

Wissenschafts- und
Wirtschaftsplattform



White Paper | 20.12.2024

WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM
für klimafreundliche Luftfahrtantriebe
und deren missionsgerechte Integration

eine Initiative des länderübergreifenden Luftfahrtstandortes OST¹



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt
German Aerospace Center



1. Ziel der WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM

Im Kontext des EUROPEAN GREEN DEAL und der FLIGHTPATH 2050 – EUROPE'S VISION FOR AVIATION steht die Luftfahrt vor disruptiven technologischen Umbrüchen. Bis 2050 muss die gesamte Luftfahrt klimaneutral umgestaltet werden.

Die neue WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM für klimafreundliche Luftfahrtantriebe und deren missionsgerechte Integration wird auf dem Gebiet der nachhaltigen Luftfahrt die bundesländerübergreifende Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie in den ostdeutschen Bundesländern mit Unterstützung der Berlin-Brandenburg Aerospace Allianz e.V. (BBAA) und des Kompetenzzentrums Luft- und Raumfahrttechnik Sachsen/Thüringen e.V. (LRT) synergetisch intensivieren. Primäres Ziel der offenen Plattform ist die strategische Erforschung und Entwicklung von – auf spezifische Flugmissionen zugeschnittenen – klimafreundlichen Luftfahrtantrieben sowie deren Systemintegration.

Fokus der neuen WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM ist die Erforschung, Entwicklung und Produktion wettbewerbsfähiger Luftfahrtantriebe im Hinblick auf stärkere Elektrifizierung und Hybridisierung unter Berücksichtigung alternativer nachhaltiger Kraftstoffe wie Wasserstoff oder Sustainable Aviation Fuels (SAF). In besonderem Fokus stehen dabei Antriebskomponenten wie etwa elektrische Maschinen in Leichtbauweise, Wärmetauscher und Kühlsysteme oder Energiespeichersysteme.

Hierzu sollen sich ergänzende und komplementär aufgestellte Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Rahmen internationaler, nationaler und regionale Förderprogramme (etwa Europäische Fonds für regionale Entwicklung, Industrielle Gemeinschaftsforschung, Luftfahrtforschungsprogramm, Programme der Deutschen Forschungsgemeinschaft oder Horizon Europe) insbesondere mit Beteiligung regionaler KMU initiiert werden. Die neue WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM versteht sich – nach dem Vorbild der in 2013 initiierten und heute mit über 120 Partnern etablierten national übergreifenden, offenen Plattform FOREL¹ – als langfristiger Strategie-Partner für Forschungseinrichtungen und KMU sowie auch große Unternehmen in der Luftfahrt. Aufbauend auf einer unikalen zukunftsweisenden Forschungsinfrastruktur wie etwa chesco, HepCo, SML und CARA² sowie einem starken interdisziplinären und komplementären Know-How gepaart mit einem fortwährenden Technologie- und Entwicklungsscreening fördert die Plattform den frühzeitigen fachlichen Austausch zu innovativen Themen von Akteuren der Industrie und Forschung sowie politischen Vertretern auf Landes-, Bundes und europäischer Ebene. Dabei bindet die Plattform gerade KMU zielgerichtet in die Formulierung von Forschungsthemen, die Anbahnung von Forschungsprojekten und die Zusammensetzung zugehöriger Forschungskonsortien ein. Zudem unterstützt sie als Impuls- und Ideengeber die KMU bei der Implementierung neuer Lösungsansätze aus der Wissenschaft in öffentlich geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekten auf nationaler und internationaler Ebene. Dieses strategische Vorgehen ermöglicht vor allem den lokal ansässigen KMU, sich auch über längere Zeiträume hinweg strategisch an Forschungsentwicklungen und Innovationsstrategien zu beteiligen. Weiterhin vermittelt die Plattform im Sinne eines synergetischen und effizienten Technologietransfers den projektübergreifenden Austausch sowie den Zugang zum Bundesverband der Deutschen

