaben und Vorgehensweisen an, die gegenwärtig für unbemannte Flugsysteme entwickelt werden. Als nationale Player auf dem europäischen Gebiet U-Space seien etwa DRONIQ oder SkyRoads genannt.

Dieser Artikel reißt nur einige der Herausforderungen an, die sich auf dem Weg zur neuen Mobilität in der Luft stellen. Das Ziel wird von Träumen und Visionen beschrieben, die lautstark präsentiert werden. Das ist gut so – und es hat seine Berechtigung, gibt es doch zahlreiche sinnvolle Anwendungen, wo die neue fliegende Mobilität Verbesserungen für alle verspricht. Der Weg dahin besteht aus harter und nüchterner fachlicher Arbeit von Ingenieuren und Wissenschaftlern, Schritt für Schritt mit Mut und Klugheit. Es ist beeindruckend zu sehen, wie schnell hier gerade der tatsächliche Fortschritt ist – bei Gesetzgebung, Vorschriften, Technologien und Lösungen.

Das meiste passiert eher still und leise und nicht unbedingt da, wo großes Getöse gemacht wird, gerade auch bei Start-ups, Mittelständlern und Komponentenherstellern. Wir sind in der dritten Revolution der Luftfahrt – eine spannende Zeit und eine riesige Möglichkeit für neue Unternehmen, junge Nachwuchskräfte, unsere Wirtschaft aber auch für unser Land. Schneller als mancher denkt, werden wir neue Stars am Himmel fliegen sehen. Seien wir tapfer und geben wir dem Fortschritt eine Chance. Per aspera ad astra.

*Prof. Dr. Florian Holzapfel
Lehrstuhl für Flugsystemdynamik
TU München*

Neuer Forschungsstandort für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen

Am Flughafen Oberpfaffenhofen entsteht eine einzigartige Forschungseinrichtung: das Aerospace Flight Test Center. Die Hochschule München und die Technische Universität München werden dort künftig gemeinsam Forschung betreiben und Studierende ausbilden. Im März dieses Jahres fand die Grundsteinlegung gemeinsam mit Vertretern der Politik und den Hochschulen statt.

Forschungszentrum direkt am Flugplatz

Das Aerospace Flight Test Center wird eine der ganz wenigen universitären Forschungseinrichtungen weltweit sein, mit direktem Zugang zu einem Flugplatz. Das ermöglicht es, alle Schritte, von der Idee, über die technische Umsetzung bis hin zur experimentellen Erprobung von Fluggeräten, schnell und unkompliziert vor Ort durchzuführen. Das Center wird rund 1500 Quadratmeter Hallenfläche und Platz für Büros, Labore und Werkstätten haben.

Das Cape Canaveral Bayerns

Bayerns Ministerpräsident Dr. Markus Söder sagte bei der Zeremonie: „Vom Hörsaal aufs Rollfeld: Hier entsteht das Cape Canaveral Bayerns. Wir investieren in den nächsten Jahren 700 Mio. Euro in Luft- und Raumfahrt. Unser Nachwuchs entwickelt Ideen, aus denen neue Unternehmen entstehen.“

HM-Präsident Prof. Dr. Martin Leitner sagte: „Das Aerospace Flight Test Center in Oberpfaffenhofen stellt in einzigartiger Weise den direkten Bezug zwischen Wissenschaft und Praxis her. In dem neuen Zentrum können wir künftig mit Partnern zusammenarbeiten, die selbst keine Erprobungsmöglichkeiten im Bereich der



Gäste der Grundsteinlegung (v.l.): HM-Präsident Prof. Dr. Martin Leitner, TUM-Prof. Dr. Mirko Hornung, Ministerpräsident Dr. Markus Söder, Bayerns Wissenschaftsminister Markus Blume, TUM-Präsident Prof. Dr. Thomas F. Hofmann

Luft- und Raumfahrt besitzen. Das adressiert kleine und mittlere Unternehmen genauso wie unsere hauseigenen Start-Ups.“

TUM-Präsident Prof. Dr. Thomas F. Hofmann betonte: „Der Forschungsflughafen Oberpfaffenhofen ist einzigartig in Deutschland. Er vereint mehr als 30 Luft- und Raumfahrt-Unternehmen und Forschungseinrichtungen an einem Standort. Diese räumliche Nähe ermöglicht gegenseitige Inspiration und die gemeinschaftliche Entwicklung von Tech-

nologieinnovationen. Heute geben wir die Starterlaubnis für unser „fliegendes Labor“ und geben der bayerischen Luft- und Raumfahrt Flügel in die Zukunft.“

Der Ausbau der Forschung im Bereich Luft- und Raumfahrt ist Teil der Hightech Agenda Bayern, für die der Freistaat insgesamt rund 3,5 Milliarden Euro bereitstellt.

*Rolf Kastner
Hochschule München*

Elektrische Strahltriebwerke sind keine Utopie

Die Vision des „elektrischen Fliegens“ wird zumeist an die Potenziale geknüpft, klimaschädliche Emissionen zu reduzieren und die Abhängigkeit der Luftfahrt von fossilen Energieträgern zu verringern. Dies sind gleichzeitig auch die wesentlichen Herausforderungen der modernen Luftfahrt, vor allem im Hinblick des erwarteten weiteren Wachstums.

... mehr als nur ein Motorwechsel

Nicht weniger interessant erscheinen konstruktive und operative Vorteile, die sich durch die Verwendung elektrischer Antriebe ergeben. Die vorherrschenden Flugzeugkonfigurationen haben sich aus der jahrzehntelangen Dominanz von Kolbenmotoren und Gasturbinen als Antriebsaggregate entwickelt. So sind im Flugzeugentwurf die Integrationsmöglichkeiten der Antriebe oft durch den heißen Abgasstrahl limitiert und erfordern kosten- und gewichtserhöhende Isolationsmaßnahmen. Elektrische Antriebe

besitzen diese Einschränkung nicht und ermöglichen neue Konstellationen, bei denen die Antriebe sowohl aktiv in die Flugsteuerung als auch in die Erzeugung von Auftrieb mit integriert werden können. Dennoch geht das enorme Potenzial elektrischer Flugantriebe mit bislang ungelösten und neuen Herausforderungen einher. Neben den allgemein bekannten Problemen wie die Leistungsfähigkeit von Batterien ergeben sich weitere Fragestellungen, so z. B. zur Dimensionierung und Abstimmung der benötigten Subsysteme wie auch eine Anwendung für hohe Fluggeschwindigkeiten, die bisher Strahltriebwerke erfordert.

... eine interdisziplinäre Herausforderung

Basierend auf langjährigen Erfahrungen im Bereich kleiner Flugantriebe forscht die Universität der Bundeswehr (UniBw) in München an neuen Ideen und Lösungen zu diesen Fragestellungen. Um die Forschungsaktivitäten zu bündeln, wurde Anfang 2021 das Forschungsprojekt

ELAPSED (Electric Aircraft Propulsion – safe, efficient, digitally linked) als Teil des wissenschaftlichen Zentrums *dtec.bw* der Universität der Bundeswehr München gestartet. Das Projekt ELAPSED ist ein ganzheitlicher, interdisziplinärer Ansatz zur Entwicklung und Bewertung von elektrischen Antriebsträngen für Flugzeuge. Es berücksichtigt die Energiebereitstellung (Batterie bzw. Brennstoffzelle) über die Antriebstechnik (Elektromotor und Leistungselektronik) bis zum Propulsor und den zugehörigen Teilaspekten Thermal- und Wärmemanagement, elektromagnetische Verträglichkeit sowie die Interaktion mit der Flugregelung. Hierzu wird an der Entwicklung und Umsetzung eines 80 kW-Antriebstrang-Demonstrators für Kleinflugzeuge und an innovativen Propulsoren, welche auch hohe Fluggeschwindigkeiten und -höhen ermöglichen, gearbeitet.

... effizient, kompakt und trotzdem schnell unterwegs

Das Institut für Aeronautical Engineering an der UniBw widmet sich insbesondere der Forschung zu innovativen, elektrisch angetriebenen Propulsoren. Da auch elektrische Flugzeuge an ökonomischen und operativen Kriterien gemessen werden, spielt insbesondere das Erreichen hoher Fluggeschwindigkeiten eine wesentliche Rolle. Bislang wurde zumeist der Verbrennungsmotor durch einen Elektromotor ersetzt. Die Fluggeschwindigkeit mit einem konventionellen Propeller ist jedoch begrenzt. Für höhere Fluggeschwindigkeiten, welche aktuell nur mit Strahltriebwerken erreicht werden, entwickelt ein Forschungsteam unter Leitung von Prof. Andreas Hupfer elektrisch angetriebene Fantriebwerke. Diese erlauben durch die Ummantelung des Rotors in Verbindung mit einem abgestimmten System aus Einlassdiffusor und verstellbarer Düse einen Betrieb bei hohen Fluggeschwin-

digkeiten. Verglichen mit einem Propellerantrieb wird ein höherer massen- und flächenspezifischer Schub erreicht, wobei letzteres zu weniger Bauraum und einer verbesserten Integrierbarkeit in die Flugzelle führt.

... mehr Leistung mit zwei Rotoren

Um die Leistungsfähigkeit weiter zu steigern, wird außerdem an einem gegenläufigen Rotorssystem geforscht. Dieses Konzept wurde bereits an der UniBw erfolgreich umgesetzt [1]. Die gegenläufigen Rotorstufen weisen bei entsprechender Auslegung mehrere Vorteile auf. Der Drall nach dem ersten Rotor kann durch die Gegenläufigkeit des nachgeschalteten Rotors vollständig abgebaut werden. Es kann auf einen Stator, welcher im Nachlauf der aerodynamisch hoch belasteten Rotoren feststehend die Strömung umlenkt und Drall abbaut, verzichtet werden. Zusätzlich kann mehr Leistung als mit nur über einem Rotor übertragen werden. Beide Rotoren werden direkt von einem eigenen, innenliegenden Motor angetrieben, d. h. Motor und Fan sind integrale Bestandteile einer Rotorstufe und direkt miteinander verbunden. Damit steht im Betrieb ein weiterer Freiheitsgrad bei der Drehzahlabstimmung zur Verfügung. Zwei Motoren erhöhen zusätzlich die Sicherheit und reduzieren die Komplexität, denn im Gegensatz zu gegenläufigen Rotoren, welche von nur einer Maschine angetrieben werden, wird kein Getriebe benötigt.

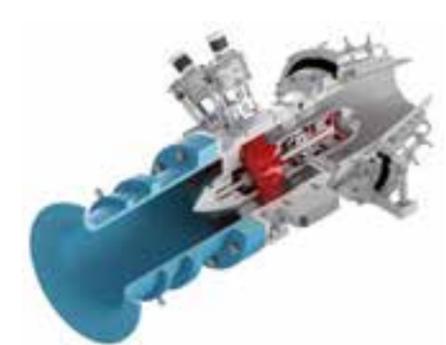
Die Entwicklung numerischer, CFD-basierter Tools für die aerodynamische Auslegung sind Voraussetzung für eine treffsichere Vorhersage des späteren Betriebsverhaltens. Beispielsweise werden Parameteruntersuchungen zum Einfluss der Rotorgeometrie auf Strömungsverhalten und damit auf den Gesamtschub und Wirkungsgrad durchgeführt. Darüber hinaus gibt es noch weitere Forschungsaspekte. Der Einsatz von CFK-Schaufeln, welche leicht und dennoch hochfest sind, erfordert neue konstruktive und fertigungstechnische Lösungen. Durch patentierte Gehäusesegmente mit auxetischen Strukturen, welche mit modernen 3D-Druckverfahren hergestellt werden können, kann die Spaltweite zwischen Schaufelspitze und Gehäuse in der Montage und

dynamisch im Betrieb eingestellt werden. Das vermeidet ein Anstreifen und ermöglicht dennoch minimale Spaltweiten zur Sicherstellung bestmöglicher Wirkungsgrade. Verstellbare Düsenflächen sind notwendig, um eine durchgehend hohe Schubeffizienz von Start bis Schnellflug zu ermöglichen. Aufgrund der kompakten Bauweise ist die Abfuhr der Motorabwärme eine besondere Herausforderung. Mit steigender Antriebsleistung muss es das Ziel sein, diese Wärme nicht nur abzuführen, sondern der Schuberzeugung nutzbringend an anderer Stelle zuzuführen. Auch hierzu gibt es bereits Ansätze, welche in Forschungsprojekt ELAPSED am Institut untersucht werden.

... Einsatzpotenziale in der kommerziellen Luftfahrt

Neue Möglichkeiten bieten sich auch für einen effizienten und umweltverträglichen Commuter- und Regionalflugverkehr, welcher abseits der Verkehrsknoten mit dezentralen Flügen und bis zu 50-sitzigen Flugzeugen kurze Gesamtzeiträume garantieren soll. Seit seinem Niedergang in den 1990er Jahren erhielt dieses Segment zuletzt wenig Aufmerksamkeit, sodass sich durch die neuen Möglichkeiten elektrischer Antriebstechnologien eine Neuausrichtung anbietet. Beeindruckendes Potenzial liegt hierbei in der Elektrifizierung dieses Luftverkehrssegments. Nicht nur die Vorteile erwarteter, geringerer operativer Kosten durch reduzierten Wartungsaufwand, sondern auch komplett neue Ansätze zur Integration der Antriebe in die Zelle bzw. Tragflächen sind möglich. Bisher fehlt es sowohl an weitreichenden Erfahrungen für den Einsatz elektrischer Antriebe und Systeme in Luftfahrzeugen dieser Größe und Leistungsanforderungen, als auch an einer Neubewertung der Anforderungen dieses Regionalflugmarktes.

Um diese wechselseitige Abhängigkeit zu beschreiben, arbeitet das Team von Prof. Andreas Hupfer in enger Kooperation mit Prof. Sophie Armanini, Inhaberin der Professur für eAviation an der TU München, an einer systematisierten Beschreibung von Anforderungen für die Auslegung kleiner Regionalflugzeuge. Hier stellt sich insbesondere die Frage, welche Reichwei-



Prototyp des elektrisch angetriebenen Fantriebwerks mit gegenläufigen Rotorstufen
Die Temperatur im Kühlkreislauf kann damit um bis zu 10 Kelvin abgesenkt werden

ten und Leistungsanforderungen anzunehmen sind, da diese den Flugzeugentwurf und die operativen Eigenschaften auf allen Ebenen beeinflussen. Bei der Untersuchung und Bewertung von Antriebskonfigurationen und -integrationen wird ein Fokus auf das Zusammenspiel der Subsysteme gelegt.

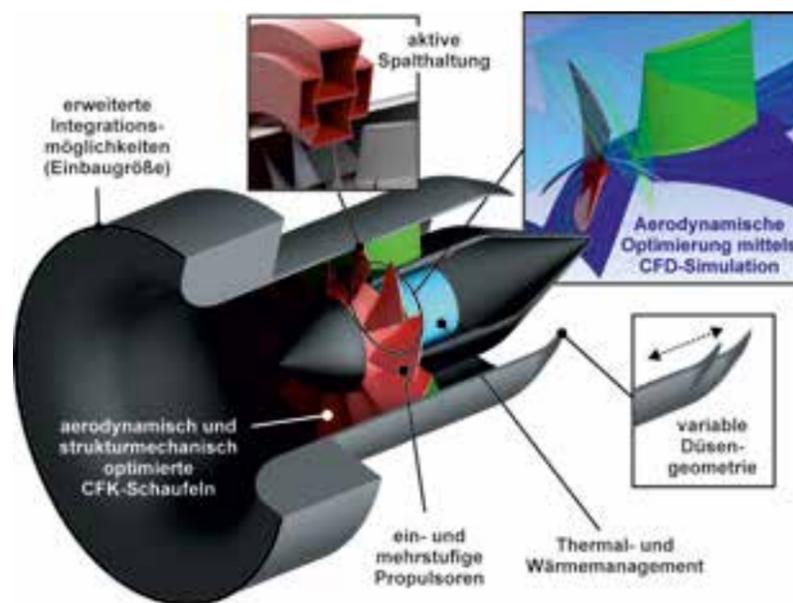
Die Elektrifizierung der Antriebssysteme in der Luftfahrt stellt nicht nur technologisch eine große Herausforderung dar, sondern erfordert auch neue Auslegungs- und Entwicklungsstrategien. Das Triebwerk kann nicht mehr als separates Subsystem betrachtet werden, sondern ist integraler Bestandteil eines ganzheitlichen Flugzeugs. Eine interdisziplinäre und fächerübergreifende Forschung mit neuen Schwerpunkten wie der Elektrotechnik ist vonnöten. In den aktuellen Forschungsprojekten an der UniBw in München wird dies bereits berücksichtigt.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Hupfer,
Sebastian Hawner, M.Sc.,
Fabian Helmchen, M.Sc.

Institut für Aeronautical Engineering,
Universität der Bundeswehr München

Quellen

- [1] Ebus, T., Dietz, M. & Hupfer, A. Experimental and numerical studies on small contra-rotating electrical ducted fan engines. CEAS Aeronautical Journal 12/2021, p. 559–571. <https://doi.org/10.1007/s13272-021-00517-7>



Aktuelle Forschungsschwerpunkte am Institut für Aeronautical Engineering der UniBw München

Mit eFuels bald klimaneutral abheben

Klimaneutral abheben – das wollen die Bundesregierung, die Luftfahrtbranche und die Mineralölwirtschaft bis zum Jahr 2030 zumindest in einem ersten Schritt schaffen. Geht es nach den Plänen der EU-Kommission, soll es im Rahmen ihres „Fit for 55-Paket“ eine verbindliche Quote an erneuerbaren Treibstoffen für die Luftfahrt geben. Bis 2025 sollen Treibstofflieferanten nach der neuen Verordnung „ReFuelEU Aviation“ verpflichtet werden, eine Beimischung von mindestens zwei Prozent nachhaltigen Treibstoff (SAF) zu garantieren. Dazu wird an den derzeit 500 Flughäfen der EU die geeignete Infrastruktur geschaffen. Im Jahr 2030 sollen 5 % SAF und davon mindestens 0,7 % eFuels – synthetische, strombasierte Kraftstoffe – zur Verfügung stehen. Bereits die letzte Bundesregierung hat festgelegt, dass bis 2030 2 % eFuels in Deutschland in der Luftfahrt eingesetzt werden müssen.

Flugzeuge sind die größten Klimasünder
Für die eFuel Alliance ist das ein wichtiger und richtiger Schritt in Richtung klimaneutrales Fliegen, denn die größten Klimasünder unter den Fortbewegungsmitteln sind Flugzeuge. Beim Reisen mit dem Flugzeug werden 380 Gramm CO₂ pro Kilometer produziert. Damit erzeugt eine Flugzeugreise 153 Prozent mehr CO₂-Emissionen als eine Reise mit dem Auto und 950 beziehungsweise 1900

Prozent mehr CO₂ als eine Reise mit der Bahn oder dem Bus. Mit klimaneutralen eFuels ließen sich diese Emissionen nahezu komplett vermeiden. Schnelles Handeln ist also ganz im Sinne des „European Green Deal“ geboten, deshalb fordert die eFuel Alliance deutlich höhere Quoten. Wir schlagen zusammen mit unseren mehr als 170 Mitgliedsunternehmen mindestens 10 % SAF – davon 2 % eFuels – im Jahr 2030 und 75 % SAF – davon 53 % eFuels – im Jahr 2050 vor. Angebot und Nachfrage nach nachhaltigen Flugzeugtreibstoffen in der EU können mit dieser Initiative gesteigert werden. Das wird den ökologischen Fußabdruck des Luftverkehrs verringern und in die Lage versetzen, zur Verwirklichung der Klimaziele der EU beizutragen.