1 FOREL: Forschungs- und Technologiezentrum für Ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität

2 chesco: Center for Hybrid Electric Systems Cottbus, HepCo: Versuchsumgebung Hybrid Electric Propulsion Cottbus, SML: Smart Mobility Lab der TU Dresden, CARA: Großforschungsanlage Computer for Advanced Research in Aerospace

Luft- und Raumfahrtindustrie und den relevanten Landes- und Bundesministerien sowie zu den einschlägigen europäischen Partnerschaften wie Horizon Europe, Clean Aviation, Integrated Air Traffic Management, Clean Hydrogen und Industrial Battery Value Chain (siehe Bild 1).

Die Koordination der Plattform obliegt den Initiatoren TU Berlin, BTU Cottbus-Senftenberg und TU Dresden sowie den DLR-Instituten für „Elektrifizierte Luftfahrtantriebe“ (Cottbus) und für „Softwaremethoden zur Produkt-Virtualisierung“ (Dresden) in enger Kooperation mit der Berlin-Brandenburg Aerospace Allianz e.V. (BBA) und dem Kompetenzzentrum Luft- und Raumfahrttechnik Sachsen/Thüringen e.V. (LRT). Die Koordination soll über geförderte Projekte der Begleitforschung sowie Pilotprojekte flankiert werden.

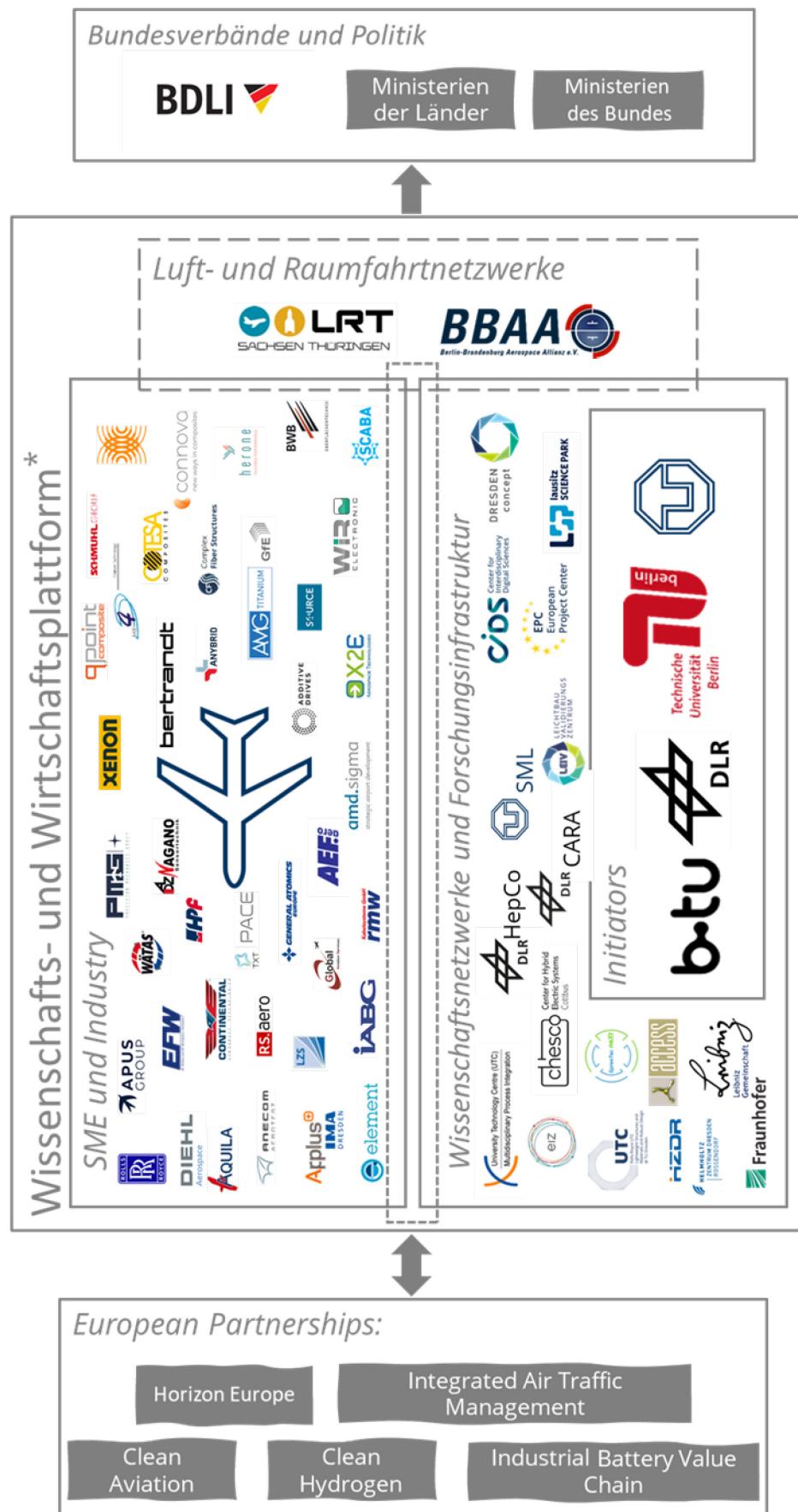


Bild 1: Struktur und Einordnung der WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM

2. Bestehende Kompetenzen und Synergiepotentiale

Die mit diesem White Paper angeregte Initiative zum Aufbau einer WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTS-PLATTFORM ordnet sich in die Pläne der Bundesregierung ein, technologische Schwerpunkte gerade in den ostdeutschen Ländern zu fördern und über die Stärkung von außeruniversitären Forschungs- und Bundeseinrichtungen die Strukturbedingungen und den Strukturwandel vor Ort zu verbessern.

Die Plattform wird maßgeblich zur Stärkung ansässiger Unternehmen beitragen und – in Abstimmung mit den lokalen Wirtschaftsförderungen – die Ansiedlung weiterer Luftfahrtunternehmen im ostdeutschen Raum fördern. Zudem wird sie die Kooperation der Unternehmen mit den etablierten bzw. im Aufbau befindlichen Forschungs- und Bildungseinrichtungen verbessern und als Keimzelle von Start-ups wirken.

Die komplementären Kompetenzen und experimentellen Infrastrukturen der Plattform bieten dabei – in Ergänzung zu den beiden etablierten deutschen Luftfahrtzentren im Norden und Süden mit Schwerpunkten in der zivilen und militärischen Luftfahrt – ideale Voraussetzungen für die technologieoffene Erforschung und Entwicklung zukünftiger Luftfahrtantriebe und deren missionsgerechter Integration in verschiedenen Flugzeugklassen. So soll in der Region eine Vorreiterrolle in der Erforschung, Entwicklung und Produktion bei der stärkeren Elektrifizierung und Hybridisierung unter Berücksichtigung alternativer nachhaltiger Kraftstoffe wie Wasserstoff oder Sustainable Aviation Fuels (SAF) in der Luftfahrt eingenommen werden.

Für alternative Antriebssysteme bieten neue Materialien, Leichtbauweisen, Elektrifizierung, Hybridisierung und neue Energieträger große Potentiale, müssen aber in ihren Auswirkungen auf Systemgestaltung und -verhalten, Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie neue Zulassungsanforderungen bewertet werden. Hierzu dienen auch Experimentalplattformen verschiedenster Skalen. Damit können Teiltechnologien bis hin zu Gesamtsystemen hinsichtlich ihrer Flugtauglichkeit entwickelt und überprüft werden. Neben bereits vorhandenen unikalen Prüfeinrichtungen, Prüffeldern und einem Experimentalflugzeug der allgemeinen Luftfahrt wird eine fliegende, modulare Forschungsplattform aufgebaut, die die Möglichkeiten bietet, unterschiedliche Antriebs-, Speicher- sowie Steuerungs- und Regelungstechnologien zur Durchführung relevanter Funktionsnachweise in ein System zu integrieren und unter realen Missionsbedingungen zu untersuchen.