Elektrifizierung des Flugverkehrs liegt in weiter Ferne

Die eFuel Alliance begrüßt deshalb die neue „ReFuelEU Aviation“-Verordnung als wichtiges Instrument zur Unterstützung der notwendigen Markteinführung synthetischer Kraftstoffe und als Anreiz für weitere Investitionen in erneuerbare Kraftstoffe. „Langfristig gibt es nach heutigem Stand der Technik nämlich keine Alternative, die sich mit den Klimazielen vereinbaren lässt – Großraumjets, die beispielsweise direkt mit elektrischer Energie angetrieben werden, sind auch in sehr weiter Ferne nicht in Sicht. Die

Leistung, um mit Passagieren und Fracht voll beladene Mittel- und Langstreckenflugzeuge in die Luft zu bringen, ist mit elektrifizierten Systemen auf absehbare Zeit nicht darstellbar“, erklärt Ralf Diemer, Geschäftsführer von eFuels Alliance.

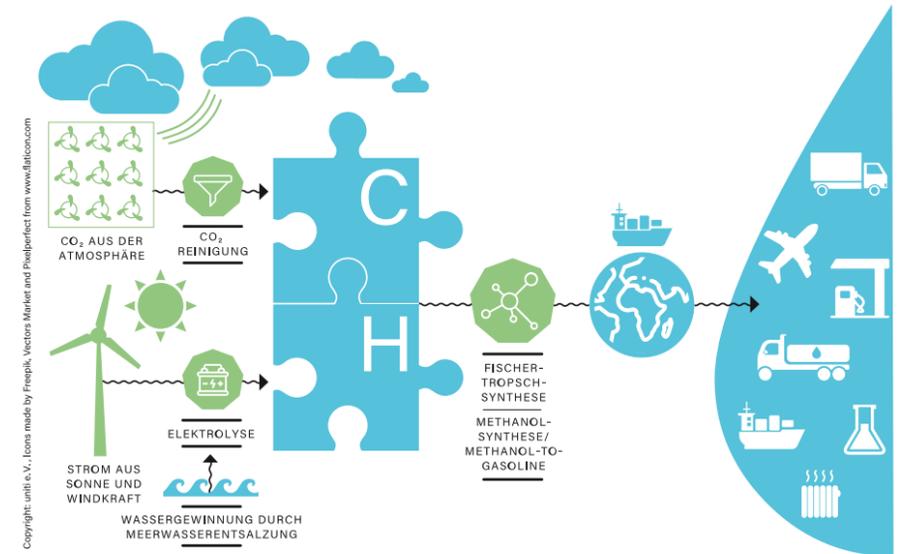
eFuels lassen sich problemlos in Verbrennungsmotoren einsetzen

eFuels könnten mit ihren Eigenschaften die Zukunft für einen klimaneutralen Flugverkehr sein. Da synthetische Kraftstoffe die gleichen chemischen Eigenschaften wie herkömmliches Benzin oder Diesel haben, können sie fossilen Kraftstoffen beigemischt werden und diese mittel- bis langfristig sogar vollständig ersetzen. So könnte alles, was mit einem Verbrennungsmotor angetrieben wird – einschließlich der riesigen Autoflotte, Hausheizungen und den weltweit 27 000 Flugzeugen – klimaneutral betrieben werden. Ein weiterer Vorteil: eFuels lassen sich problemlos lagern, transportieren und weltweit einsetzen. Gerade bei Kraftstoffen ist es wichtig überall eine gleiche Kraftstoffqualität zu haben. Von einer klimaneutralen Selbstversorgung ist die EU noch weit entfernt und wird daher weiterhin auf Energieimporte angewiesen sein. Die aktuelle Situation zeigt, dass die Erreichung der ambitionierten Klimaziele einerseits und die Importabhängigkeit von beispielsweise Russland dringend Lösungen erfordert. Auch hier

bieten eFuels eine Antwort. Sie bieten die beste Möglichkeit, erneuerbare Energie in Form von flüssigen und gasförmigen, synthetischen Energieträgern zu speichern, sie mit der bestehenden Infrastruktur (Schiffe, Pipelines, Raffinerien, Tankstellen) einfach zu transportieren und damit weltweit zu nutzen.

Wasserstoff und eFuels dort herstellen, wo Wind und Sonne im Überfluss vorhanden sind

eFuels werden aus Wasserstoff, der mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, hergestellt. Zur Produktion von Wasserstoff und Folgeprodukte wie eFuels wird vor allem eines benötigt: viel erneuerbarer Strom, der aus Wind- und Solaranlagen kommt. Das ist unabhängig davon ob die Produkte am Ende in der Stahlindustrie, im Lkw oder in der Luftfahrt eingesetzt werden. Wasserstoff und seine Derivate lassen sich am effizientesten und günstigsten dort herstellen, wo Sonne und Wind im Überfluss vorhanden sind. Ob Wasserkraft in Norwegen, Windräder in Chile oder Sonnenkollektoren in der Sahara – es gibt viele ideale Standorte auf der Welt. In Freiburg zum Beispiel, einem der sonnenreichsten Orte Deutschlands, scheint die Sonne durchschnittlich 1700 Stunden im Jahr, während sie in der Sahara 4300 Stunden lang scheint. Eine Windkraftanlage in Chile hat rund viermal mehr Energieausbeute als eine vergleichbare Anlage in Deutschland. Damit wird ein Großteil der Effizienzverluste der eFuel-Produktion dadurch kompensiert, dass eFuels dort produziert werden wo deutlich mehr Erneuerbare Energie und kaum Nachfrage vorhanden ist. „Um den Kampf gegen den Klimawandel zu gewinnen, müssen wir über Europas Grenzen hinausdenken. Eine Fläche von 800 mal 800 km in Nordafrika würde ausreichen, um den weltweiten Primärenergiebedarf zu decken“, sagt



Wie werden e-Fuels hergestellt?

Dr. Monika Griefahn, Sprecherin von eFuel Alliance.

Grüne Energieerzeugung schafft weltweit Arbeitsplätze

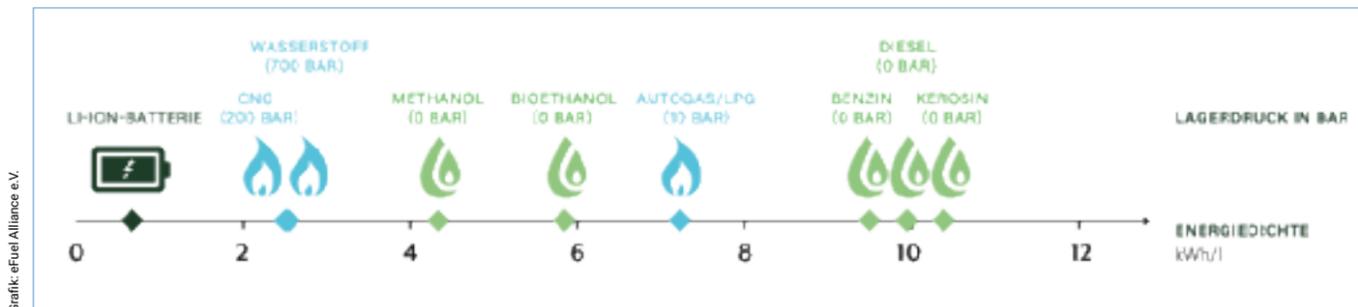
Investitionen in die Produktion von grünem Wasserstoff und eFuels würden sich nicht nur für die Verbraucherländer auszahlen, sondern auch die Wirtschaft ankurbeln und Arbeitsplätze in den Erzeugerländern schaffen. So könnte allein die Produktion von zehn Prozent eFuels für den EU-Kraftstoffmarkt – wie jüngste Studien zeigen – bis zu 278.700 Arbeitsplätze in den Herkunftsländern schaffen, und zwar nicht nur in Afrika und im Nahen Osten, sondern auch in weiten Teilen Mittel- und Südamerikas, Asiens und Australiens. Wirtschaftlich schwächere Länder würden davon ebenso profitieren wie solche, die stark von Energieimporten abhängig sind. Im Rahmen des Europäischen Green Deals werden jetzt in Brüssel alle wichtigen Rechtsvorschriften überarbeitet, um sicherzustellen, dass die Europäische Union ihre Klimaziele erreicht. Dies ist eine einmalige Chance für Europa, einen ambitionierten Weg einzuschlagen, der eFuels neben anderen CO₂-reduzierenden Technologien zu einem zentralen Baustein einer glaubwürdigen Klimaschutzpolitik macht. Europa braucht ehrgeizigere Ziele für die Nutzung erneuerbarer Energien, höhere

Quoten für nachhaltige Kraftstoffe in der Luft- und Schifffahrt und eine sektorübergreifende Einführung von eFuels. Es braucht Investitionsanreize, niedrigere Preise und eine faire Energiesteuer auf der Grundlage des Kohlenstoff-Fußabdrucks der verschiedenen Energiequellen. Und sie muss auch das Potenzial von eFuels nutzen, um einen praktischen Übergang zu gewährleisten, der die Wirtschaft entwickelt, die Verbraucher unterstützt und unser wertvolles Klima schützt.

Dr. Tobias Block
eFuel Alliance e.V.

Die eFuel Alliance e.V.

Die eFuel Alliance ist eine Interessensgemeinschaft, die sich für die industrielle Produktion von synthetischen Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien einsetzt. Mit seinen 170 Mitgliedern repräsentiert die eFuel Alliance die gesamte Wertschöpfungskette der eFuel Produktion: von innovativen Start-ups wie Synhelion über den Maschinenbau wie Siemens Energy, Zulieferer wie Bosch, Autohersteller wie Mazda, der Mineralölindustrie wie Neste bis hin zu Anwendungssektoren wie Iveco oder Liebherr sowie Verbraucherorganisationen wie dem ADAC. Ziele der Initiative sind die Anerkennung von eFuels als wesentlicher Baustein einer europäischen technologieoffenen Klimaschutzpolitik. Auf europäischer Ebene setzt sich die Allianz für Rahmenbedingungen ein, die einen Markthochlauf von eFuels ermöglichen. Weitere Informationen: www.efuel-alliance.eu



Energiedichte

Die sichere und faire Integration von Drohnen in den Luftraum

Im deutschen Luftraum ist viel los – im Jahr 2019 kontrollierten die Fluglotsen der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH mehr als drei Millionen Flugbewegungen. Obwohl die Coronakrise den gewaltigsten Einbruch der Luftverkehrszahlen in der Geschichte der Luftfahrt brachte und sich im Jahr 2020 nur noch 1,46 Millionen Flüge im deutschen Luftraum bewegten, bleiben die Aufgaben gleich: Flugzeuge müssen sicher starten, landen und im Streckenflug überwacht werden.

Das Kerngeschäft der DFS ist die Überwachung des sogenannten kontrollierten Luftraums. Doch auch im bodennahen, unkontrollierten Luftraum ist der Andrang groß: Hier steigen jedes Jahr rund 50.000 Privatpiloten in die Lüfte. Hinzu kommen Polizei- und Rettungs-Hubschrauber, die bundesweit permanent im Einsatz sind. Und auch Segelflieger, Fallschirmspringer oder Ultraleichtflieger nutzen den deutschen Luftraum in geringen Flughöhen, in dem auf Sicht geflogen wird. Seit einigen Jahren kommt ein weiterer Luftraumnutzer hinzu: Unbemannte Luftfahrzeuge, umgangssprachlich Drohnen genannt. Der Einsatz ist in vielen Branchen sinnvoll – das Einsatzspektrum reicht von der Landwirtschaft (z. B. Rehkitszrettung und Maiszünsler) über die Feuerwehr und Rettungsdienste bis zur Inspektion von Strom- oder Gastrassen und schließlich auch für zeitkritische Lieferungen wie den Transport von Blutkonserven, eiligen Medikamenten oder Laborgütern.

Ziel der DFS: Sichere und faire Integration in den Luftraum

Marktübliche Drohnen sind in der Regel zu klein, um von einem Piloten früh genug gesehen zu werden. Auch das Radar der DFS kann Drohnen nicht erfassen, deshalb können sie gerade im Gebiet rund um Flughäfen zur Gefahr für Verkehrsflugzeuge werden. Das belegen die Zahlen des monatlich erscheinenden „Drohnen Reports“ der DFS, in dem auch Meldungen über Drohnensichtungen im Bereich der Flughäfen erfasst werden. Daher müssen Drohnen vor allem für Fluglotsen und Piloten sichtbar gemacht werden. Nur so können sie sicher und fair in den deutschen Luftraum integriert werden.

Lösungsansatz UAS Traffic Management

Für die Sichtbarkeit der unbemannten Luftfahrt setzt sich die DFS schon seit vielen Jahren ein, denn diese ist die Grundlage für Flugsicherheit. In einem Forschungsprojekt gemeinsam mit der Deutsche Telekom entstand zunächst das sogenannte „hook-on-device“ (HOD), das Drohnen mit einem Mobilfunkchip ausstattet. Vereinfacht gesagt, werden sie so zum fliegenden Smartphone und senden unter anderem ihre Positionsdaten über das vorhandene Mobilfunknetz. Aus dem Projekt entstand im Jahr 2019 das Joint-Venture droniq, das diese Idee seitdem im dynamischen deutschen Drohnenmarkt vermarktet.

Zusätzlich entwickelte die DFS mit dem UAS Traffic Management System (UTM)

ein System, das diese Daten nutzbar macht: Dieses Luftverkehrssystem für die Unbemannte Luftfahrt stellt die übertragenen Positionsdaten der unbemannten Luftfahrtsysteme in einem Luftlagebild dar, um die so erfassten Fluggeräte weitgehend automatisiert zu kontrollieren. Angereichert mit Informationen aus den bestehenden Systemen der Flugsicherung, bietet das UTM außerdem zahlreiche weitere wertvolle Informationen, zum Beispiel zu Flugbeschränkungsgebieten oder zum Wetter. Um die Sicherheit auch für den bemannten Flugverkehr zu erhöhen, kann das UTM perspektivisch an die bestehenden Flugsicherungssysteme angebunden werden. Dies würde dem Fluglotsen die für die Erkennung eines potenziellen Konfliktes notwendigen Informationen zur Verfügung stellen. Ebenso ermöglicht ein UTM den Einsatz unbemannter Luftfahrzeuge außerhalb der Sichtweite des Steuerers – erst damit werden viele Einsatzszenarien im kommerziellen Umfeld sowie für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben überhaupt möglich.

Ein Blick in den Urban Air Space der Zukunft: das U-Space-Reallabor in Hamburg

Ein vielbeachteter Meilenstein auf dem Weg zur urbanen Mobilität in der Luft ist das Testprojekt „U-Space Reallabor Hamburg“, bei dem die DFS gemeinsam mit ihrem Tochterunternehmen droniq und anderen Partnerorganisationen im Jahr 2021 erfolgreich den deutschlandweit



Sicheres Miteinander im belebten Luftraum: U-Space-Reallabor über dem Hamburger Hafen

ersten U-Space-Airspace am Hamburger Hafen erprobte. Der U-Space, ein geografisch abgegrenztes Gebiet mit speziellen Verkehrsregeln für Drohnen, ist ein Konzept der Europäischen Kommission und soll von den EU-Mitgliedstaaten bis Anfang 2023 umgesetzt werden. Die Vorgaben des U-Space, insbesondere das Zusammenspiel der einzelnen U-Space-Dienste, erwiesen sich im belebten Luftraum über dem Hamburger Hafen als realitätsnah und geeignet, den Luftraum über einer Stadt sicher zu organisieren. Die von droniq und der DFS im Rahmen des U-Space Reallabors gewonnenen Erfahrungen und die darauf basierenden Handlungsempfehlungen werden eine Grundlage für die Umsetzung von U-Space-Lufträumen in Deutschland bilden. Die ersten U-Spaces sollen perspektivisch ab 2023 in Deutschland entstehen.

DPUL als Informationsplattform für Drohnenpiloten

Seit Anfang 2022 stellt die DFS für das Bundesverkehrsministerium die Digitale Plattform Unbemannte Luftfahrt online zur Verfügung (www.dipul.de). Die Website bündelt erstmals zentral alle relevanten Informationen für den Drohnenflug. Das sind vor allem kartengestützte Informationen über geografische UAS-Gebiete in einem „Map-Tool“, einer interaktiven

Karte, in der Drohnenpiloten ihr geplantes Fluggebiet einzeichnen können. Der Nutzer erhält dann alle wichtigen Informationen zu den relevanten geografischen Gebieten wie Kontrollzonen, Flughäfen und Landeplätze, Industrie- und Hafenbereiche, Autobahnen, Eisenbahnstrecken, Wasserstraßen und Naturschutzgebiete. Die digitale Drohnen-Plattform informiert darüber hinaus über alle aktuellen und geltenden Vorschriften zum Betrieb von Drohnen sowie die Kategorisierung des Drohnen-Betriebs, Luftraum-Regeln und Antragsverfahren für genehmigungspflichtige Drohnenflüge. In diesem Zusammenhang enthält dipul auch einen Überblick über die notwendigen Anträge und eine Auflistung der zuständigen Stellen für Betriebsgenehmigungen, die für Einflüge in Gebiete mit besonderen Luftfahrtregeln benötigt werden.

DIPUL ist ein wichtiger Bestandteil des Aktionsplans der Bundesregierung für Drohnen und Flugtaxis aus dem Jahr 2020 – und leistet damit einen wichtigen Beitrag für die sichere und faire Integration der unbemannten Fliegerei in den deutschen Luftraum.

Zukunftsmusik: Lufttaxis

Auch die Frage, ob Lufttaxis als Lösung bestehender Mobilitätsprobleme realis-

tisch sein könnten, stellt sich den Experten der DFS. Die EU-Drohnenverordnung klassifiziert diese Luftfahrzeuge als „zulassungspflichtig“ im Gegensatz zu den Drohnenkategorien „offen“ für sehr kleine, leichte Drohnen und „spezifisch“ für Drohnen, die beispielsweise für Vermessungsflüge und von Rettungskräften eingesetzt werden können.

Die Regeln, die in der zulassungspflichtigen Kategorie erfüllt werden müssen, umfassen strenge Vorgaben an Fluggerät und Ausfallsicherheit. Damit unterscheidet sich der Betrieb dieser zukünftig unpilotiert betriebenen Luftfahrzeuge nicht wesentlich vom bemannten Flugverkehr. Bei Einsatz dieser Luftfahrzeuge müssen also nicht nur zahlreiche Fragen zum sicheren Einsatz beantwortet werden – auch Fragen der Rentabilität und Kosten bei massenhaftem Einsatz beschäftigen die Expertenwelt – nicht nur in der Flugsicherung.

Die Aufgaben im Zusammenhang mit unbemanntem Luftverkehr sind vielfältig und anspruchsvoll – das Ziel ist jedoch klar: Drohnen müssen sicher und fair in den Luftverkehr integriert werden.