Die wissenschaftlichen Akteure der WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM – TU Berlin, BTU Cottbus-Senftenberg und TU Dresden sowie die DLR-Institute für „Elektrifizierte Luftfahrtantriebe“ (Cottbus) und für „Softwaremethoden zur Produkt-Virtualisierung“ (Dresden) kooperieren unter anderem als langjährige Partner des international und national etablierten Rolls-Royce-Forschungsnetzwerks zum Teil seit mehr als 20 Jahren. Im Rahmen dieser strategischen Forschungskooperation haben sie komplementäre, standortspezifische Expertisen im Bereich klimafreundlicher Luftfahrtantriebe und deren Systemintegration aufgebaut, die sich ideal ergänzen.

2.1. TU Berlin und Luftfahrtregion Berlin

Die TU Berlin steht für eine gesamtheitliche Betrachtungsweise des Luft- und Raumfahrtsystems. Das Institut für Luft- und Raumfahrt der Fakultät Verkehrs- und Maschinensysteme besteht daher aus sechs Lehrstühlen, die alle zentralen Facetten der Luft- und Raumfahrt abdecken können. Durch strategische Kooperationen mit Großforschungseinrichtungen wird die Breite des Systems in Forschung und Lehre erweitert. Über zahlreiche innovative Forschungsprojekte mit direktem Industriebezug und mit Industriebeteiligung ist die Universität sehr stark regional und überregional mit KMUs und Industrie verknüpft. Sie wird diesen Ansatz nutzen, um Erkenntnisse auch zum Nutzen anderer Verkehrsträger einzusetzen.

Auf der Basis forschungsstarker Fachdisziplinen wie der Aerodynamik, der Antriebstechnik, dem Luftfahrzeugbau sowie der Raumfahrttechnik konzentriert sich die Luft- und Raumfahrtforschung an der TU Berlin zukünftig auf die Betrachtung von Nachhaltigkeit, Robustheit und Transdisziplinarität des Luftverkehrs in einem intermodalen Umfeld. Durch eine lebenszyklusbasierte Betrachtung soll der gesamte Luftverkehrssektor sowohl auf Komponenten- wie auch auf Systemniveau effektiver und effizienter werden. Gemäß dem Motto der Fakultät „Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme“ beziehen die transdisziplinären Ansätze der TU Berlin alle Stakeholder inkl. der Nutzer in die Gesamtsystemauslegung ein. Diese Schwerpunkte und Zielsetzungen drücken sich u.a. in der Entwicklung ökoeffizienter Luftfahrzeuge auf Gesamtsystemebene mit elastischen Konfigurationen sowie verteilten Antriebskonzepten aus. Hierzu und zur Auslegung und Produktion von effizienten Gasturbinen wird kontinuierlich gemeinsam u.a. mit den im Berliner Raum vertretenen Firmen Siemens Energy, Rolls-Royce Deutschland und MTU Aeroengines und einer Vielzahl von KMU interdisziplinär geforscht. Das Thema der ‚Urban Air Mobility‘ spielt gerade in dicht besiedelten Gebieten eine zentrale Rolle. Die Bildung sogenannter Schwärme bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte für eine höhere Elektrifizierung und satellitengestützte Steuerung, z.B. von Drohnen, zur Unterstützung der regionalen Logistik sowie zur satellitengestützten Datenbereitstellung von Wetter-, Navigations- und Geodaten in Echtzeit. Die im Berliner Raum ansässigen Forschungsinstitute und Firmen bieten ein Ökosystem mit zahlreichen Anknüpfungsperspektiven. Die Potentiale verschiedener Stufen der Hybridisierung mit elektrischen Komponenten und alternativen Energieträgern und -wandlern wie z.B. Brennstoffzellen müssen je nach Anwendung unterschiedlich beurteilt und ihre optimale Integration in Luftfahrzeuge dementsprechend angepasst werden. Ebenso stehen die Verkürzung und Virtualisierung der Zulassungsprozesse sowie neue Zulassungsaspekte generativ gefertigter Komponenten oder elektrifizierter Antriebssysteme bei Nutzung von Wasserstoff als zukünftige Problemstellungen an.