Ute Otterbein
Deutsche Flugsicherung DFS

Gemeldete Behinderungen durch Drohnen DFS-weit (CC/TWR) seit 2016

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
kumuliert (akt. Monat)	3	8	14	17	25	14	11
kumuliert (Gesamtjahr)	64	88	158	125	92	124	11

Die Drohnenmeldungen der Jahre 2016 bis einschließlich März 2022

AUTO METAR – Automatisierte Flugwetterbeobachtung

Die Luftfahrt ist wahrscheinlich der Verkehrssektor mit der größten Wetterabhängigkeit. Als Passagier ist einem vielleicht ein „ungemütlicher“ Flug in Erinnerung, mit Turbulenzen, „Luftlöchern“, Gewittern und vielleicht auch daraus resultierenden Verspätungen. Doch neben dem Flugkomfort spielt das Wettergeschehen vor allem für die Sicherheit im Luftverkehr eine wichtige Rolle. Die Kenntnis über die Wetterbedingungen an einem Flugplatz trägt wesentlich dazu bei, Starts und Landungen sicher durchführen zu können. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) versorgt alle Luftfahrtakteure in Deutschland mit standardisierten Wettermeldungen und Wettervorhersagen. Ab 2022 wird der DWD seine Flugwetterbeobachtung an den internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland automatisieren. Die technische Umsetzung dieses Vorhabens ist anspruchsvoll.

Wetterinformationen für Piloten

Flugwetterbeobachtungen werden nach internationalen Vorschriften [1] [2] an einem Flugplatz und dessen unmittelbarer Umgebung durchgeführt und informieren Luftfahrzeugführer, Flugsicherung und andere Nutzer über den aktuellen Wetter-

zustand. Für die Flugplanung wird halbstündlich das METAR (Meteorological Aerodrome Routine Report) als Flugwettermeldung herausgegeben und international verbreitet. Ein Pilot informiert sich anhand dieser Meldung vor und während seines Fluges über die Wetterbedingungen am Zielort. Das METAR enthält die Messgrößen Windgeschwindigkeit und -richtung, vorherrschende und minimale Sichtweite, Pistensichtweite, gegenwärtiges Wetter, signifikante Bewölkung, Lufttemperatur, Taupunkt, Luftdruck und vergangenes, signifikantes Wetter. Der TREND, die Landewettervorhersage mit zwei Stunden Gültigkeit, bildet den Abschluss der METAR-Meldung.

Im Endanflug werden die Luftfahrzeugführer mit detaillierteren, aktuellen Wetterinformationen im Bereich der Landebahnen informiert. Hierfür stellt der DWD halbstündlich den MET REPORT zur Verfügung und bei signifikanten Wetteränderungen eine Sonderwettermeldung, den SPECIAL. Diese Flugwettermeldungen sowie „Live-Daten“ über Wind und Sichtweite werden der Flugsicherung übermittelt, welche diese Informationen an die Flugzeuge im Endanflug und vor Starts weitergibt.

In Deutschland wurden Flugwetterbeobachtungen bisher in einem semi-automatischen Verfahren durchgeführt. Windmesswerte, Pistensichtweite, Lufttemperatur, Taupunkt und Luftdruck wurden mit Messgeräten und Sensoren lokal am Flugplatz automatisch erfasst, vorverarbeitet und in die Meldungen integriert. Angaben zur Sichtweite, gegenwärtigem Wetter und Bewölkung hingegen wurden durch Augenbeobachtungen ermittelt und den Meldungen hinzugefügt. Ausgebildetes Beobachtungspersonal des DWD führte bis zum Jahr 2022 an den 15 internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland rund um die Uhr Wetterbeobachtungen durch, denn selbst Flughäfen mit Nachtflugverbot sind für Notlandungen oder medizinische Versorgungsflüge durchgängig geöffnet.

Aerodrome Weather System (ADWX_System)

Im Jahr 2014 wurde das Projekt Auto-METAR im DWD begonnen, welches die vollständige Automation der Flugwetterbeobachtung und -meldung an den internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland bis 2022 zum Ziel hat. Hierfür wurde das Aerodrome Weather System – kurz ADWX_System – entwickelt, um zukünftig auch die „schwierigen“ Wetterinformationen, die bisher nur von Wetterbeobachtungspersonal zuverlässig ermittelt werden konnten, mit leistungsfähigen Messmethoden und Verfahren in hoher Qualität automatisch zu bestimmen.

Gegenwärtiges Wetter

Die Meldungsinhalte zum gegenwärtigen Wetter stellen im Prinzip die Wettererscheinungen dar, die ein Mensch mit seinen Sinnen erfassen kann. Gemeldet werden die Niederschlagsart und die Niederschlagsintensität in den drei Stufen leicht, mäßig und stark. Daneben werden



Auf dem Messfeld am Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel sind Niederschlagsmessgeräte, Wetterhütten für Lufttemperatur- und Luftfeuchtemessungen und Luftdrucksensoren für flugmeteorologische Messungen installiert. Darüber hinaus befinden sich hier noch weitere Messinstrumente für andere Messaufgaben wie etwa die Strahlungsmessung

Foto: M. Thomas, DWD

auch Trübungserscheinungen wie Dunst und Nebel gemeldet. Von größter Wichtigkeit für den Luftverkehr sind konvektive Wettererscheinungen wie Gewitter und Schauer. Die Herausforderung für die Automation dieser Wetterbeobachtungen besteht darin, auf einer messtechnischen Grundlage ein neues Verfahren aufzubauen, das eine zuverlässige Klassifikation der Wettererscheinungen von vergleichbarer oder besserer Qualität als durch Augenbeobachtungen ermöglicht.

Im ADWX_System wird hierfür ein Multi-Sensor-Ansatz gewählt, indem Messwerte von lokal an den Flugplätzen installierten Sensoren mit Fernerkundungsdaten und Modelldaten in einer Fuzzy-Logik verknüpft werden. Zu jeder Messgröße werden für alle theoretisch möglichen Wetterzustände Zugehörigkeitsfunktionen definiert, die im Prinzip ausdrücken, wie stark die Messgröße mit dem Auftreten einer Wettererscheinung korreliert. Aus den Funktionswerten aller Messgrößen, auch Zugehörigkeitsgrade genannt, leitet die Fuzzy-Logik die zutreffendste Wetter-Klassifikation ab. Recht ähnlich

geht ein menschlicher Wetterbeobachter vor, der seine Sinneseindrücke abgleicht und sich für die zutreffendste Klassifikation zur Beschreibung des gegenwärtigen Wetters entscheidet.

Die bisherige Sensorausstattung an den Flughäfen musste um spezielle Niederschlagssensorik ergänzt werden. Laser-Disdrometer bestimmen für jedes Niederschlagspartikel, das ihr Laser-Lichtband kreuzt, dessen Größe und vertikale Fallgeschwindigkeit [3] [4]. Aus diesen beiden Angaben ermittelt das Messgerät durch eine Cluster-Analyse die Niederschlagsart. Flüssige Niederschläge sinken mit einer charakteristischen Fallgeschwindigkeit zu Boden, die durch die Gunn-Kinzer-Kurve beschrieben wird [5]:

$$v(D) = 9.65 - 10.3 \exp(-0.6 D)$$

mit dem Tropfendurchmesser D in mm und der Fallgeschwindigkeit $v(D)$ in m/s. Schneeflocken gleicher Größe fallen hingegen deutlich langsamer als Wassertropfen und Hagel deutlich schneller. Diese Disdrometer ermitteln auch die Niederschlagsintensität als Wasseräquivalent in

mm/h. Da der DWD in Feldexperimenten bei den eingesetzten Geräten eine hohe Fehlalarmrate für Hagel feststellte, entwickelte er in Zusammenarbeit mit einem Gerätehersteller einen Hageldetektor, der ausschließlich auf kornartige Niederschläge anspricht, die „Hagelharfe“. Ähnlich wie die Saiten des besagten Musikinstruments sind hier als „Prallfläche“ für die Hagelkörner parallele Drähte aufgespannt. Nur kornartige Niederschlagspartikel mit einer harten Oberfläche und Durchmessern ab 4 mm können beim Aufprall ein elektrisches Signal erzeugen, wohingegen alle anderen Niederschlagsformen nicht genügend Impuls auf die Drähte übertragen können.

Die Kombination aus Laser-Disdrometer und Hagelharfe liefert somit ein sicheres Ergebnis bei der Niederschlagsklassifikation von flüssigen und festen Niederschlägen. Ergänzt werden diese Messungen durch empfindliche optische Niederschlagwächter, die mittels einer Lichtschranke die Anzahl der Niederschlagspartikel ermitteln, die pro Zeiteinheit durch deren Messfläche fallen.



Mit einem Laser-Disdrometer (links) und einem Hageldetektor (rechts) wird lokal am Flughafen die Niederschlagsart bestimmt

Foto: E. Lanzinger, DWD

Schwenkflügel – eine aerodynamische Modeerscheinung?

Neben den lokal erhobenen Messwerten gehen noch Daten aus einem deutschlandweiten Blitzmessnetz ein, worin für jeden Blitz die Position der höchsten Feldstärke mitgeteilt wird. Darüber hinaus wird aus Messdaten der polarimetrischen Wetterradare, die der DWD in seinem Radarverbund [6] für ganz Deutschland betreibt, ebenfalls die Niederschlagsart abgeleitet und als Ergänzung zu lokalen Niederschlagsmessungen der Fuzzy-Logik zugeführt. Ihre besondere Bedeutung haben Wetterradare jedoch für die Detektion konvektiver Zellen, in denen Niederschlagspartikel durch starke vertikale Luftbewegungen in große Höhen mitgerissen werden, an Größe gewinnen und den Aggregatzustand wechseln. In der stärksten Ausprägung führen diese konvektiven Zellen zu heftigen Gewittern mit Hagel- und Regenschauern.

Bewölkung

Ein weiteres Merkmal konvektiver Zellen ist ihre hochreichende Bewölkung, die in den Flugwettermeldungen als Towering Cumulus (TCU) und Cumulonimbus (CB) zu melden ist. Auch diese Information wird aus den polarimetrischen Radardaten abgeleitet. Die Qualität aktuell verfügbarer Satellitendaten (MSG) konnte hierfür noch nicht nutzbringend eingesetzt werden, aber das dürfte sich mit Einführung der neuen Satellitengeneration (MTG) ändern [7].

Ergänzt werden die Bewölkungsangaben noch durch LIDAR-Messungen mit Ceilometern, welche wie ein Laser-Entfernungsmesser die Höhen der Wolkenuntergrenzen ermitteln. Pro Landebahn werden bis zu vier Ceilometer im Bereich der Landebahnenden postiert. In einem Wolkenalgorithmus werden für das METAR alle Messwerte der letzten 30 Minuten ausgewertet und in einem Cluster-Verfahren getrennten Wolkenschichten zugeordnet. Aus dem Anteil der Wolken-

detektionen in den zurückliegenden 30 Minuten wird für jede Wolkenschicht der Wolkenbedeckungsgrad bestimmt. Diese Angabe ist insbesondere für tiefe Bewölkung mit einem Bedeckungsgrad von mehr als 50 % wichtig, da die Piloten ggf. erst nach Unterschreiten der untersten Wolkenschicht freie Sicht auf die Landebahn haben. Für den MET REPORT und SPECIAL arbeitet der Algorithmus übrigens mit einem 6-minütigen Zeitfenster und kann somit schneller auf kurzfristige Änderungen reagieren.

Ausfallsicherheit und Qualitätssicherung

Allergrößter Wert wurde bei der Systementwicklung auf eine hohe Datenverfügbarkeit gelegt. Um gegen technische Störungen aller Art gewappnet zu sein, wurden sämtliche technischen Komponenten des ADWX_Systems mindestens einfach redundant ausgelegt. Dies gilt für IT-Komponenten und Netzwerkverbindungen aber auch für alle Sensoren. Der Einsatz der Fuzzy-Logik erleichtert die Verknüpfung von äquivalenten oder sich ergänzenden Informationen, die mit verschiedenen Messgeräten gewonnen wurden. Letztlich wird durch diesen Ansatz auch die Robustheit der Ergebnisse verbessert, da bei Ausfall eines Messgerätes automatisch die äquivalenten Messungen der anderen Messgeräte verwendet werden.

Die Dopplung der Messgeräte wird auch zur Qualitätssicherung eingesetzt, indem Abweichungen zwischen benachbarten Geräten in Echtzeit überwacht werden. So können etwa gestörte Sichtweitenmesswerte automatisch identifiziert und aus weiteren Berechnungen entfernt werden, um die Ausgabewerte nicht zu verfälschen.

Entwicklungspotenzial

Die Einführung des ADWX_Systems zur

automatischen Flugwetterbeobachtung stellt für den DWD einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur Automatisierung seiner Prozesse dar. Das System ist so modular aufgebaut, dass es sich sehr gut erweitern lässt. Die Ergänzung der Sensorik um einen Freezing-Rain-Sensor ist bereits geplant, um die Fuzzy-Logik durch weitere Messgrößen noch robuster und treffsicherer zu gestalten. Größere Verbesserungen im Bereich der Konvektionserkennung sind durch die Weiterentwicklung der Auswertemethoden für Radardaten zu erwarten. Außerdem ermöglichen geplante Verbesserungen der Radar- und Satellitenmesssysteme weitere Leistungssteigerungen des ADWX_Systems.

Dr. Eckhard Lanzinger
Deutscher Wetterdienst

Quellen

- [1] Annex 3 (to the Convention on International Civil Aviation) - Meteorological Service for International Air Navigation, 20th Edition, July 2018, ICAO.
- [2] Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 der Kommission vom 1. März 2017, Amtsblatt der Europäischen Union, L62/1, 08.03.2017.
- [3] Bloemink, H. I., Lanzinger, E.: Precipitation type from the Thies disdrometer. In TECO-2005 WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, Bucharest, Romania, 4-7 May 2005, IOM 82(TD 1265).
- [4] Lanzinger, E., Theel M., Windolph H.: Rainfall Amount and Intensity measured by the Thies Laser Precipitation Monitor. In TECO-2006 WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, Geneva, Switzerland, IOM 94 (TD 1354).
- [5] Gunn, R., & Kinzer, G. D. (1949). The Terminal Velocity of Fall for Water Droplets in Stagnant Air. J. Meteorol, 6, 243-248.
[https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1949\)006<0243:TTVOFF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1949)006<0243:TTVOFF>2.0.CO;2)
- [6] https://www.dwd.de/DE/derdwd/messnetz/atmosphaerenbeobachtung/_functions/Teasergroup/radarverbund_teaser5.html
- [7] https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/wettersatelliten/satelliten_meteorosat_node.html

In den 1960er Jahren galten Schwenkflügel als technische Lösung, um sehr unterschiedliche aerodynamische Eigenschaften miteinander zu vereinen. Die Computertechnik machte diesen Ansatz jedoch bald obsolet.

Erste Entwicklungen in Deutschland

Mit den ersten Strahltriebwerken wurden neue Entwurfskonzepte für Flugzeuge notwendig, um die höhere Leistung in entsprechende Flugeigenschaften umzusetzen. Pfeilflügel, meist nach hinten angewinkelte Tragflächen, brachten gute Testergebnisse im Windkanal. Während die ersten in Serie gefertigten Strahlflugzeuge keine oder nur eine geringe Pfeilung aufwiesen, entstanden am Reißbrett bereits Pfeilflügelflugzeuge. Die Messerschmitt AG entwickelte 1944 in Deutschland unter Leitung von Hans Hornung das experimentelle Flugzeug P.1101. Es hatte Tragflächen, deren Pfeilungswinkel am Boden zwischen 35° und 45° verstellt werden konnte. Eine Verstellung während des Fluges wurde diskutiert, aber zunächst verworfen.

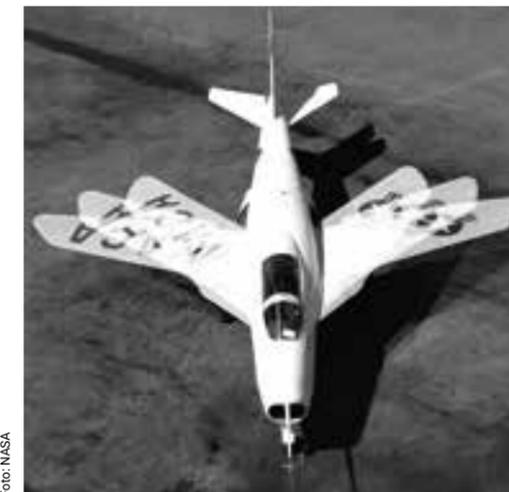


Foto: NASA

Die Bell X-5 war dem deutschen Vorbild sehr ähnlich, konnte aber die Flügel bereits im Flug verstellen

Der Bau des Prototyps wurde im Januar 1945 in Oberammergau begonnen. Zu einem Flug kam es nicht mehr: Die Versuchswerkstatt fiel am 29. April 1945 in US-amerikanische Hand. Das zu 80 Prozent fertiggestellte Flugzeug zog das Interesse der Alliierten auf sich. Die Pläne wurden allen Siegermächten zugänglich gemacht und das Flugzeug selbst in die USA überführt. Das Design findet sich in einigen Entwicklungen dieser Zeit wieder: Die Baupläne beeinflussten die North American F-86 Sabre und die Saab J29 Tunnan sowie einige sowjetische Kampflugzeuge, die alle gepfeilte Tragflächen aufwiesen – jedoch hatte keines dieser Muster Schwenkflügel.

Weitere Schritte

Anders hingegen verhielt es sich mit der Bell X-5. Dieses Versuchsflugzeug sah dem Erstling von Messerschmitt zum Verwechseln ähnlich. Die US-amerikanischen Ingenieure unter Leitung von Robert Woods hatten es geschafft, einen im Flug schwenkbaren Mechanismus zu konstruieren.

Die Tragflächen der 1951 erstmals geflogenen X-5 konnten zwischen 20° und 60° Pfeilung verstellt werden. Der in der Mittelachse des Flugzeugs befindliche Schwenkpunkt macht eine Translation notwendig: Da sich der Schwerpunkt beim Zurückschwenken der Flügel nach hinten verschob, traten unerwünschte Flugeigenschaften auf. In einer Parallelverschiebung bewegte sich das gesamte Tragwerk nach vorne, der Schwerpunkt blieb stabil.

Auch Grumman, langjähriger Produzent von Trägerflugzeugen für die US Navy, versuchte sich an einem Schwenkflügelflugzeug. Nach vorne geschwenkte Flügel ermöglichen gute Langsam-

flugeigenschaften. Für die Landung auf Flugzeugträgern ist dies sehr wichtig. Die größere Pfeilung der zurückgeschwenkten Tragflächen ermöglichte zudem hohe Geschwindigkeiten. Wegen des fehleranfälligen Triebwerks war die erstmals 1952 geflogene XF10F Jaguar ein Fehlschlag. Obwohl der Schwenkmechanismus mit Translation einwandfrei funktionierte, war dieser schwer und wartungsintensiv. Die US Navy setzte auf die Nutzung von Dampfkatapulten und abgewinkelten Landedecks, die ein Durchstarten der Jets ermöglichten.

Höhepunkt und Ende

Die Kombination von guten Flugeigenschaften im Schnell- und Langsamflug blieb aber weiter erwünscht. Dem Schwerpunktproblem wurde durch weiter außenliegende Schwenkpunkte der Tragflächen sowie angepasste Trimmmechanismen begegnet: Ohne Translation war der Mechanismus weniger komplex. Doch nach einem Höhepunkt der Schwenkflügelflugzeuge in den 1960er- und 1970er-Jahren – in diesem Zeitraum ging etwa ein Dutzend Kampfflugzeugtypen in Serie, darunter das europäische Kooperationsprojekt Tornado – gab es keine Neuentwicklungen mehr. Zum zivilen Einsatz kam es nie, auch wenn Boeing darüber nachdachte.

Technischer Fortschritt hat den Schwenkflügel überflüssig gemacht: Bereits in der F-14 Tomcat kamen damals neue Mikroprozessoren im Central Air Data Computer (CADC) zum Einsatz. Diese steuerten neben den Klappen auch die Schwenkflügel. Die zunehmende Digitalisierung der Flugsteuerung ermöglicht heute ohne die komplexen und vergleichsweise schweren Schwenkflügel die gleichen Flugmanöver.

Phillip Berg
Deutsches Museum

Ein Ort für die Luftfahrt

30 Jahre Flugwerft Schleißheim

Das Deutsche Museum wurde 1903 gegründet, verzögert durch den 1. Weltkrieg aber erst im Mai 1925 eröffnet. Im Gründungsjahr steckte die Luftfahrt noch in den Kinderschuhen; so ist es verständlich, dass für diesen neuen Technikbereich eine nur mäßig große Ausstellungsfläche vorgesehen wurde. Bei dieser Fläche blieb es auch für die nächsten Jahrzehnte, obwohl angesichts der Entwicklung der Luftfahrt im und nach dem 1. Weltkrieg der Bedarf an Ausstellungsfläche rasch wuchs.

Das Deutsche Museum ist kein Spezialmuseum: Die umfassende Darstellung der Geschichte ist Sache eines nationalen Luftfahrtmuseums. In Deutschland übernahm diese Aufgabe die 1936 gegründete Deutsche Luftfahrt Sammlung Berlin. Deren Gebäude und ein Großteil der Ausstellungsobjekte wurden im 2. Weltkrieg zerstört; nur einige ausgelagerte Flugzeuge überlebten im Krakauer Museum [1]. Auch das Deutsche Museum wurde bombardiert; 80 Prozent der Bausubstanz und 20 Prozent der Ausstellungsobjekte gingen verloren. Unikate von Lilienthal, Wright, Grade und Blériot waren vorher ausgelagert worden und dadurch gerettet. Der Wiederaufbau der Luftfahrtausstellung zog sich bis 1969 hin, dann aber schon ergänzt durch eine Sonderausstellung Weltraumfahrt.

Neugestaltung der Luft- und Raumfahrtabteilung

Im Jahre 1970 begann eine neue Phase für die Luft- und Raumfahrt im Deutschen Museum. Am 1. April trat der Architekt Theo Stillger das neu geschaffene Amt des Generaldirektors an. Als erstes großes Projekt nahm er die Neugestaltung der Luft- und Raumfahrtabteilung in Angriff und zwar mit radikal neuem Konzept: Da es kein nationales Luftfahrtmuseum mehr gab, übernahm das Münchner Museum die Aufgabe, die Geschichte der



Die Werfthalle im sanierungsbedürftigen Zustand um 1980 (oben) und heute



Alle Fotos: Deutsches Museum

Luft- und Raumfahrt umfassend zu dokumentieren und darzustellen. Dieses Riesenprojekt nahm rund 10 Jahre in Anspruch und kostete gut 50 Millionen DM. Mit Hilfe eines Fachbeirates konnte eine repräsentative Sammlung aufgebaut werden [2]. Am 7. Mai 1984 wurde eine neue, rund 8000 qm große Halle von Bundeskanzler Helmut Kohl, Ministerpräsident Franz Josef Strauß und dem neuen Generaldirektor Dr. Otto Mayr eröffnet.

Die neuen Ausstellungsflächen waren groß genug, um das Wesentliche der Luft- und Raumfahrt darstellen zu können. Zu den Aufgaben eines Museums gehören satzungsgemäß aber auch Sammlung

und Bewahrung wichtiger Objekte. Die Entwicklung geht ja weiter. Für solchen Bedarf hatte sich das Museum schon einen Hangar auf dem Flugplatz Schleißheim als Depot angemietet. Diese Halle (wegen der von Hugo Junkers entwickelten „geodätischen“ Bauweise Junkers-Halle genannt), war aber baufällig und somit nur ein Notbehelf.

Chance Flugplatz Oberschleißheim

Eine faszinierende Chance bot sich, als das Verteidigungsministerium 1980 sein Verfügungsrecht auf dem Flugplatz Oberschleißheim aufgab. Das Museum bewarb sich um das Gelände – mit Erfolg.

Zunächst ging es nur um die Nutzung der Junkers-Halle oder der historischen Flugwerft. Der Flugplatz war 1912 gegründet worden und hatte mit seinen Anlagen im 1. Weltkrieg als Ausbildungsstätte gedient. Gegen Ende des Krieges errichtete man noch eine bautechnisch interessante Werfthalle, deren Dachkonstruktion als Beispiel einer frühen Eisenbeton-Bauweise gilt. Allerdings war die Halle inzwischen arg verfallen. Ein Gutachten bezogte aber ihre historische Bedeutung. So konnte sie unter Denkmalschutz gestellt und die Restaurierung für förderungswürdig erklärt werden.

Ludwig Bölkow, führender Luftfahrtindustrieller und Vorsitzender des Fachbeirates des Museums setzte sich bei Ministerpräsident Strauß ein. Generaldirektor Dr. Otto Mayr bestätigte das Interesse des Museums, forderte aber eine völlig andere Größenordnung. „Die Flugwerft allein ist nur ein Tropfen auf den heißen Stein“. Um die neuen Aufgaben des Museums bewältigen zu können, benötigte man Hallen von mehreren zehntausend Quadratmetern und eine leistungsfähige Restaurierungswerkstatt, einschließlich der Mitarbeiter im Vorführ- und Aufsichtsdienst und in den Werkstätten.

Besondere Unterstützung leisteten der 1983 gegründete Wertverein, der schon 1987 das Buch „Geflogene Vergangenheit“ herausgab [3] und die Stiftung Messerschmitt, die bei der Restaurierung der Flugwerft finanziell half. Die Luftwaffe und das Heer unterstützten später bei Transport und Montage von Flugzeugen. Ein eigens gegründeter Förderverein „Nationales Zentrum Luft- und Raumfahrt Oberschleißheim (NZO)“ half bei der Beschaffung von Spenden. Realisiert wurde ein erster Bauabschnitt mit 8000 qm Hallenfläche. Das Finanzvolumen betrug gut 53 Millionen DM.

Am 12. September 1992 eröffnete Ministerpräsident Max Streibl die Flugwerft Schleißheim. Seitdem besuchen jährlich rund hunderttausend Menschen aller Altersgruppen und aus allen Ländern der Welt das Museum. Ein besonders geschätzter Gast kam 2008 ins Haus: Chuck Yeager (s. Bild unten mit dem damaligen



Leiter der Flugwerft, Gerhard Filchner). Vor 75 Jahren, am 14. Oktober 1947, hatte Yeager als erster Mensch mit dem Raketenflugzeug X1 die Schallmauer durchbrochen und damit eine neue Ära in der Luftfahrt eingeleitet.

Das Museum sah sich nun herausgefordert, der Flugwerft, in Ergänzung zum Haupthaus, ein eigenes Profil zu geben. Die führenden Köpfe, Werner Heinzerling, Leiter der Gesamtabteilung, und Gerhard Filchner, Leiter der Flugwerft, sorgten mit ihren engagierten Mitarbeitern dafür, dass Veranstaltungen und Sonderausstellungen stets Neues und Interessantes boten. Die Besucherzahlen zeugen vom Erfolg [4].

Dr. Walter Rathjen



Besuch im Jahr 2008: Charles E. „Chuck“ Yeager (1923-2020), hier mit Gerhard Filchner, dem Leiter der Flugwerft

Literatur

- [1] Phoenix aus der Asche - Die Deutsche Luftfahrt Sammlung Berlin, Silberstreif-Verlag Berlin, 1985
- [2] Mehr zur Luftfahrt im Deutschen Museum und zur Entstehung der Flugwerft, siehe Homepage des Autors www.sciencereports.de
- [3] Geflogene Vergangenheit – 75 Jahre Luftfahrt in Schleißheim. Herausgeber und Verlag „Der Wertverein“, 1988
- [4] Homepage der Flugwerft: <https://www.deutsches-museum.de/flugwerft-schleissheim>

Hochschule München Die Luftfahrt elektrifizieren

Bachelorarbeit bei Tesla, Master an der Cambridge University, eigenes Start-up – bei diesem Lebenslauf ist klar: Die Welt darf Großes erwarten. HM-Absolvent Tobias Kahnert hat sich mit seinem Electric-Flytrain-Team nichts Geringeres vorgenommen als die Revolution des Luftverkehrs.

Das Riesenrad zieht ruhig seine Kreise, die Häuserfassade daneben leuchtet orange: Hier mitten im hippen Münchner Werksviertel liegt Tobias Kahnerts Ideenschmiede Electric Flytrain. Ziel des Start-ups, das im Strascheg Center for Entrepreneurship der HM seinen Weg begonnen hat, ist die Elektrifizierung des Flugverkehrs. Denn während E-Mobilität im Straßenverkehr bereits angekommen ist, befindet sie sich in der Luftfahrt noch in der Erprobungsphase. Das dreiköpfige Gründer-Team, zu dem auch Jonas Fausser und Simon Rudolph zählen, entwickelt mit seinen Mitarbeiter:innen elektrische Gesamtsysteme für Flugzeugantriebe. Durch diese soll der CO₂-Ausstoß der Luftfahrt reduziert werden.

Vom Silicon Valley nach München

Kahnert sammelte in seinem Studium „Elektrotechnik – Elektromobilität“ an der HM viel praktische Erfahrung in der Automobilbranche, was ihm heute als CEO seines Start-ups zugutekommt. Er leitete bei dem Formula-Student-Racing-Team munichMotorsport den Bereich elektrische Antriebe mit dem Fokus auf Energiespeicher. Über ein Pflichtpraktikum bei dem Autohersteller Tesla ergatterte er nach seinem Abschluss einen Job als Ingenieur, bei dem er für die Integration des gesamten elektrischen Antriebsstrangs in den Fahrzeugen zuständig war. „Als die E-Autos bei Tesla massentauglich wurden, überlegte ich: Wo lässt sich diese Technik noch anwenden?“, erinnert sich der HM-Alumnus, „so kam ich auf die Luftfahrt.“



Durch strategische Partnerschaften mit Firmen wie HC-Concepts kann das Team auf erweiterte Fertigungsverfahren zugreifen und auch große Prototypen entwickeln

Gedacht, getan: Kahnert wechselte von Tesla innerhalb des Silicon Valleys zu einem Start-up für Drohnentechnik und spezialisierte sich in seinem Masterstudium an der Cambridge University auf nachhaltige Alternativen zu fossilen Brennstoffen im Flugverkehr.

Seine Entscheidung, zurück nach München zu kommen und sein Start-up in der bayerischen Metropole aufzubauen, beeinflussten viele Faktoren: „Für den Aufbau einer erfolgreichen Firma habe ich in München viel Potenzial gesehen“, sagt der CEO, „und ich fand den Gedanken spannend, meine Silicon-Valley-Erfahrung in München einzubringen.“

Der Masterplan

Das langfristige Ziel von Electric Flytrain sind attraktive elektrische Antriebslösungen für die kommerzielle Luftfahrt. Damit der Einstieg gelingt, zielen viele der von ihnen entwickelten Technologien derzeit allerdings noch auf kleinere Märkte ab, „für

Flugplattformen ohne Passagiere oder Kleinflugzeuge“, so der CEO. Durch die strategische Partnerschaft mit der Firma HC-Concepts hat das Team Zugriff auf erweiterte Fertigungsverfahren, sodass sie auch als noch kleine Firma bereits große Prototypen realisieren können.

„Ein Standbein unserer Firma sind Entwicklungsaufträge von Flugzeugherstellern, die bereits an elektrischen Flugzeugen arbeiten. Das zweite Standbein, das wir gerade aufbauen, ist die Herstellung von eigenen Produkten wie beispielsweise eine hybrid-elektrische Antriebseinheit“, erklärt Kahnert. „Langfristig möchten wir Antriebsstränge für immer höhere Leistungsklassen bis zum großen Verkehrsflugzeug konstruieren.“ Dafür soll die Firma bis Mitte des Jahres auf circa 15 Personen anwachsen, innerhalb der nächsten zwei Jahre sollen es sogar 100 Mitarbeiter:innen werden.

Mirja Fürst

Foto: Electric Flytrain

VDI BV Bayern Nordost Neubesetzungen im Vorstand

VDI



Bei der diesjährigen Mitgliederversammlung wurden drei wichtige Vorstandsämter neu besetzt.

Bodo Iking wurde auf der Mitgliederversammlung des VDI BV Bayern-Nordost am 22.04.2022 zum neuen Schatzmeister und Geschäftsstellenverantwortlichen in den juristischen Vorstand gewählt.

Herr Iking ist seit über 25 Jahren sehr aktiv im VDI. Bereits im 2. Semester erkannte er den Wert des Netzwerkes und des technischen sowie fachübergreifenden Austausches im Verein. Sein ehrenamtliches Engagement im VDI begann er zunächst als Mitglied und kurz darauf als Vorsitzender im Arbeitskreis „Studenten und Jungingenieure (SuJ)“ in seiner Studienstadt Köln. Später gründete und leitete er unseren lokalen VDI-Club in Nürnberg und Erlangen, und brachte unserem Nachwuchs, Kindern im Alter von 4 bis 12 Jahren spielerisch und experimentell die Technik nahe. Seit etwa 10 Jahren ist Herr Iking als Karriereberater für den VDI auf den VDI-Recruitingtagen sowie der telefonischen Karriereberatung aktiv. Er hält Vorträge und Workshops zu Themen wie Bewerbungstechnik, erfolgreicher Berufseinstieg und Karriereplanung. Beruflich ist Herr Iking Personalberater und Karrierecoach für Fach- und Führungskräfte, insbesondere im technischen Bereich. Zuvor war er 25 Jahre Füh-



rungskraft und Manager im Siemens-Konzern in Erlangen. Herr Iking übernimmt das Amt von Hans-Georg Manns, dem wir an dieser Stelle nochmals ganz herzlich für sein langjähriges intensives Engagement danken. Wir wünschen Herrn Iking viel Erfolg bei seiner neuen Aufgabe.

Für die Position Koordination der Frauen im Ingenieurberuf wurde **Frau Dr.-Ing. Verena Schmidt** gewählt, VDI-Mitglied seit 2005. Frau Schmidt ist Innovationsmanagerin bei Siemens Healthineers in Kemnath. Nebenberuflich hat sie einen Lehrauftrag an der Wilhelm-Büchner-Hochschule in Darmstadt im Bereich „Internet of Things“. Zusätzlich zu Studium und Promotion im Bereich Informatik / Elektrotechnik hat sie neben dem Beruf ein Master-Studium „Medizinische Physik“ in Kaiserslautern absolviert und die Ausbildung zum Patentingenieur abgeschlossen. Ihre berufliche Laufbahn beginnend bei der Robert Bosch GmbH bis zu Siemens Healthineers ist geprägt durch Projekte und Patente im Bereich Sensorik. Aktuell beschäftigt sich Frau Schmidt mit innovativen Fragestellungen zur Realisierung der Autonomie im Krankenhaus der Zukunft und der Digitalisierung, insbesondere dem Internet of (Medical) Things. Ihre gesammelte Erfahrung möchte Frau Schmidt tatkräftig im Rahmen Ihres Engagements für die Frauen im Ingenieurberuf im BV BNO einbringen.



Für die Position Koordination der Netzwerke wurde **Dipl.-Ing. (FH) Günter Schmid** gewählt. Herr Schmid studierte Feinwerktechnik an der Fachhochschule Nürnberg Georg-Simon-Ohm und ist durchgehend seit 39 Jahren in wechselnden Unternehmen in Fach- und Führungspositionen tätig. Im Laufe seiner langjährigen, erfolgreichen Berufstätigkeit in der Produktentwicklung und im Projektmanagement hat Herr Schmid fundierte und detaillierte Kenntnisse in Methoden, Prozessen und Werkzeugen der Produktentwicklung, sowie des Projektmanagements gesammelt. Zahlreiche seiner Produktentwicklungen und Erfindungen wurden wirtschaftlich verwertet und einige davon haben zu Patenten geführt. Er hat viele interdisziplinäre, unternehmensübergreifende Produktentwicklungsprojekte gemeinsam mit externen Kunden und Zulieferern erfolgreich geleitet.

Ehrenamtlich leitet Günter Schmid, der seit 39 Jahren Mitglied im Verein Deutscher Ingenieure ist, gemeinsam mit Klaus-Peter Kreuzer das VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung im VDI-Bezirksverein Bayern Nordost. Im Rahmen seiner Lehrbeauftragung hilft er an der Technischen Hochschule Nürnberg auch mit, Ingenieure auszubilden.

VDI BV Bayern Nordost



VDI München VDI-Tag 2022 in Ingolstadt im Herzen von Bayern

Über 150 gut gelaunte Gäste, herrliches Wetter, interessante Führungen, schmackhaftes Essen und viel Zeit für Gespräche – also rundum gelungen: das war der VDI-Tag 2022.

Nach der zweijährigen Corona-Zwangspause konnten wir uns am 14. Mai diesen Jahres endlich wieder zum VDI Tag in Präsenz treffen, diesmal in Ingolstadt.

Im historischen Exerzierhaus begrüßte der BV Vorsitzende Andreas Wüllner die vielen Gäste und leitete über zum Einführungsvortrag von Dr. Gerd Riedel, dem Geschäftsführer des Stadtmuseums Ingolstadt, über „Ingolstadt eine Stadt am Fluß – wie sich die Stadt und der Fluß historisch gegenseitig herausforderten“.

Die Stadt in den Donauauen

Dr. Riedel beschrieb die Jahrhunderte andauernde Entwicklung des Donauumbaus – angefangen beim Kanalbau durch Karl den Großen im ausgehenden 8. Jht. über die künstliche Überformung des Flusses durch den Mühlenbau, der „Kraftwerke des Mittelalters“, bis zur wichtigsten Flußbaumaßnahme, der Verödung des Hauptarms und der Heranführung des Oberarms der Donau an die Stadt, im 14. Jht. Seit dieser Zeit ist das Bauen im ehemaligen Flußbett eine große Herausforderung in Ingolstadt, der Stadt in den Donauauen.

An den Mittagsimbiss schlossen sich die zahlreichen nachmittäglichen Führungen an, einige Eindrücke der Teilnehmer lesen Sie auf der nächsten Seite. Zurück in der Exerzierhalle konnten sich die Gäste auf ein sehr schmackhaftes Abendessen freuen, bevor die glücklichen Gewinner des Preisrätsels unter großem Applaus bestimmt wurden. Noch lange saßen viele VDI Mitglieder bei Gesprächen zusammen. Ein gelungener Tag!