2.2. BTU Cottbus-Senftenberg und Luftfahrtregion Brandenburg

Die BTU Cottbus-Senftenberg forscht und lehrt in der Fakultät für Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme seit über 20 Jahren an Themen der Luftfahrtantriebe, an Mikrogasturbinen, Verbrennungsvorgängen und vielem mehr. Die Tätigkeiten finden primär im Institut für Verkehrstechnik statt, dem acht Lehrstühle angehören. Insbesondere in den letzten Jahren wurde zunehmend auch fachübergreifende Forschung mit Instituten und Lehrstühlen der Informatik, der Elektrotechnik und der Produktionstechnik vorangetrieben. In diesem Rahmen werden vom Institut für Energiesysteme erste Projekte im Bereich der Analyse, Simulation und FMEA der (hybrid-) elektrischen Flugantriebssysteme erfolgreich durchgeführt. Die Kompetenzen der BTU werden durch Kooperationen und

gemeinsame Professuren mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen, wie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., ergänzt. Die BTU arbeitet an hoch innovativen Forschungsthemen mit einer zum Teil starken Fokussierung auf eine schnelle industrielle Umsetzung, daher bestehen zahlreiche Kooperationen mit KMU und Industriefirmen. Hervorzuheben ist hierbei besonders die seit 2003 bestehende Kooperation mit der Firma Rolls-Royce Deutschland. Aufgrund ihrer hervorragenden Expertise nahm Rolls-Royce die BTU im Jahr 2005 als erste deutsche Universität als University Technology Center (UTC) for Multidisciplinary Process Integration in sein internationales Forschungsnetzwerk auf, was zu einer verstärkten nationalen und internationalen Zusammenarbeit mit den anderen Netzwerkuniversitäten geführt hat.

Das Ziel der europäischen Union, den Luftfahrtbetrieb bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu gestalten, spiegelt sich auch in der zukünftigen Forschungsstrategie der BTU wider. Klimaneutralität wird nur durch eine enge interdisziplinäre Forschung insbesondere auch zwischen den Disziplinen des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der Informatik erreicht werden. Die BTU ist durch die bisherigen und die laufenden Forschungsvorhaben auf EU- sowie auf nationaler und auf lokaler Ebene hierauf sehr gut vorbereitet. Durch den Aufbau des Forschungszentrums chesco werden die Voraussetzungen für schnelle Innovationszyklen bei der Erforschung und Entwicklung hybrid-elektrischer Antriebssysteme geschaffen, die die Zielerreichung der Klimaneutralität maßgeblich unterstützen werden. chesco wird sich auf die Erforschung von ganzen Antriebssystemen und deren Komponenten fokussieren und dabei Teil des BTU Lausitz Science Parks werden. Zur ganzheitlichen, funktionsübergreifenden Forschung wurde die CHESCO GmbH zur betrieblichen Durchführung von Vorhaben gegründet. Hierdurch wird eine enge Anbindung an die weiteren BTU-Zentren für künstliche Intelligenz (Lausitz Zentrum für künstliche Intelligenz, LZKI), für Sensorik (iCampus) und die Energietechnik (Energie-Innovationszentrum, EIZ), SpreeTec NeXt (Kunststoffe) sowie das PtX-Lab des Bundesumweltministeriums ermöglicht. Durch die Einbindung lokaler Firmen im Rahmen der Strukturstärkung und des Transfers wird darüber hinaus die Erweiterung deren Produktpportfolios und die Ansiedlung neuer Firmen unterstützt.