Silvia Stettmayer



Die Exerzierhalle bot drinnen und draußen



Platz für 150 VDI Mitglieder mit Familie und Freunden



Fotos: Silvia Stettmayer



Foto: Fritz Münzel

Pionierschule und TH Ingolstadt

Nach einer angenehm unkomplizierten Anmeldung begrüßte der stellvertretende Kommandeur der Pionierschule, Oberst Bosch, die Gruppe sehr herzlich. Die Ausbildungsstätte der Bundeswehr ist sehr modern eingerichtet und bietet Lehrgänge für alle Bauhauptberufe an, z. B. zum Schweißer oder Bautechniker. Sie führen bis zum Gesellenbrief, orientieren sich am zivilen Bereich und werden dementsprechend auch im zivilen Bereich anerkannt. Außer für Soldaten der Bundeswehr stehen sie auch für Soldaten kooperierender Staaten offen. Nicht weiter verwunderlich, dass auch Teilnehmer aus der Ukraine an den Kursen teilnehmen.

In einer gut ausgestatteten Lehrwerkstatt erläuterte Oberstleutnant Suppe die Geheimnisse des handgeführten Lichtbogenschweißens. Man konnte kantengeschweißte Muster bewundern, eines war unter Wasser geschweißt worden mit einer nur geringfügig wackligen Naht. Das Angebot, mal selber zu schweißen, nahm keiner aus der Gruppe an. In der Abteilung Holzbau gab es Modelle für den Schalungsbau zu sehen, die Lehrsammlung zeigte u. a. interessante Modelle von historischen Brückenbauten.

Nach einer kurzen Busfahrt übernahm Prof. Dr.-Ing. Lothar Wech die Gruppe an der Technischen Hochschule Ingolstadt, TH. Die Forschungsprojekte der TH orientieren sich an der Hightech Agenda Bayern und umfassen u.a. Künstliche Intelligenz und autonomes Fahren und Fliegen. Erläuterungen zur Fahrer/Fahrzeugschnittstelle sowie zur Fahrsicherheit sowie Projekte zur regenerativen Energietechnik rundeten den Nachmittag ab. Nach einem Ausblick auf die Strömungseigenschaften von Golfbällen freuten sich die Teilnehmer dann doch auf das verdiente Abendessen.

Fritz Münzel

Festung Ingolstadt und Armeemuseum

Bei der Führung C stand zweimal das Militär im Vordergrund. Von der traurigen Gegenwart (in Bezug auf den Ukraine-Krieg) tauchten wir in die Vergangenheit und sahen uns im ersten Teil die Verteidigungsanlagen von Ingolstadt an. Beeindruckend die Überlegungen und Planungen und die letztendliche Umsetzung in die verschiedenen Abwehranlagen. Dass noch so viel an historischen Verteidigungsanlagen zu sehen ist, liegt auch daran, dass gegen Ende des zweiten Weltkrieges die Stadt ohne große Gegenwehr an die US-Amerikaner übergeben wurde. Ein kleiner Lichtblick zwischen all den historischen und aktuellen Ereignissen. Das Eintauchen in die Vergangenheit gelang besonders gut im Inneren der Fronte Rechberg. In einem Reststück des historischen Verteidigungsringes durften wir hineingehen. Eine große, ausgebaute Stelle an der Decke zeugte von einem direkten Bombentreffer im 2. Weltkrieg. Natürlich waren die historischen Anlagen dafür nicht gebaut. Dennoch suchten natürlich Menschen 1945 Schutz auch dort. Zusammen mit einem persönlichen Schicksal aus der Familie der Gästeführerin mit genau diesem Ereignis war der Eindruck so deutlich, dass es an einigen Teilnehmer(inne)n sichtbar wurde.

Die zweite Führung war im Reduit Tilly im Armeemuseum zum 1. Weltkrieg. Eine Zeitenwende damals. Deutlich wurde, wie sehr sich im 1. Weltkrieg die Waffentechnik weiterentwickelte und schlug damit sozusagen von der historischen Kriegsführung den Weg in die Neuzeit. Aus relativ einfachen Gewehren wurden Maschinengewehre, die sehr schnell immer tragbarer wurden. Luftschiffe wurden durch Flugzeuge abgelöst, die bald auch Bomben transportieren konnten. U-Boote und Torpedos kamen auf. Uniformen mit blitzenden Helmen und Knöpfen, die früher Gegner beeindruckten sollten, wurden von Uniformen in Tarnfarben abgelöst, da durch die vergrößerte Reichweite der Gewehre jedes blitzende Detail ein perfektes Ziel bot. Jede Verbesserung an Reichweite und Handhabbarkeit der Waffentechnik durch Techniker und Ingenieure machten das Töten effizienter. Nicht zuletzt auch die Entwicklung und die Einsätze der Kampfgase. All diesen Kriegen der Vergangenheit gingen Informationskampagnen der jeweiligen Regierungen und Herrscher voraus. So kommt es zu jubelnden Menschen, die es als Ehre ansahen, für das Vaterland in den Krieg zu ziehen. Die Wahrheit stirbt zuerst im Krieg. Eigentlich stirbt sie schon vorher. Damals wie heute.

Foto: Stefan Emilus

Stefan Emilus



Foto: shutterstock/Yuri Turkov

Ein Blick in die heiligen Hallen der AUDI Tradition

Diesmal besuchten wir nicht das Museum AUDI Mobile (s. Foto), wo jeder auch so hineinkommt, sondern es ging in die sogenannten „heiligen Hallen“ ins Depot der Audi Tradition, welches die Herzen aller Oldtimer-Fans höher schlagen läßt.

So viele Rennklassiker, ob von „Le Mans“- und DTM-Fahrzeugen in einen Raum, gibt es wohl kein zweites Mal und alle sind selbstverständlich Originale. Die Rallye-Ikone, den Ur-Quattro, gab es gleich im Dutzend.

Eine Etage darüber war nochmal die gleiche Fläche mit alten Vorkriegsmodellen von DKW, Horch, Audi und Wanderer bestückt. Die Modelle im dritten Stock waren schon eher bekannt, hier waren alle Modelle der Nachkriegszeit bis zu den YoungTimern der 90er. Zu allen Fahrzeugen gab es exklusiv immer eine kaum zu glaubende Anekdote zu hören.

Zufällig wurde im Hof gerade der Auto Union Silberpfeil für eine Ausstellung aufbereitet (mit 16 Zylinder Sound natürlich).

Für einen Auto-Fan ein unvergessliches Erlebnis.

Rainer Wetekam





Eine gemeinsame Konferenz von
VDI Landesverbandes Bayern e.V.
VDI Bezirksvereins München, Ober- und Niederbayern e.V.
IG Metall Bezirksleitung Bayern

Zukunft – aber wie?

Kommt der Strom auch morgen noch aus der Steckdose?

Ganztägige Konferenz mit Podiumsdiskussion

18. Juli 2022, 9:30 bis 17:30 Uhr bei TÜV SÜD AG in München



Zeit	Thema/Titel	Referent
09:30 Raum Chiemsee	Begrüßung und einleitende Worte	Christoph Huß, Vorsitzender des VDI e.V. Landesverbandes Bayern
	Grußwort und Hinweise zur Veranstaltungsreihe	Johann Horn, Bezirksleiter der IG Metall Bezirk Bayern
	Videogrußbotschaft	Hubert Aiwanger, MdL - Bayerischer Staatsminister für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie sowie stellvertretender Ministerpräsident
10:00 Raum Chiemsee	IMPULSREFERATE Energie und Klimaneutralität Deutschland bis 2045	Philipp Litz - Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) Energie und Klimaneutralität Deutschland bis 2045
	Energie-Szenarien	Dr. Wilhelm Kuckshinrichs - Head of Institute of Energy and Climate Research - Systems Analysis and Technology Evaluation (IEK-STE), Forschungszentrum Jülich GmbH
11:30 - 12:30 Mittagspause		

12:30 - 14:00	Forum I Grüner Strom konserviert und haltbar: Energieerzeugung, -Speicherung und innovative Systemführung	Forum II Mein Kuhstall ist ein Kraftwerk: Stromversorgung von Privathaushalten auf dem Land und in der Stadt
	Forum III Gemeinsam geht es besser: Ganzheitliche Energiesysteme und Sektorenkopplung	Forum IV Der Strom ist bunt: Wie sieht die klimaneutrale Zukunft in 2045 aus?
14:15 - 15:45	Forum I Grüner Strom konserviert und haltbar: Energieerzeugung, -Speicherung und innovative Systemführung	Forum II Mein Kuhstall ist ein Kraftwerk: Stromversorgung von Privathaushalten auf dem Land und in der Stadt
	Forum III Gemeinsam geht es besser: Ganzheitliche Energiesysteme und Sektorenkopplung	Forum IV Der Strom ist bunt: Wie sieht die klimaneutrale Zukunft in 2045 aus?

16:00 - 17:30 Podiumsdiskussion im Raum Chiemsee

Technisch ist die Energiewende bereits heute möglich. Doch was ist politisch gewollt und gesellschaftlich zumutbar?

Thorsten Dietz - Direktor Large Projects DC, TenneT TSO GmbH
Christoph Huß - Vorsitzender des VDI e.V. Landesverbandes Bayern
Dr. Bernhard Langhammer - Sprecher ChemDelta Bavaria Chemiapark Gendorf
Franz Xaver Peteranderl - Präsident des Bayerischen Handwerkstages
Beate Rohrig - Landesbezirksleiterin der IGBCE Bezirk Bayern
Katharina Schulze, MdL - Fraktionsvorsitzende B'90/Die Grünen im Bayerischen Landtag

Moderation: Dirk Vilsmeier – Bayerischer Rundfunk

Anmeldung und weitere Informationen unter: www.vdi-sued.de/vdi-vor-ort/energiekonferenz

VDI Young Engineers München Erfahrungsaustausch in gemütlicher Atmosphäre

Im April haben wir, die Young Engineers München, uns im Zunfthaus in München getroffen. Bei diesem Stammtisch war Stefan Emilius unser Gast. Innerhalb einer gemütlichen Runde hat er uns den VDE/VDI Arbeitskreis Informationstechnik vorgestellt.



Fotos: VDI YE

*Stammtisch April:
Neue Young Engineers sind gekommen*

Erstaunlicherweise war die Teilnehmerzahl bei diesem Stammtisch höher als sonst. Wir durften einige neue junge Ingenieure kennenlernen. Daraus entstanden informationsreiche Gespräche, die in



Stammtisch Mai: Gemütliche Runde

einer Kombination mit gutem Essen, eine sehr schöne Atmosphäre ergaben. Im Mai haben wir Young Engineers uns wieder im Zunfthaus in München zusammgefunden. Diesmal war Maria Kuwilsky-Sirman, Geschäftsleiterin der Geschäftsstelle München, zu Gast. Wir haben uns von ihr verabschiedet und uns auch für die hervorragende Zusammenarbeit mit

ihr bedankt, nachdem sie ihr Amt in Kürze verlassen wird. Außerdem haben sich zwei neue Studenten zu unserem Treffen dazugesellt, um mehr über uns zu erfahren. Worüber wir uns enorm freuen, da jeder technikaffine Studierende oder Absolvent bei uns herzlichst willkommen ist! Kommt vorbei auf unser Young Engineers München-Sommerfest am 13.08.22 am Abend. Voraussichtlich findet es um 18:30 am Flaucher statt. Schaut für weitere Infos auf unsere HomePage (QR-Code scannen) oder den Newsletter.

Emiliya Hristova

Falls ihr uns auch begegnen wollt, bleibt auf dem Laufenden über unseren WhatsApp-Broadcast. **Kein SPAM, Kein Gruppenchat, Nur die wichtigsten Announcements** für den künftigen Monat. Schreib uns unter +49 15150322854 und wir fügen dich hinzu.



Young Engineer beim Packen und Posieren

Erstituten für die E-techniker:Innen



Die Young Engineers München waren kurz vor Anfang des neuen Sommersemesters 2022 zu Gast bei der Fachschaft Elektro- und Informationstechnik (EI) der TU München. Dort unterstützte sie die Fachschaft beim Packen der Skriptenpacks, auch bekannt als „Erstituten“, um die eigenen Flyer mit hinzufügen zu können. Die neuen Zweit- und Viertsemestler der EI Fakultät sollen sich schließlich über die Münchner Gruppe informieren können.

In Ingenieursmanier wurde der Prozess in Arbeitspakete aufgeteilt, sodass das

Zusammenstellen der Skriptenpacks flüssig und effizient ablief. Nach getaner Arbeit haben sich dann alle mit einem Erfrischungsgetränk belohnt. Die Young Engineers München wünschen allen Studenten viel Erfolg und Spaß für das künftige Sommersemester. Darüber hinaus heißen wir alle technischen und naturwissenschaftlichen Studierenden und Ingenieur:Innen zu unseren monatlichen Stammtischen willkommen. Ihr findet mehr zu uns über diesen QR-Code!

Maximilian Listl

VDI Bezirksverein Bayern Nordost Mitgliederversammlung 2022 Mit neuem Schatzmeister in die Zukunft

Zweite Jahres-Mitgliederversammlung (MV) in Präsenz innerhalb von sechs Monaten: Es scheint, als kehre der VDI-Bezirksverein Bayern Nordost (VDI-BNO) langsam wieder etwas zur Normalität zurück. Das zeigte sich auch im Vergleich zur MV 2021: In den Festsaal des Arvena Park Hotel Nürnberg kamen etwa doppelt so viele Gäste, darunter 78 Mitglieder des Bezirksvereins.

An die Tradition einer Gastrede wurde diesmal ebenfalls wieder angeknüpft. Marion Grether, die Leiterin des Deutschen Museums Nürnberg (DMN), stellte die Frage: „Kann man die Zukunft ausstellen?“ Und sie versuchte an vielen Beispielen zu beweisen: Im „Zukunftsmuseum“, der vor einem halben Jahr eröffneten Dependence des Deutschen Museums München sei das gelungen. „Der Mensch steht im Mittelpunkt, weil er die Geschichte der Erde schafft. Die Besucher sollen mit einer realistischen Einschätzung davon aus dem Haus gehen, was künftig wirklich möglich ist“, fasste sie die selbst gestellte Aufgabe des Museums zusammen. Der VDI-BNO ist – wie berichtet – Partner des DMN. Beispielsweise können dort Jugendliche in hochwertigen Laboren an die Technik herangeführt werden. Im formalen Teil der Versammlung hob Vorsitzender Matthias Kißmer die Bedeutung des VDI-BNO hervor: mit aktuell 5.968 Mitgliedern ist der nordbayerische der drittgrößte VDI-Bezirksverein bundesweit. Doch wegen des Altersdurchschnitts von 48 Jahren „wollen wir jünger werden. Und auch weiblicher“, nannte Kißmer Ziele. Gleichzeitig lobte er die vielen Gruppen- und Ortsvereins-Leiter:innen: „Ohne ehrenamtliches Engagement ginge nichts.“ Selbst im Pandemiejahr 2021 hätten 1.688 Teilnehmende die 66 Angebote des VDI-BNO wahrgenommen.

Manns im Blick

Im Mittelpunkt des Abends stand jedoch Schatzmeister Hans-Georg Manns. In seinem Geschäftsbericht betonte er den „massiven Einschnitt: 30 Prozent weniger Einnahmen, vor allem wegen der um 33 Prozent gesunkenen Zuweisungen aus Düsseldorf“, also vom VDI-Hauptverein. 167.000 Euro standen deshalb nur zur Verfügung. „Wir sind dennoch nicht in die Miesen gerutscht“, das Geschäftsjahr habe also nicht mit einem negativen Ergebnis geendet. In die Zukunft sah Manns dennoch „nicht sehr optimistisch“, weil die Zuweisungen von der Zentrale weiterhin „eingeschränkt bleiben“ dürften. Doch Schatzmeister Manns wird die künftigen Finanzpläne nicht mehr aufstellen: „Ich war 33 Jahre lang ununterbrochen in einem Amt im VDI-BNO engagiert – aber

ein Amt hat ein Ende“, erklärte er und bedankte sich dafür besonders „bei meiner Frau. Sie hat mich immer wieder geerdet.“ Für dieses ehrenamtliche Engagement überreichte Stefan Gelb, der Regionalkoordinator Süd des VDI, Hans-Georg Manns die Sonderehrung des Vereins Deutscher Ingenieure. Diese besondere Ehre wäre auch Günter Petruschek zuteilgeworden. Doch der langjährige Netzwerke-Koordinator des VDI-BNO und Leiter der Bezirksgruppe Ansbach konnte krankheitsbedingt nicht teilnehmen.

Dagegen war eine ganze Reihe Mitglieder anwesend, die Matthias Kißmer und seine Stellvertreterin Johanna Uhl für 25, 40 und 50 Jahre Vereinstreue auszeichnen konnten. Nicht zu vergessen Gerhard Brockmann, Wolfgang Häupler und Horst Pecher: Die halten sogar bereits 60 Jahre dem VDI die Treue.

Einvernehmliche Abstimmungen mit wenigen Enthaltungen

Dass die Mitglieder mit ihrem VDI-BNO-Vorstand voll und ganz zufrieden sind, zeigten auch die darauffolgenden Wahlen. Die wichtigste: Der von Hans-Georg Manns zur Schatzmeister-Nachfolge vorgeschlagene Unternehmensberater Bodo Ikingler wurde genauso einstimmig gewählt. Ebenso Gunter Schmidt, der nach Günter Petruschek die Netzwerke koordinieren

soll. Die bereits vom Vorstand zur Koordinatorin „Frauen im Ingenieurberuf“ berufene Innovationsmanagerin Dr.-Ing. Verena Schmidt bekam ebenso alle Stimmen der Mitglieder. Nur für Prof. Dr.-Ing. Werner Prell, der die in den Bezirksgruppen rollierende Koordination übernahm, gab es eine Enthaltung.

Vier Mitglieder enthielten sich jedoch, als über die Satzungsneufassung des VDI-BNO abgestimmt wurde. Die Satzung musste nochmals überarbeitet werden,

weil das Registergericht einige Unklarheiten bemängelt hatte.

Hochschule der Region: VDI-BNO will sich stärker einbringen

Am Ende aber wieder volle Zustimmung zu einem Antrag, den das Mitglied Eberhard Petri erläutert hatte: Der Vorstand wird nun eine Arbeitsgruppe einrichten, „die sich mit Fragen der Hochschulentwicklung, Studiengängen und Forschungsschwerpunkten“ der regionalen

Hochschulen befassen soll. Nicht nur, aber gerade bei der im Aufbau befindlichen neuen Technischen Hochschule Nürnberg „wäre die Mitwirkung des VDI an der Konzeption von Studiengängen und Forschungsschwerpunkten eine wertvolle Leistung des VDI“, begründete Petri. Und eine Werbung für die wichtige Arbeit des VDI-BNO in der Region allemal.

*Knut Bergmann
und Heinz Wraneschitz*

VDE Bayern Tec Cruise – Netzwerkabend auf dem Starnberger See

Kommen Sie mit! Der VDE Bayern lädt seine Mitglieder und interessierte Gäste zu einer exklusiven Bootstour am 15. September 2022 ein! Vom Starnberger See aus wollen wir gemeinsam einen Blick in die technisch-wissenschaftliche Zukunft richten.

Der besondere Netzwerkabend bei Abendsonne mit Alpenpanorama bietet eine Kombination spannender Impulsvorträge aus Politik, Technologieverband und Wirtschaft. Highlights des Abends sind die Vorstellung neuer korporativer VDE Unternehmensmitglieder, die Verleihung der VDE Bayern Awards an junge Nachwuchswissenschaftler/innen sowie der politische Impulsvortrag von Dipl.-Ing. (FH) Michael Kießling, MdB, zum Thema „Mehr Klimaschutz und Energieeffizienz im Gebäude durch digitale Technologien?“. Als Fachpolitischer Sprecher der

CSU im Deutschen Bundestag für Infrastruktur und Mobilität ist Michael Kießling Mitglied in den Ausschüssen für Bau, Wohnen, Stadtentwicklung und Kommunen sowie für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Der Abgeordnete des Wahlkreises Starnberg, Landsberg am Lech und Germering, befasst sich intensiv mit dem auch für den VDE wichtigen Thema Smarter und Grüner Städte.

Leinen los!

Auf der MS Seeshaupt ist für Unterhaltung und Ihr leibliches Wohl gesorgt – beste Rahmenbedingungen für's Netzwerken, Diskutieren und Entspannen. Wir freuen uns auf einen schönen Sommerabend mit Ihnen, Ihrer Familie und unseren Partnern!

Das Programm und die Anmeldeinformationen finden Sie auf unserer Homepage.



Foto: Bayerische Seenschifffahrt



QR-Code zur
Veranstaltung



Der geschäftsführende Vorstand des VDI BNO



Die Ehrung für 60 Jahre VDI-Mitgliedschaft



Die Verabschiedung von Hans-Georg Manns



Der Rennparcours im Campus der Ideen



Das Siegerteam "IFM-Racing" vom Institut für Fahrerassistenz und vernetzte Mobilität der HAW Kempten

Neueste Entwicklungen im Bereich des autonomen Fahrens

Gespräch mit Arnd Zabka, Managing Partner bei Zielpuls – Part of Accenture Industry X

TiB: Herr Zabka, schön, dass Sie auch 2022 wieder als Hauptsponsor der VDI ADC dabei waren. Wir freuen uns, dass wir nach der Corona-Zwangspause endlich wieder durchstarten konnten und sind ganz gespannt, von Ihnen zu erfahren, welche Neuerungen sich bei Mobilitätslösungen in den letzten beiden Jahren ergeben haben.

Vielen Dank. Ich freue mich sehr, dass nach zwei Jahren Pause die VDI Autonomous Driving Challenge wieder an den Start gehen konnte und wir sie in unseren Räumen begrüßen durften.

Die Entwicklung der Fahrfunktion hat in den letzten beiden Jahren große Sprünge gemacht. Mercedes-Benz ist mit dem Drive Pilot, der autonomes Fahren nach Level 3 ermöglicht auf den Markt gekommen. Mercedes ist damit der erste Hersteller weltweit, der diesen Meilenstein erreicht. Andere werden zeitnah nachziehen. Dem Ziel des voll autonomen Fahrens sind wir damit einen großen Schritt näher gekommen.

TiB: Welche Anforderungen ergeben sich für OEMs, um sich auch nachhaltig auf dem Markt behaupten zu können?

Neben der Entwicklung der eigentlichen Fahrfunktion, werden das Thema „Software Defined Vehicle“ und die damit verbundenen neuen Möglichkeiten immer mehr in den Vordergrund rücken.

Gelingt den OEMs und den Tier1s der Schritt von einer Mechanik und Elektronik entwickelnden Branche hin zu einer Softwareorientierung und dabei auch noch beide Welten miteinander zu verbinden? Und wie verändert diese Entwicklung die Sicht des Kunden? Es wird sehr interessant zu sehen, wie sich eine Vielzahl neuer Funktionen und Möglichkeiten auf die Kundenakzeptanz auswirken wird. Bisher waren Kunden es gewöhnt, ein fertiges Produkt zu kaufen. Dafür mussten sie sich schon vor dem Kauf für ihre Fahrzeugkonfiguration entscheiden. In Zukunft werden viele Funktionen und auch Bugfixes „Over The Air“ nachgeliefert oder auch nachgekauft (Function On Demand) werden können.

Zielpuls als Teil des Geschäftsbereichs Accenture Industry X sieht hier eines der großen Zukunftsthemen und unterstützt Kunden bei der Transformation in eine kundenorientierte Software-Organisation.

TiB: Ihr Team hat gerade eine Benchmarkstudie zum autonomen Fahren veröffentlicht. Wie ist der aktuelle Entwicklungsstand autonomer Fahrfunktionen bei den OEMs derzeit zu bewerten?

Unsere Benchmarkstudie beleuchtet den aktuellen Stand der OEMs und deren auf dem Markt befindlichen Fahrzeugen auf Basis von frei verfügbaren Informationen und bewertet diese anhand einer Reihe von Kriterien, wie Verfügbarkeit (teil-)autonomer Systeme, Systemqualität, Over-the-Air Updatefähigkeit und Competition-Fähigkeit.

Es hat sich gezeigt, dass die OEM-Landschaft derzeit bezüglich der Zukunfts- und Kooperationsfähigkeit sehr heterogen und dynamisch ist. Auch sind die derzeitigen Ansätze zur Lösung unterschiedlich. Ich bin gespannt, wie sich die Branche weiter aufstellen wird, um die großen Herausforderungen der Zukunft gemeinsam zu meistern.

Es bleibt spannend, wir bleiben an dem Thema auf jeden Fall dran.

TiB: Vielen Dank für das Gespräch.

VDI Autonomous Driving Challenge 2022 Mit Bits und Bytes auf der Rennstrecke

Die Wettbewerbsergebnisse der ADC-Teams

Rang	Team	Disziplin			Gezeitete Runde	Rundenzahl	Verfolgungsrennen	Gesamt
		statische Disziplin	Parken	Beschleunigungsrennen				
1	IFM Hochschule Kempten	50	32	20	30	35	10	177
2	UDE mobil Uni Duisburg-Essen	25	42	13	20	11	60	171
3	TACO Hochschule Offenburg	32	50	17	15	29	10	153
4	SAM Hochschule München	42	25	10	25	23	10	135
5	Hochschule Bochum/Heiligenhaus	17	17	7	10	11	10	72

Am 20. Mai 2022 ging auf dem Campus der Ideen in München der Nachwuchswettbewerb im Bereich Autonomes Fahren, die VDI Autonomous Driving Challenge (VDI ADC), endlich in die nächste Runde. Fünf Teams aus ganz Deutschland begeisterten während des ganztägigen Wettbewerbs mit ihren modifizierten RC Modellautos und zeigten, was im Bereich autonomen Fahrens im Miniaturbereich möglich ist.

Jeder Wettbewerb braucht ein Regelwerk. Für die ADC hat der VDI Bezirksverein München Ober- und Niederbayern ein umfangreiches Regelwerk erstellt, das auf 36 Seiten nicht nur den Parcours und die verschiedenen Wertungsdisziplinen definiert, sondern auch technische Parameter für die Modellautos festlegt [1]. Kernpunkt ist die Verwendung einer bestimmten Konstruktion des japanischen Modellbauers Kyosho, der schon lange am Markt ist und in Europa über ein gut ausgebautes Servicenetz verfügt. Damit sind bereits eine ganze Menge technischer Parameter festgelegt, von der Motorleistung über die Sensoren bis zum Bordrechner und der Betriebssoftware, wobei der neueste Stand der Technologie berücksichtigt ist. Allein der Antriebsmotor ist mit einer Maximalleistung von knapp 150 W schon erstaunlich. Der Veranstalter wollte mit dieser Standardisierung verhindern, dass es im Vorfeld bei

den konkurrierenden Teams bereits zu einer kostenintensiven Materialschlacht um bessere technische Ausstattungen wie Motorleistung, Reifen, Batterien etc. kommt. Als Bordrechner ist eine bestimmte Version von NVIDIA vorgeschrieben, für die es aus dem industriellen Bereich bereits eine Menge Programme für die Bildauswertung gibt. Doch die Teams durften durchaus von der Standardausstattung abweichen, sofern die Leistung der Variante nicht größer ist als die der Standardlösung. So findet man auch den Einsatz des Mikrorechners von Arduino, der sehr verbreitet ist und für den eine große Zahl von Softwarelösungen existiert. Als Basissoftware musste ROS verwendet werden, eine standardisierte Regelungssoftware, wie sie auch in „wirklichen“ autonomen fahrenden Autos verwendet wird. Auf diese Basis konnten die Teilnehmer ihre eigenen Softwaremodule aufsetzen, deren Auslegung dann wesentlich zum Erfolg beigetragen hat.

In einer ersten Wertung, der „statischen Disziplin“, mussten die Teams ihre Lösungen vorstellen und sich der Diskussion stellen. Insgesamt waren fünf Teams zum Wettbewerb in sechs Disziplinen angetreten (siehe Tabelle). Die einzelnen Disziplinen wurden unterschiedlich gewichtet. Sehr hoch bewertet wurde das fehlerfreie Einparken und das Fahren auf Zeit, weniger wichtig war das Beschleunigungs-



Das Siegerfahrzeug der VDI ADC 2022

rennen und das Verfolgungsrennen. Die Disziplin „Überholen“ war eigentlich nicht vorgesehen, die Teilnehmer haben sich jedoch während des Wettbewerbs verabredet, dieses dennoch zu probieren, mit teilweise erstaunlichen Ergebnissen, die mit großem Beifall bedacht wurden.

Alle Teilnehmer haben ihr Bestes gegeben, doch es kann nur einer gewinnen, und das war das Team der Hochschule Kempten. Das Geheimnis ihres Erfolges lag weniger in einzelnen perfekten Abläufen, als vielmehr in der Erfahrung der Teilnehmer in der Regelungstechnik und der Robotik als auch von der erfolgreichen Teilnahme an der letzten ADC. Im Verfolgungsrennen musste die Gruppe dann aber einen Punkteabzug hinnehmen, denn der Regelkreis, der den Abstand zum Vordermann definiert, war wohl doch etwas zu scharf eingestellt. Und so rempelte ihr Porsche unter großer Anteilnahme des Publikums mehrfach den Vordermann an. Könnte das der Einstieg zu mehr Spaß am autonomen Fahren sein? Für manche Fahrer schon, aber der Punkteabzug im wirklichen Leben dürfte zu groß ausfallen.

Fritz Münzel

Quellen

[1] https://www.vdi-adc.de/fileadmin/sn_config/mediapool_vdi/bilder/bezirksverein/doc/VDI-ADC-Reglement_v7.pdf

VDI Landesverband Bayern Sieger Jugend forscht Bayern

Ende des ersten Quartals 2022 fand der Landeswettbewerb von „Jugend forscht Bayern“ als online-Event mit 80 Nachwuchswissenschaftlern in 56 Projekten statt. Verteilt über acht Fachbereiche qualifizierten sich die 15 Gewinner für den Bundeswettbewerb.

Auch in diesem Jahr zeigten die Forschungsprojekte viel Innovation und Kreativität, wie z. B. der Notbremsassistent für das Fahrrad (Arbeitswelt) von Vincent Nack bis hin zum Weckerbett (Technik) mit Sprachsteuerung von Ben Walter und Benedikt Wolf.

Bei ihrem Projekt, im Fachbereich Technik, entwickelten die beiden Jugendlichen Ben Walter und Benedikt Wolf, vom Johann-Andreas-Schmeller-Gymnasium aus Nabburg ein umgebautes Kinderbett, um garantiert jeden am Morgen aufzuwecken. Erzielt wird dies mit eingespielter Musik. Das Frühstück wird von einem Roboter zubereitet. Steht der Schlafende sofort auf, wird er mit diesem belohnt. Bleibt er länger liegen, fällt zunächst das Marmeladenbrot aus und danach das gesamte Frühstück. Die Musik wird im Anschluss immer lauter und durchdringender. Somit ergibt sich eine gewisse Steigerung der „Aufstehhilfen“: Dann wird am Kissen gerüttelt, gefolgt von Wegziehen der Bettdecke bis hin zu hupen und schlussendlich dem aus dem Bett werfen. Die beiden Tüftler erreichten dies, durch Befüllen eines Gymnastikballes mit Druckluft, der sich unter der Matratze befindet und dieses Bettgestell aufklappt. Bedient wird das Bett per offline Sprachsteuerung auf einem Raspberry Pi, welche den Hauptteil dieses Projekts „Weckerbett“ bildet. Die Steuerung der einzelnen Komponenten übernimmt ein



Moderator Malte Arkona bei der Preisverleihung mit Ben Walter und Benedikt Wolf (v.l.n.r)

Arduino. Die Stromversorgung kommt von einer 12V KfZ Batterie, welche auch den integrierten Kompressor versorgt.

Die Jury im Fachbereich Technik war von diesem Projekt so angetan, dass sie es mit dem 1. Platz kürten. In ihrer Laudatio sprach Jurorin Dr. Hermine Hitzler zu Recht von: „Wir hatten bei Jugend forscht selten eine Arbeit mit so hohem Unterhaltungswert. Dahinter steht jedoch eine solide ingenieurstechnische Leistung, die man gar nicht sofort erkennt.“

Auch der bayerische Kultusminister Prof. Dr. Michael Piazzolo freute sich über den wissenschaftlichen Nachwuchs in ganz Bayern und würdigte die herausragende MINT-Förderung im Freistaat.

Nach bedeutungsvollen 17 Jahren Wettbewerbsleitung von „Jugend forscht in Bayern“ wurde Dr. Monika Christl verabschiedet und für ihren Einsatz geehrt. „Mir bleiben diese Jahre in wundervoller Erinnerung, es war eine tolle Zeit. Es ist wirklich schön zu sehen, wie aus den Teilnehmern dann Unternehmer und Wissenschaftler werden und welche Karrieren sich ausgehend von Jugend forscht

entwickeln“, erklärte Dr. Christl und übergibt nun das Amt an Uli Herwanger. Hauptberuflich ist er Lehrkraft für Physik und Mathematik am Willstätter-Gymnasium in Nürnberg und einer der verantwortlichen Ansprechpersonen des VDI-Schülerforschungszentrums Richard Willstätter in Nürnberg.

Eine Woche später wurde Anfang April an der Universität Regensburg der „Jugend forscht Landeswettbewerb“ in der Sparte „Schüler experimentieren“ ebenfalls virtuell ausgetragen. 82 erstplat-

zierte Sieger der vorangegangenen Regionalwettbewerbe hatten sich in sieben Kategorien für den Landeswettbewerb qualifiziert.

Mit seinem Projekt „Schirmmütze richtet sich nach der Sonne aus“ belegte der zehnjährige Daniel Siegl von der Grundschule Schwabbruck-Schwabsoien in der Kategorie Technik den ersten Platz. Ziel war es für ihn, eine Schirmmütze zu entwickeln, bei der ein kleiner Motor das Schild bzw. die Sonnenblende immer in Richtung Sonne ausrichtet.

Genau 1.367 Teilnehmer hatten 2022 ihre Projekte beim Wettbewerb „Jugend forscht“ (für Schüler von 15 bis 21 Jahren) oder „Schüler experimentieren“ (für Schüler bis 14 Jahre) teilgenommen. Mit einem Empfang der Landessieger der Sparte „Jugend forscht“ würdigte Mitte Mai der Leiter der Staatskanzlei, Staatsminister Dr. Florian Herrmann, im Münchner Prinz-Carl-Palais: „Sie sind die Besten in Bayern! Sie alle haben sich mit Neugier und Leidenschaft auf das Abenteuer Forschung eingelassen.“

Dr. Hermine Hitzler

VDI BG Regensburg Mit der Seilbahn über die Donau

In aller Welt sind städtische Seilbahnen im Kommen – warum also nicht auch in Regensburg? Bisher gibt es hierzulande vor allem Bergseilbahnen – oder die eindrucksvolle Seilbahn Koblenz, die von der Stadt über den Rhein zur Festung Ehrenbreitstein führt. Nun haben vier Studierende der Ostbayerischen Technischen Hochschule OTH Regensburg ein Seilbahnkonzept für die Donaustadt in der Oberpfalz simuliert. Ihr Ergebnis: Eine Seilbahn auf drei Strecken würde viele Regensburger Probleme lösen. Nur eines nicht: Dort hat der Stadtrat bereits 2018 den Bau einer Stadtbahn beschlossen und will an der Grundsatz-Entscheidung nicht mehr rütteln.

Im Rahmen einer von der Bezirksgruppe Regensburg des VDI-Bezirksvereins Bayern Nord-Ost mitgetragenen Online-Konferenz stellten vier OTH-Studierende die Ergebnisse ihrer Simulation vor. Darin haben sie ermittelt: Mit drei Linien ab dem Hauptbahnhof ließen sich auf 14 km Streckenlänge die heute dort verkehrenden Busse komplett ersetzen, große Kapazitätsreserven inklusive. 18 Stationen im Abstand von etwa 500 Metern wären nötig, aufgestellt an heutigen Bushaltestellen. Das Einzugsgebiet wurde ebenfalls mit 500 Metern zum Einstieg angenommen. „Einfach über die Stadt hinweg“ würde die Seilbahn führen und am Boden keinen Raum wegnehmen, fasst Christoph Tschernitz, einer der Vier, das Ergebnis pointiert zusammen.

Als riesiges Plus – auch für die öffentlichen Haushalte – wurden die niedrigen spezifischen Investitionskosten von sechs Mio. Euro pro km genannt. Zum Vergleich: Eine Stadtbahn wird mit zehn Mio. Euro pro km kalkuliert, Brücken oder Tunnels kommen noch dazu. Eine U-Bahn kostet gar 100 Mio. Euro pro km. Außerdem sei die Zahl der Gondeln mit je



Talfahrt der Kabine zum Deutschen Eck

zehn Plätzen variabel. Und der Energieverbrauch sei wegen der gleichbleibenden Geschwindigkeit wesentlich niedriger als bei einer Stadtbahn.

Die Studie über die mögliche Donaustadt-Seilbahn stammt von OTH-Professor Dr.-Ing. Ulrich Briem. „Regensburg hat die Chance, die erste Stadt Deutschlands mit einem Seilbahnnetz zu werden!“ Als er die Online-Präsentation der vier Studierenden Simon Haimerl, Christoph Tschernitz, Tobias Schiller und Christoph Weig ergänzte, merkte man Professor Briem die Begeisterung für diese Technologie förmlich an. „Schnelle Realisierbarkeit – nach der Planfeststellung ein Jahr. Kontinuierlicher Fahrbetrieb – man kann immer einsteigen und wegfahren, es gibt keinen Fahrplan. Und es ist eine Attraktion: Nicht nur für Touristen bietet sich eine atemberaubende Aussicht.“ Sein Kollege Prof. Stefan Galka – er betreute die Studierenden bei ihrer Arbeit – schob noch die sehr kurzen Transportzeiten nach.