Um dem immer stärker werdenden Mangel an Fachkräften zu begegnen und dem wissenschaftlichen Nachwuchs die wesentlichen Kenntnisse und Fähigkeiten für die hybrid-elektrische Antriebstechnik in der Luftfahrt zu vermitteln, startete die BTU im Wintersemester 2024/25 den internationalen Masterstudiengang „Hybrid Electric Propulsion Technology“. Er vermittelt ein umfassendes Verständnis dieses interdisziplinären Themenbereichs, verbindet Elemente des Maschinenbaus sowie der Elektro- und Regelungstechnik mit den Schwerpunkten Systemdesign, Analyse und effektive Problemlösung.

2.3. TU Dresden und Luftfahrtregion Sachsen

Aufbauend auf der Mitte des 20. Jahrhunderts vor allem in Dresden wiedergegründeten Flugzeugindustrie hat sich in Sachsen ein leistungsfähiger Industriezweig entwickelt, der auch aufgrund des großen Potenzials an qualifizierten Ingenieuren und einer exzellenten Forschungslandschaft weltweit anerkannt ist. Die sächsische Luftfahrtindustrie ist mit 160 Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die fast 7.000 Menschen beschäftigen und einen Jahresumsatz von rund 1,4 Milliarden Euro erwirtschaften, einer der Innovationstreiber in den Bereichen Aus- und Umrüstung von Flugzeugen, Komponentenherstellung für Luftfahrtantriebe, Flugzeuge und Raumfahrtobjekte sowie Erprobung von Luft- und Raumfahrtstrukturen. Die Kompetenzen der sächsischen Luftfahrtakteure

und weiterer 60 Akteure aus Thüringen sind in dem 2001 gegründeten Netzwerk Kompetenzzentrum Luft- und Raumfahrttechnologie Sachsen/Thüringen e. V. (LRT) gebündelt.

Die TU Dresden verfügt über ein in Deutschland einmaliges Portfolio an Instituten und Professuren mit Bezug zur Luftfahrt.

Zum einen sind es Institute der Fakultät Maschinenwesen, die explizit Forschung und Entwicklung auf den Gebieten Flugzeugstruktur und -technik sowie Antriebstechnik betreiben. Zum anderen nimmt das Forschungsfeld Leichtbau in Verbindung mit Materialforschung und Textiltechnik mit einer 70jährigen Tradition einen hohen Stellenwert ein. In diesem Zusammenhang ist das an der TU Dresden angesiedelte und im Jahr 2006 eingerichtete Rolls-Royce University Technology Center (UTC) Dresden „Lightweight Structures and Materials and Robust Design“ hervorzuheben. Das Dresdner UTC ist Teil eines weltweiten Netzwerks von 29 Rolls-Royce UTCs, mit denen die TU Dresden-Forscher in engem Austausch stehen. Mit Blick auf die stärkere Elektrifizierung von Luftfahrzeugen findet derzeit der Ausbau bestehender Kooperationen der Fakultät Maschinenwesen im Luftfahrtbereich mit Partnern der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik statt. Darüber hinaus ist der Standort Dresden für seine hohe Kompetenz auf dem Gebiet der digital gestützten Konstruktion, Dimensionierung und Prüfung von Flugzeugkomponenten sowie der Systemintegration anerkannt und kann zudem auf umfangreiche Vorarbeiten im Bereich der Wasserstofftechnologie von der Erzeugung über die mobile Speicherung bis hin zur Nutzung für umweltfreundliche Antriebstechnologien für Luftfahrzeuge verweisen. Hieraus resultieren zum einen vielfältige Beteiligungen sächsischer Partner als Zulieferer und Partner im Rahmen nationaler und internationaler Kooperationen im Bereich etablierter und neuer Antriebstechniken und zum anderen die stete Gründung von Start-ups. Das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik an der Fakultät Maschinenwesen ist Initiator und Sprecher der national übergreifenden, offenen Plattform FOREL „Forschungs- und Technologiezentrum für Ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität“. FOREL ist eine etablierte – primär auf die Automobilbranche abzielende – Plattform namhafter deutscher Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen mit über 120 Akteuren. Sie ermöglicht vorwettbewerblichen, projektbezogenen Austausch aller beteiligten Partner und systemische Koordination von inzwischen über 50 nationalen und internationalen Forschungsprojekten.