Wenn also so viel dafür spricht, warum fordert die Ratsmehrheit dann nicht ein Umdenken der Verwaltung in Richtung Seilbahn? In der Bürgerversammlung hat sie vor allem in der Fraktion „Brücke – Ideen verbinden Menschen“ noch Fürsprecher. Joachim Wolbergs, Ex-SPD-Oberbürgermeister und aktueller „Brücke“-Fraktionsvorsitzender, gab sich im Dezember 2021 überzeugt: „Mit innovativen Lösungen wie z. B. Seilbahnabschnitten und -trassen ließen sich die eigentlichen Verkehrsprobleme ... schneller, günstiger und attraktiver in den Griff bekommen.“ Immerhin: Die Stadtverwaltung sieht noch eine Chance für die Stadt-Seilbahn. Sie werde „das Thema im Zusammenhang mit dem anstehenden Flächennutzungsplan und der darin enthaltenen Überarbeitung des Verkehrskonzeptes für die Gesamtstadt aufgreifen“. Ende dieses Jahres solle das Konzept stehen, heißt es auf unsere Anfrage weiter.

Heinz Wraneschitz

VDE/VDI-Arbeitskreis Informationstechnik München Die Zukunft der Datenverschlüsselung

Nun wollte ich nicht gleich mit dem Vortragstitel „Post-Quantum Kryptografie“ in der Überschrift beginnen. Aber genau darum ging es in dem Vortrag von Frau Prof.-in Wachter-Zeh der TU München für den VDE/VDI-AK Informationstechnik am 11. Mai.

Und was ist das genau? Eine grundlegend neue Art von Verschlüsselungstechnik, um unsere Daten auch in der Zukunft noch schützen zu können.

In den Nachrichten tauchen immer wieder Erfolgsmeldungen in der Entwicklung von Quantencomputern auf (wir hatten erst letztes Jahr einen Vortrag dazu). Oft heißt es, dass es noch etwa zehn Jahre dauern könnte, bis die ersten Maschinen sinnvoll einsetzbar sind. Die besondere Arbeitsweise der Quantencomputer gegenüber aktuellen Rechnersystemen ermöglicht es, u. a. die Faktorisierung ganzer (auch sehr großer) Zahlen schnell und effizient berechnen zu können. Nun basiert aber ein Großteil unserer Verschlüsselungstechnik auf asymmetrischer Verschlüsselung (Online Banking, Webseiten, ...), bei der die Generierung von Public/Private Keys und die Veröffentlichung des Public Key darauf beruht, dass alleine durch die Kenntnis des öffentlichen Schlüssels (zum Verschlüsseln) mit herkömmlicher Computertechnik nicht auf den privaten Schlüssel (zum Entschlüsseln) geschlossen werden kann.

Die symmetrische Verschlüsselung, bei der mit dem gleichen Schlüssel sowohl verschlüsselt, als auch entschlüsselt wird (AES, SHA, ...) ist durch Quantencomputer nicht so stark gefährdet. Quantencomputer halbieren in etwa den Security-Level, zeigte unsere Referentin. Hier würde es also reichen, einfach die Schlüssellänge zu verdoppeln, um nach heutigem Stand der Forschung Post-Quantum-resilient zu sein. Sämtliche aktuell praktisch verwendete asymmetrische Verschlüsselungs-



Prof. Dr.-Ing. Antonia Wachter-Zeh

verfahren (RSA, Diffie-Hellmann, DSA, ...) kann man aber als gebrochen ansehen. Peter Shor wies das bereits 1994 theoretisch nach (Shor's algorithm). Dadurch, dass für die geschützte Verteilung von symmetrischen Schlüsseln an alle beteiligte Kommunikationspartner üblicherweise die asymmetrische Verschlüsselung verwendet wird, betrifft das Problem aber auch Datenübertragungen mit symmetrischer Verschlüsselung. Auch wenn es vielleicht erst in zehn Jahren effizient möglich ist, die asymmetrische Verschlüsselung auszuhebeln, so müssen doch jetzt schon die Forschungsarbeiten vorangetrieben werden. Denn es braucht Zeit für die Standardisierungsverfahren (geleitet vom US-amerikanischen NIST – National Institute of Standards and Technology). Und Frau Wachter-Zeh wies darauf hin, dass wir bereits heute Produkte einsetzen, die es auch in zehn Jahren (und darüber hinaus) noch geben wird. Autos, Personalausweise, Smart Home, Satelliten sind üblicherweise für

eine Nutzungsdauer von mehr als 10 Jahren konzipiert, und grundlegend geänderte Verschlüsselungstechniken erfordern in der Regel neue Hardware und nicht nur Software-Updates. Und man darf nicht vergessen, dass aufgezeichnete verschlüsselte Kommunikation in Einzelfällen auch noch in zehn Jahren interessant sein kann.

Im Jahre 2017 begann der Standardisierungsprozess am NIST, inklusive Einreichen von Vorschlägen und öffentlicher Forschungsarbeiten. Aktuell läuft seit 2020 die dritte Runde, und aussichtsreiche Kandidaten für den zukünftigen Standard heißen Classic McEliece, CRYSTALS-KYBER, NTRU oder SABER.

Unterteilen lassen sich die wichtigsten Verfahren in Code-based bzw. Lattice-based Verschlüsselungstechniken, wobei sich Frau Prof.-in Wachter-Zeh und ihr Team auf Code-based Systeme fokussiert haben. Sie gab uns einen ersten Einblick in die vielen notwendigen mathematischen Verfahren und zeigte damit die Komplexität ihrer Forschungsarbeiten auf. Als Fazit kann man zum heutigen Stand der Wissenschaft sagen, dass Code-basierte Verfahren als effizient für Post-Quantum Kryptografie gesehen werden können. Weitere Forschungen laufen beispielsweise sowohl in Richtung Angriffsvarianten (Verringerung des Security Levels) als auch in Verbesserungen mit denen die Verringerung der Schlüssellänge möglich wird (effizientere Ver- und Entschlüsselung) bei gleichbleibender Sicherheit.

Zeitweise eine inhaltliche Herausforderung für die Teilnehmer, aber positive Rückmeldungen zeigen, dass die Präsentation erfolgreich die wichtigsten Aspekte darstellen konnte. Vielen herzlichen Dank an die Referentin!

Stefan Emilius

VDI-Arbeitskreis Bio-, Medizin- und Umwelttechnik München Neues Führungsteam

Nach mehr als dreißig Jahren erfolgreicher Arbeit geht die AK-Leitung in neue Hände über. Der derzeitige AK-Leiter Prof. Dr.-Ing. habil Dieter Liepsch freut sich, das neue Team des AK kurz vorstellen zu können und wünscht ihm weiterhin viel Erfolg.

Den Vorsitz übernimmt Dr. Hans Jörg Schöber. Er wird unterstützt von Dr. Stephan Dörfler, Günther Hasna und Matthias Pigerl.

Alle sind in der Industrie im Bereich der Medizintechnik tätig. Dr. Schöber hält ferner an der Universität in Innsbruck Vorlesungen.

Der Arbeitskreis wurde 1991 als AK Biotechnik gegründet. Da es viele Rückfragen bezüglich der Medizintechnik gab, wurde dieser Begriff mit aufgenommen, obwohl dies im Begriff Biotechnik enthalten ist. Als der Begriff Life Science aus den U.S.A kam, wurde der AK plötzlich sehr wichtig. Circa drei Jahre später kam noch die Umwelttechnik dazu. Seit dieser Zeit heißt der AK Bio-, Medizin- u. Umwelttechnik. Es ist ein recht umfangreiches Gebiet, welches sich neben der Umwelttechnik mit Biomedizinischer Technik, Apparaten

und Systemen, Biomechanik, Biofluidmechanik, Biomaterialien, Biosensoren, der techn. Mikrobiologie, Techn. Biochemie, Teilen der Agrar- und Lebensmitteltechnologie, Krankenhaustechnik, Hygiene, um nur einige zu nennen, befasst.

Der AK führte zahlreiche Exkursionen und Vorträge durch, die sehr erfolgreich verliefen und großen Zuspruch fanden. Viele Mitarbeiter aus Ministerien und aus der Industrie nahmen an den Veranstaltungen teil, hielten selbst Vorträge aus ihrem Bereich, wie z. B. Luft- und Wasserreinigung, Umwelteinflüsse, Lärmverminderung, neueste Messverfahren in der Medizin- und Krankenhaustechnik, Probleme mit multiresistenten Keimen und einer jährlichen eintägigen Seminarreihe mit dem Thema „Raumklima in der Wende“, wo auf alle gebäudetechnischen Belange, Energieeinsparung, Hygiene im Krankenhaus und Laboratorien eingegangen wurde. Ferner der Festvortrag des VDI mit dem Thema Biofluid-Mechanik, sowie der Weltkongress Biomechanik mit 2.700 Teilnehmern.

Durch die Aktivitäten des AK wurde im Jahr 2000 an der TUM das Bioingenieurwesen etabliert, an der Hochschule Mün-



Dr. Hans Jörg Schöber

chen wurde dieses bedeutende Arbeitsfeld kurz zuvor eingeführt. Durch den Anstoß eines Großforschungsantrages von Liepsch wurde das Forschungszentrum in Großhadern geschaffen.

Im Arbeitskreis sind ab September jeweils vierteljährliche Vorträge und Veranstaltungen geplant.

Ich wünsche dem neuen Team alles Gute!

Dieter Liepsch

Save the Date

23. Bayreuther 3D-Konstrukteurstag am 14.09.

Im Zeichen der stetigen Weiterentwicklung und der Verknüpfung zwischen klassischen und „neuen“ Fragestellungen, bietet der Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD der Universität Bayreuth unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Stephan Tremmel mit dem etablierten Bayreuther 3D-Konstrukteurstag eine bundesweit wohl einzigartige, neutrale Plattform zum Informationsaustausch und zur Informationsgewinnung für kreative Ingenieurinnen und Ingenieure aus Industrie und Forschung an.

Beim endlich wieder in Präsenz stattfindenden Konstrukteurstag unter dem Leitmotiv „K-Tag is back! Digitalisierung – Live und vor Ort“ haben Sie die Chance mehr über die Computergestützte Konstruktion, Auslegung, Simulation und Optimierung, die Additive Fertigung sowie viele weitere spannende Themen zu erfahren.

Online-Anmeldung und aktuelle Informationen zum Programm unter: www.konstrukteurstag.de

Volocopter und Lufthansa Industry Solutions

Urban Air Mobility unter der Lupe

Die künftige urbane Mobilität bewegt sich in Richtung Himmel. Aber was steckt hinter dieser neuartigen Technologie, und dürfen wir uns bereits (vorsichtig) auf diese neu entstehende Mobilitätsform freuen?

Ganzheitliche Urban Air Mobility

Das Bruchsaler Unternehmen Volocopter gilt als Pionier der Urban Air Mobility (UAM). Es will ein komplementäres Transportsystem zum jetzigen Status Quo im öffentlichen Personenverkehr bereitstellen. Das junge Unternehmen hat sich ein doppeltes Ziel gesetzt: eigene eVTOL-Flugtaxis (senkrecht startende und landende elektrische Flugzeuge) zu bauen, ganzheitlich zu betreiben und eines Tages auch autonom fliegen zu lassen. Seit 2020 kooperiert Volocopter mit Lufthansa Industry Solutions (kurz: LHIND), die in Norderstedt bei Hamburg ansässige IT-Beratung des renommierten Mutterkonzerns.

Eine neue Software beflügeln

Volocopter und LHIND arbeiten an einer maßgeschneiderten Software namens VololQ, die auf künstlicher Intelligenz (KI), einer smarten und skalierbaren Infrastruktur und cloudbasierten, datengetriebenen Eigenschaften beruht. Es soll sich als UAM-Standardbetriebssystem für alle eVTOLs, beispielsweise für das VoloCity Flugtaxi und perspektivisch auch für alle von Volocopter durchgeführten Passagier- und Güterflüge, etablieren. Der modulare Aufbau des Systems vereint verschiedene Aspekte, wie zum Beispiel den Buchungsprozess und E-Commerce, die kommerzielle Termin- und Flugroutenplanung sowie die Flugüberwachung und die Bereitstellung von Digitalen Zwillingen. Auch Wetterprognosen, die Volocopter App und die ganze Infrastruktur, sowohl auf dem Boden als auch in der Luft, wird innerhalb der VololQ koordinierbar sein.

Nahtloses Fliegen

Im Prinzip soll die VololQ die gesamte Bandbreite des Flugbetriebs steuern. Weitere Vorteile liegen auf der Hand: es soll Drittanbietern die Möglichkeit geben, ihre Dienstleistungen in der VololQ "anzudocken", um Passagieren einen nahtlosen Service von A nach B anzubieten – bequem per App. Dr. Klaus Seywald, Head of Digital Strategy von Volocopter, ist von der Technik hinter der VololQ überzeugt: "VololQ ist das digitale Rückgrat unseres UAM-Ökosystems zum effizienten und sicheren Betrieb unserer eVTOL-Flugtaxis. Big Data und maschinelles Lernen ermöglichen eine kontinuierliche Verbesserung und Automatisierung der Prozesse und optimieren dadurch auch das Kundenerlebnis und die Kosten. Lufthansa Industry Solutions ist ein starker Partner mit beispielloser Expertise im zertifizierten Luftverkehr. Das schätzen wir sehr."

Künstliche Intelligenz (KI) als Wegweiser

Durch den Einsatz von KI rechnen die beiden Unternehmen damit, künftig auch autonomes Fliegen der Flugtaxis gewährleisten zu können. So wird die KI unter anderem der Objekterkennung, automatisierten Landung und Entscheidungsfindung in der Luft dienen, und zwar in Echtzeit und in Metropolen auf der ganzen Welt. Auch höchste Sicherheit wird VololQ bieten, und dabei Wartungsintervalle effizienter machen, zum Beispiel durch Predictive Maintenance, Real-Time Monitoring der Komponenten im Zusammenhang mit innovativer Sensorik. Für die sichere Flugdurchführung im innerstädtischen Luftraum werden die in der kommerziellen Luftfahrt bereits bewährten "Detect and Avoid"-Technologien und -Maßnahmen auch in Volocopter-Fluggeräten eingebaut. Jörn-Matthias Derrer, Head of Air Mobility Solutions und VololQ Entwicklungsleiter

bei LHIND, ist sehr positiv auf die Entwicklungen gestimmt: "Die VololQ als integrierte Lösung bietet durch die nahtlose Verbindung aller digitalen Prozesse den Schlüssel für eine global skalierte UAM-Operation. Wir sind sehr zufrieden mit dem bisherigen Fortschritt in der VololQ-Entwicklung und freuen uns bereits über die neuesten Impulse, die die Kooperation mit Volocopter liefert und noch liefern wird."

Nachhaltigkeit und Umsetzung

Beim Thema Nachhaltigkeit und Langlebigkeit kann die VololQ auch einen Beitrag leisten. Durch den Einsatz von maschinellem Lernen und KI wird das System bessere Einblicke in die Batterielaufzeit und -optimierung ermöglichen, Fluggeräte überwachen und Prognosen zum Wartungsbedarf erstellen. Dies wird die Flugtauglichkeit der Flugzeuge sicherstellen, einen schnellen Batterieaustausch und einen effizienten Flugplan ermöglichen. Die Automatisierung des Flugzeugs soll bis zum geplanten Launch in den nächsten Jahren bereits vollendet sein. Die Piloten übernehmen dann die Prüfung der automatisierten Steuerung und können KI-basierte Systemvorschläge entweder annehmen oder ablehnen. Die dritte Phase sieht vor, die Piloten wieder auf den Boden zu bringen, und von dort aus die Flugzeugsteuerung samt etwaiger Notlandungen zu verantworten. Die VololQ wird mittelfristig alle Volocopter Fluggeräte digital vereinen. Sie wird sicherstellen, dass Informationen, Daten und Verbesserungen kontinuierlich weitergeführt werden.

Kontakte

Jörn-Matthias Derrer
joern-matthias.derrer@lhind.dlh.de

Dr. Klaus Seywald
klaus.seywald@volocopter.com

Nicht verpassen!

Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI München/VDE Südbayern

05. Juli 2022 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung

Arbeitsqualität im Kontext der Digitalisierung / Auswirkungen der COVID-19 Pandemie auf die Arbeitswelt

Veranstalter: VDI AK QM
Referent: Caroline Adam, M.Sc.
Anmeldung: Online Anmeldung

06. Juli 2022 / Mittwoch

18:00 Treff

Stammtisch VDE und VDI Rosenheim

Veranstalter: VDI BG Rosenheim, VDE Rosenheim
Ort: Rosenheim
Adresse: Samerstr. 17, 83022 Rosenheim, Flötzinger Bräustüberl
Info: Info bei Philipp Lederer, Tel 08034-7075955 oder Email bg-rosenheim@vdi.de

12. Juli 2022 / Dienstag

19:00 Treff

VDI/VDE Treff

Veranstalter: VDI BG Landshut
Ort: Landshut
Adresse: Altstadt 107, 84028 Landshut, Gasthaus zum Krenkl - Weißes Bräuhaus

21. Juli 2022 / Donnerstag

19:00 Online-Veranstaltung

Onlinetreff des AK-Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik
Info: Der Teilnahmelink wird mit der automatischen Anmeldebestätigung verschickt.
Anmeldung: Online Anmeldung

25. Juli 2022 / Montag

16:30 Online-Veranstaltung

Mangrove and Megacity: War and the Building of Saigon's Urban Archipelago

Veranstalter: Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte
Referent: David Biggs (University of California, Riverside)
Info: <https://meet.google.com/exu-ddbt-twq>

26. Juli 2022 / Dienstag

17:45 Exkursion

Abendkurs auf dem Ammersee

Veranstalter: VDI AK Schiffbau und Schiffstechnik
Ort: Inning/Stegen
Adresse: Landsberger Straße 81, 82266 Inning/Stegen
Anmeldung: Online Anmeldung

03. August 2022 / Mittwoch

18:00 Treff

Stammtisch VDE und VDI Rosenheim

Veranstalter: VDI BG Rosenheim, VDE Rosenheim
Ort: Rosenheim
Adresse: Samerstr. 17, 83022 Rosenheim, Flötzinger Bräustüberl
Info: Info bei Philipp Lederer, Tel 08034-7075955 oder Email bg-rosenheim@vdi.de

Die tagesaktuelle Veranstaltungsliste finden Sie unter www.technik-in-bayern.de

Nicht vergessen!

Jetzt noch anmelden zur Preisverleihung des VDI Award „Prädikat Ingenieurskunst“ am 14. Juli 2022

Informationen im TiB-Kalender und auf www.vdi-sued.de

Nicht verpassen!

Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI BV Bayern Nordost

07. Juli 2022 / Donnerstag

17:45 Vortrag Unternehmensstrategie über das Produktportfolio wirksam umsetzen

Veranstalter: NW Technischer Vertrieb und Produktmanagement
Ort: Nürnberg
Adresse: Kesslerplatz 12, 90489 Nürnberg, GSO TH Nürnberg, KA.440b
Referent: Dr.-Ing. Maximilian Kissel
Anmeldung: Online Anmeldung

12. Juli 2022 / Dienstag

17:00 Treff Treffen für technische Gespräche

Veranstalter: VDI-BG Erlangen
Ort: Erlangen-Büchenbach
Adresse: Dorfstr. 14, 91052 Erlangen-Büchenbach, Gaststätte "Zur Einkehr"
Info: Dr. Hans Buerhop, Tel. (0 91 31) 4 49 54

15. Juli 2022 / Freitag

19:00 Event FIB Bayern Nordost – Netzwerktreffen

Veranstalter: NW FIB Nürnberg
Ort: Nürnberg
Adresse: Insel Schütt, 90403 Nürnberg, Nürnberger Stadtstrand
Info: Details werden ca. 10 Tage vor dem Termin in unserer FIB-Einladung bekannt gegeben
Anmeldung: Online Anmeldung

16. Juli 2022 / Samstag

08:00 Exkursion VDI BG Coburg Sommerausflug

Veranstalter: VDI BG Coburg
Ort: Coburg
Adresse: 96450 Coburg

09. August 2022 / Dienstag

19:00 Treff Monatliches Treffen

Veranstalter: VDI BG Coburg
Ort: Coburg
Adresse: Lossaustraße 12, 96450 Coburg, Hotel Stadt Coburg, Konferenzraum

15. August 2022 / Montag

19:00 Treff FIB Bayern Nordost – Sommertermin

Veranstalter: NW FIB Nürnberg
Ort: Nürnberg
Adresse: 90429 Nürnberg
Info: Format und Inhalt werden ca. 10 Tage vor dem Termin in unserer FIB-Einladung bekannt gegeben
Anmeldung: Online Anmeldung

16. August 2022 / Dienstag

17:00 Treff Treffen für technische Gespräche

Veranstalter: VDI-BG Erlangen
Ort: Erlangen-Büchenbach
Adresse: Dorfstr. 14, 91052 Erlangen-Büchenbach, Gaststätte "Zur Einkehr"
Info: Dr. Hans Buerhop, Tel. (0 91 31) 4 49 54

Die tagesaktuelle Veranstaltungsliste finden Sie unter www.technik-in-bayern.de

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Neuer Studiengang Elektromobilität-ACES

Die Elektromobilität stellt für den Klimaschutz und angesichts der aktuellen Versorgungsproblematik mit fossilen Energien eine hochaktuelle Thematik dar.

Bereits 2019 hat der "McKinsey ACES 2019 survey" vier "megatrends in mobility" identifiziert. Diese gehen weit über die reine Elektromobilität hinaus und spiegeln die Handlungsfelder für die Zukunft der Mobilität wider. Darauf aufbauend bündelt der neue interdisziplinäre Studiengang Elektromobilität-ACES die umfangreichen vorhandenen Kompetenzen der Universität Erlangen-Nürnberg in folgenden 4 Vertiefungsbereichen:

- Artificial Intelligence and Autonomous Driving,
- Connectivity,
- E-Powertrain,
- Sustainable Mobility and Production Technology.

Damit stellt sich die Technische Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität den

globalen Problemen Klimawandel und innovative Ausrichtung auf sichere und saubere Mobilität und bietet ein einzigartiges Angebot des Studiums über alle technischen Fachbereiche hinweg an.

Starttermin des deutschsprachigen Bachelors Elektromobilität-ACES ist das Wintersemester 2022/23 (Oktober 2022). Das Angebot des deutschsprachigen Bachelors richtet sich primär an Studieninteressierte, die sich für technologischen und ökologischen Fortschritt einsetzen und damit auch in Zukunft den Innovationsstandort Deutschland und Bayern sichern wollen. Der Studiengang ist zulassungsfrei, alle Abiturienten/-innen und weitere Studieninteressierte (z. B. Meister/Techniker) sind herzlich willkommen. Es werden grundlegende Kompetenzen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik, Angewandte Fahrzeugtechnik und weiterer Ingenieurwissenschaften (z. B. Werkstoffwissenschaften, Chemie- und Bioingenieurwesen oder AI) vermittelt.

Ebenfalls zum Wintersemester 2022/23 startet auch das Masterstudium Elektromobilität-ACES. Dieses kann sowohl in deutscher als auch vollständig in englischer Sprache studiert werden. Die Bewerbung zum Masterstudium ist für Absolventinnen und Absolventen technischer Bachelorstudiengänge noch bis zum 15.07.2022 möglich.

Das Masterangebot vertieft die im Bachelor erworbenen Grundlagen und ermöglicht nach einem erfolgreichen Abschluss eine Promotion an der Technischen Fakultät. Auf Grund der schon jetzt sehr großen Resonanz für das Bachelor- und Masterstudium Elektromobilität-ACES empfiehlt sich eine schnelle Bewerbung für den Bachelor und Master unter: <https://www.aces.studium.fau.de/> Gerne steht die Studienfachberatung auch für Fragen zur Verfügung unter studium@mb.uni-erlangen.de.

Dr.-Ing. Oliver Kreis

VDE AK Unternehmensmanagement München

Sustainability – how to surf the killer wave

Referent: Rüdiger Röhrig, Managing Partner der Sustainable Growth Associates GmbH (SGA), Planegg bei München

Nachhaltigkeit ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcen Nutzung, bei dem ein besonderes Augenmerk auf der Bewahrung der natürlichen Regenerationsfähigkeit der beteiligten Systeme gelegt werden soll. Mit dem gesteigerten Umweltbewusstsein begegnen wir dem Begriff in allen Bereichen des täglichen Lebens.

Klimawandel, Artensterben, Vielfalt, Gesundheit sind nur einige der Themen, die regelmäßig durch die Medien getrieben werden. Immer mehr Unternehmen engagieren sich für Nachhaltigkeit, wollen nachhaltig werden. Kaum ein Unter-

nehmen bringt neue Produkte auf den Markt, ohne diese in den Kontext der Nachhaltigkeit zu stellen. Auf die Frage, was Nachhaltigkeit bedeute, stolpern sie jedoch am schnellsten.

Ist Nachhaltigkeit also nur ein Schlagwort, das von vielen schon lange nur mit Augenrollen erfüllt wird? Wie können wir uns in Richtung Nachhaltigkeit bewegen, wenn wir nicht einmal eine gemeinsame Definition dessen haben, was es wirklich bedeutet? Wie würden wir ein nachhaltiges Unternehmen erkennen, wenn wir eines sehen würden? Wie können wir feststellen, wie weit wir von Nachhaltigkeit entfernt sind?

In seiner Key Note nimmt Rüdiger Röhrig Stellung zu all diesen Fragen und diskutiert gemeinsam mit Ihnen, welche konkreten Ansätze Sie in Ihrem Unternehmen verfolgen können, um dem Schlagwort Nachhaltigkeit auch Nachdruck in der Unternehmensstrategie zu verleihen.

**15. Juli 2022
18.00 – 19:30 Uhr
Online-Veranstaltung**

Melden Sie sich bitte über die VDE-Webseite online an

Herausgeber:
 Verein Deutscher Ingenieure (VDI),
 Bezirksverein München, Obb. u. Ndb. e.V. (BV München)
Anschrift der Redaktion:
 „Technik in Bayern“, Westendstr. 199 (TÜV)
 80686 München

Chefredakteur: Dipl.-Ing. Friedrich Münzel (verantw.)
Chefin vom Dienst: Silvia Stettmayer
 Tel. (0 89) 57 91 24 56, Fax (0 89) 57 91 21 61
 E-Mail: tib@bv-muenchen.vdi.de

Redaktion:
 Hermann Auer Ing. (grad.); Dr. Dina Barbian; Dipl.-Ing.
 Wolfgang Berger; Dipl.-Ing. Knut Bergmann; Dr. Frank
 Dittmann; Christina Kaufmann M.A.; Bernhard Kramer
 M.Sc.; Dipl.-Ing. Jochen Lösch; Dipl.-Ing. Harold Plesch;
 Verena Rupprich, M.Sc.; Dipl.-Ing. Walter Tengler

Verlag:
 MuP Verlag GmbH
 Nymphenburger Str. 20b, 80335 München
 Tel. (089) 1 39 28 42-0, Fax: (089) 1 39 28 42-28
 Geschäftsführer: Christoph Mattes

Anzeigenleitung: Christoph Mattes
 Tel. (089) 1 39 28 42-20, Fax: (089) 1 39 28 42-28
 E-Mail: christoph.mattes@mup-verlag.de

Anzeigenverkauf: Regine Urban-Falkowski
 Tel. (0 89) 1 39 28 42-31, Fax: (0 89) 1 39 28 42-28
 E-Mail: regine.urban@mup-verlag.de
 Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 25 von 01.01.2022

Vertriebsleitung: Philip Esser
 Tel. (0 89) 1 39 28 42-33, Fax: (0 89) 1 39 28 42-28
 E-Mail: philip.esser@mup-verlag.de

Layout und Grafik: Ratchaniwan Klautke

Internet-Service: SpaceNet AG

25. Jahrgang 2022
 Technik in Bayern erscheint zweimonatlich und ist das
 gemeinsame Mitglieder Magazin des VDI BV München,
 des VDI BV Bayern Nordost e. V. und des VDE Südbayern.
 Der Bezugspreis ist bei VDI- und VDE-Mitgliedern
 der Bezirksvereine in Bayern sowie dem IDV in der
 Mitgliedschaft enthalten.

Jahresabonnement 36,- Euro / 72,- SFr; Einzelheft 8,-
 Euro / 16,- SFr. Jahresabonnement für Studenten gegen
 Einsendung einer entsprechenden Bestätigung 27,-
 Euro/ 54,- SFr. Der Euro-Preis beinhaltet die Versandkosten
 für Deutschland und Österreich, der SFr-Preis
 die Versandkosten für die Schweiz. Bei Versand in das
 übrige Ausland werden die Porto-Mehrkosten berechnet.
 Die Abodauer beträgt ein Jahr. Das Abo verlängert sich
 um ein weiteres Jahr, wenn es nicht zwei Monate vor
 Ablauf schriftlich gekündigt wird.

Urheber- und Verlagsrecht

Die Redaktion behält sich vor, Manuskripte und Leser-
 briefe zu redigieren. Sie übernimmt keine Haftung für
 unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustration-
 en. Die systematische Ordnung der Zeitschrift und
 alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen
 sind urheberrechtlich geschützt.

Mit der Annahme eines Beitrags zur Veröffentlichung
 erwirbt der VDI vom Autor umfassende Nutzungsrechte
 in inhaltlich unbeschränkter und ausschließlicher Form,
 insbesondere Rechte zur weiteren Vervielfältigung mit
 Hilfe mechanischer, digitaler und anderer Verfahren.

Druck: Mayr/Miesbach GmbH
 Am Windfeld 15, 83714 Miesbach

Technik in Bayern ISSN1610-6563

Nächster Redaktionsschluss: 18.07.2022

Deutsches Museum Landwirtschaft und Ernährung



Das bewegliche Diorama wurde in den Werkstätten des Deutschen Museums gebaut

Foto: Deutsches Museum



Über dem Orinoco scheint der Mond
 Warum wir die Natur des Menschen
 neu begreifen müssen, um die Welt
 von morgen zu gestalten

Harald Lesch und
 Klaus Kamphausen
 Penguin, München 2022
 ISBN 978-3-3286-0175-3
 18,00 Euro

Warum nur zerstören wir Menschen sehenden Auges unsere Umwelt? Die beiden Autoren wollen in Erinnerung an Humboldt und seine Expedition an den Orinoco den Lesern einen Weg „zurück zur Natur“ und damit zu nachhaltigem Handeln weisen. Zunächst stellen sie die ziemlich platte Behauptung auf, Wachstumszwang, Gier und Egoismus habe uns der Neoliberalismus beschert. Na gut, aber wie sähe ein besseres Wirtschaftssystem aus? Da müssen wir die „Verbindung zu unserer inneren und äußeren Natur“ wiederherstellen und nicht aus einem Gefühl des Mangels, sondern der „Fülle“ handeln. Was „Natur“ genau ist, bleibt ungeklärt. Es ist halt „alles mit allem verbunden“. Erstaunlich ist die scharfe Kritik an den Wissenschaften, die mit ihrer „Durchrationalisierung“ und ihrem „verfluchten Erfolg“ das „Urvertrauen in die Welt“ zerstört hätten. Die Digitalisierung habe „die Poren unseres Bewusstseins verstopft“.

Und wie kommen wir nun auf den rechten Weg? Durch mehr Freiheit und Entspannung und mit Hilfe von Meditation lernen wir wieder, „Seele, Geist und Leib als Einheit“ zu empfinden. Und wir spüren dann, dass Mitleid der Ursprung unserer Moral ist. So kommen wir dann zu solidarischem und nachhaltigem Handeln...

Die Autoren entwickeln viele bedenkenswerte Gedanken. Aber es gibt fundiertere Analysen zum Thema nachhaltiges Leben. Beim Leser bleiben Zweifel, ob dieses Buch ein hilfreicher Wegweiser in die Zukunft sein kann.

Gerhard Grosch



Piers Bizony Piers Bizony

Projekt Lightspeed
 Der Weg zum BioNTech-Impfstoff –
 und zu einer Medizin von morgen

Joe Miller, Uğur Şahin und
 Özlem Türeci
 Rowohlt, München 2021
 ISBN: 978-3-498-00277-0
 22,00 Euro

Anfang 2020 veränderte sich unser Leben auf dramatische Weise, da ein wenig erforschtes Virus unsere globalisierte Gesellschaft angriff. Zu diesem Zeitpunkt wussten wir (glücklicherweise) noch nicht, dass gute zwei Jahre Lockdowns, Kontaktbeschränkungen und das Tragen von Masken unseren Alltag bestimmen würden. Dass all dies nun nicht mehr notwendig ist, liegt auch an den Mainzer Ärzten Uğur Şahin und Özlem Türeci, die der breiten Öffentlichkeit damals noch nicht bekannt waren. Gemeinsam mit ihrem Team benötigten sie nur elf Monate bis zur Zulassung des ersten Impfstoffs gegen das Coronavirus SARS-CoV-2. Dieser Prozess dauert normalerweise mehrere Jahre. Der rasche Durchbruch lag maßgeblich darin begründet, dass Şahin und Türeci vor der Coronapandemie schon mehrere Jahrzehnte an einem mRNA-basierten Impfstoff gegen Krebs forschten. Diese Technik wendeten sie auch erfolgreich beim Impfstoff gegen das Coronavirus an. In ihrem Buch „Projekt Lightspeed“ wird der aufwendige und riskante Weg, verbunden mit einem immensen Zeitdruck, dargestellt, der letztendlich zur erfolgreichen Entwicklung des ersten mRNA-basierten Impfstoffs überhaupt führte. Das Buch ist eine Botschaft der Hoffnung für jeden, ob Impfbefürworter oder Impfgegner. Es wird detailliert beschrieben, wie die neuartige mRNA Impfung funktioniert und wieso bei der Sicherheit höchste Standards eingehalten werden. Durch ihre Forschung wurden und werden Milliarden Menschen vor einem schwereren Krankheitsverlauf bewahrt. Ein klasse Buch!

Verena Rupprich

Mit einem komplett erneuerten Konzept und der moder-
 nen Gestaltung ist die neue
 Dauerausstellung „Landwirtschaft
 und Ernährung“ eine zeitgemäße
 Weiterentwicklung, wie sie künftig
 überall im Deutschen Museum zu
 sehen und zu erleben ist.

Der große Raum im dritten Obergeschoß ist jetzt in fünf abgegrenzte
 Themenbereiche unterteilt: von „Idyll
 und Wirklichkeit“ über Nutztiere,
 Landmaschinen und Pflanzenbau bis
 zu „Überfluss und Mangel“.

„Wir haben die technikgeprägte, historische Sammlung des Deutschen Museums mit sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten verknüpft“, sagt Sabine Gerber, die Kuratorin der Ausstellung. „Damit wollen wir zum Nachdenken über landwirtschaftliche Produktionsmethoden anregen, genauso wie über die eigenen Essgewohnheiten – vor allem in Bezug auf Gesundheit, Umweltschutz und die Ernährung einer

wachsenden Weltbevölkerung.“ Und weil in der Landwirtschaft und Ernährung der ganze Weg „vom Acker auf den Tisch“ betrachtet werden soll, wurden auch kontroverse Aspekte der Lebensmittelproduktion nicht ausgespart: „So muss jedem klar sein, dass für das Steak auf seinem Teller ein Tier gestorben ist. Deswegen zeigen wir auch einen Film, wo eine Kuh geschlachtet wird“, sagt Kuratorin Gerber. Allerdings läuft der nur auf Anforderung per Knopfdruck auf einem abgeschirmten Monitor. „Wir wollen die Leute ja nicht erschrecken und auch nicht missionieren“, so Gerber.

Informationen

Ausstellung ab Juli 2022
 Deutsches Museum
 Museumsinsel
 80339 München
 Täglich 09.00 - 17.00 Uhr
 www.deutsches-museum.de



Cartoon: Cornelia Jettke

VORSCHAU

Ausgabe 05/2022 erscheint am 31. August 2022 mit dem Schwerpunktthema

Resiliente Netze

Wenn etwas, woran man sich gewöhnt hat, nicht mehr funktioniert, so ist das zumindest ärgerlich. Ernster ist die Situation in unserer vernetzten Gesellschaft, wenn die kritische Infrastruktur in Bedrängnis gerät, sei es durch Systemfehler, Katastrophen oder Angriffe von außen. Was muss man tun, damit der Strom auch wirklich aus der Steckdose kommt und auch viele andere Dinge funktionieren? Unser nächstes Heft gibt Antworten

Anzeigenschluss: 05. August 2022

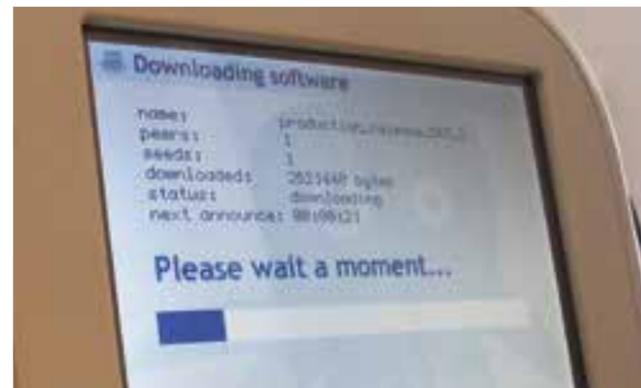


Foto: Andreas Pizsa

Schwerpunktthema der Ausgabe 06/2022
Textiltechnik

Anzeigenschluss: 07. Oktober 2022

Schwerpunktthema der Ausgabe 01/2023
Nachhaltiges Bauen

Anzeigenschluss: 05. Dezember 2022

WISSEN ERLEBEN



Sehen, wie sich
300.000 Volt entladen.

FÜHRUNGSKRÄFTEAUSBILDUNG FÜR INGENIEURE

BERUFSBEGLEITEND STUDIEREN



MBA General Management

- Weiterbildung in Management mit internationaler Ausrichtung
- Interdisziplinäres Studium Generale



Master Digital Business Engineering

- Für Ingenieure & Informatiker
- Weiterbildung in Engineering, Digitalisierung, IT & Management



Bachelor Technologiemanagement

- Für Techniker: Bis zu 4 Semester anrechenbar
- Weiterbildung in Technik, Wirtschaft und Management



Hochschulzertifikate

- Lean Management & Kaizen Practitioner
- Six Sigma Yellow Belt / Green Belt
- Descriptive Data Analytics