Darüber hinaus wird in der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, die das größte akademische Kompetenzzentrum auf dem Gebiet der Verkehrswissenschaften in Deutschland darstellt, im Luftfahrtbereich Forschung zum gesamten Verkehrssystem mit Schwerpunkt Routenoptimierung und -management sowie Mobilitätssystemplanung betrieben. Die Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ ist zudem Initiator des Smart Mobility Labs (SML), einem Forschungscampus für die Entwicklung von Technologien zur automatisierten und kooperativen Mobilität in der Luft und auf der Straße.

Die TU Dresden bildet gemeinsam mit einer großen Anzahl außeruniversitärer Forschungs- und Kultureinrichtungen im DRESDEN-concept einen einmaligen Science- und Technologiecampus mit Fokus auf Forschung, Bildung und Transfer.

2.4 Ausrichtung und Strategie des DLR in der Luftfahrtantriebstechnik in Ostdeutschland

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Digitalisierung und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

Das DLR beteiligt sich an dem länderübergreifenden Luftfahrtcluster in Ostdeutschland mit seinen Forschungsinstitutionen in Cottbus (EL - Institut für Elektrifizierte Luftfahrtantriebe), Berlin (AT - Institut für Antriebstechnik, Außenstelle Triebwerksakustik) und Dresden (SP - Institut für Softwaremethoden zur Produkt-Virtualisierung) an der Entwicklung zukünftiger, klimaschonender Luftfahrzeugantriebe.

Das DLR widmet sich der Forschung an neuartigen, emissionsärmeren Flugzeugtriebwerken für die zivile Luftfahrt und zielt damit auf den klimafreundlichen und leisen Flugverkehr der Zukunft. Es verfolgt bei den alternativen Luftfahrtantrieben einen ganzheitlichen Systemansatz mit Forschung in den Bereichen

- Einzelkomponenten für elektrifizierte Luftfahrtantriebe
- Gesamtarchitektur von Antriebssystemen
- Luftfahrtanforderungen und Umweltwirkungen
- Systemregelung hybrider und elektrifizierter Antriebstopologien

und schließt so Lücken im Portfolio der deutschen Luftfahrtantriebsforschung.

Das Institut EL in Cottbus trägt in der Lausitz wesentlich zum Strukturwandel hin zum Hochtechnologiestandort für zukünftige Luftfahrttechnik bei, ist in ein breites Kompetenz- und Forschungsnetzwerk innerhalb und außerhalb des DLR eingebunden und erschließt so ingenieurwissenschaftliche Kompetenz aus anderen Fachdisziplinen für die Lausitz-Region. Dort kooperiert es abgestimmt mit dem chesco der BTU Cottbus-Senftenberg, um Industrie und Forschung eine ganzheitliche Testumgebung für die Entwicklung hybrid-elektrischer oder komplett elektrischer Luftfahrtantriebe zur Verfügung zu stellen. So wird die Industrie durch gemeinsame Forschungsvorhaben auf nationaler und internationaler Ebene unterstützt. Überdies findet eine enge Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus-Senftenberg statt, um qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs für die Luftfahrtthemen auszubilden.

In Berlin konzentriert sich das Institut AT mit seiner Forschung auf das Verständnis der Schallentstehung verschiedener Typen von Luftfahrtantrieben, der Wirkung dieser Quellen auf Betroffene im Fernfeld und der Erarbeitung von Konzepten zur Lärmreduktion an bestehenden und zukünftigen Antriebskonzepten.

In Dresden befasst sich das Institut SP mit der Erforschung und Entwicklung von informatisch/technischen und software-methodischen Grundlagen zur Beschreibung und Realisierung des Virtuellen Produkts in der Luftfahrt auf Basis höherwertiger, multidisziplinärer Simulationsverfahren. Ziel ist es, in enger Zusammenarbeit mit den Fachkollegen der Luftfahrtinstitute die Forschungskompetenz im Bereich der Softwareentwicklung zur Produkt-Virtualisierung zu bündeln.

2.5. Abgrenzung der Plattform zu internationalen und nationalen Aktivitäten

Im Bereich des hybrid-elektrischen Fliegens werden einige aktuelle Initiativen und Projekte vorangetrieben, die weltweit, aber insbesondere auch in Europa stattfinden. Als Beispiele sei hier die Zusammenarbeit zwischen dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der MTU Aero Engines genannt, um Flugantriebe mit Brennstoffzellen im Rahmen eines Demonstrators zu erforschen³. Ein Flugzeug für den Regionalverkehr mit einem Brennstoffzellenantrieb auf Wasserstoffbasis untersucht ein Projekt zwischen den Firmen H2FLY und der Deutschen Aircraft⁴. Die Firma Airbus stellte bereits Ende 2020 die Initiative ZEROe⁵ vor, in der verschiedene hybride Konfigurationen auf der Basis von Wasserstoff untersucht und bis 2035 in den Service gebracht werden sollen. Im Rahmen des EU Clean Aviation Joint Undertaking (JU)⁶ werden seit 2023 Schlüsseltechnologien für einen klimaneutralen Luftverkehr untersucht. Auch in den USA gibt es verschiedene Projekte und Initiativen, wie die jüngst gestartete Partnerschaft von General Electric und der NASA zur Entwicklung hybrid-elektrischer Antriebe⁷ oder die Firma Honeywell⁸, die elektrische und hybrid-elektrische Antriebssysteme aktuell entwickelt. Gleichzeitig erfolgt die Entwicklung von Antrieben, die für den Einsatz von vollsynthetischen SAF, sogenannte "Near Drop-in"-Treibstoffe geeignet sind⁹. Near Drop-in"-Treibstoffe bieten gegenüber Drop-In-Kraftstoffen, die den aktuell eingesetzten Flugkraftstoffen ähnlich sind, Vorteile sowohl im Hinblick auf ihre effiziente Herstellung als auch bei der Optimierung der Brennertechnologie im Triebwerk zur Reduzierung der Ruß- und Partikelemissionen um bis zu 90 Prozent und der NO_x-Emissionen um fast 100 Prozent¹⁰. Die Auflistung verdeutlicht die Bedeutung der Thematik. Es eröffnen sich aber durch die Verknüpfung von Kompetenzen zahlreiche Chancen, die mit der Gründung dieses Clusters adressiert werden sollen.

3 https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2020/03/20200805_dlr-and-mtu-aero-engines-study-fuel-cell-propulsion-system-for-aviation.html

4 <https://de.deutscheaircraft.com/news/deutsche-aircraft-and-h2fly-join-forces-to-explore-hydrogen-powered-flight>

5 <https://www.airbus.com/en/innovation/zero-emission>

6 <https://www.clean-aviation.eu/>

7 <https://www.geaviation.com/press-release/other-news-information/ge-aviation-selected-nasa-hybrid-electric-technology>

8 <https://aerospace.honeywell.com/us/en/learn/products/electric-power/hybrid-electric-electric-propulsion>

9 Stadlbauer, Martin: Revolutionäre Antriebskonzepte. Luft- & Raumfahrt, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal-Oberath e. V., 2, 2023

10 <https://www.flugrevue.de/zivil/burn-baby-burn-was-sind-die-treibstoffe-der-zukunft/>

3. Aufgaben der WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM

Zum Erreichen der Ziele der WISSENSCHAFTS- UND WIRTSCHAFTSPLATTFORM sind folgende Aufgaben zu bearbeiten:

1. Unterstützung der Entwicklung zukünftiger und nachhaltiger Luftfahrtantriebe (auf Basis der Nutzung von Wasserstoff, nachhaltigen Kraftstoffen sowie der Elektrifizierung) und deren Integration in verschiedene Flugzeugklassen durch innovative, produktorientierte Forschungsaktivitäten und eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft KMU und Industrie.
2. Systemübergreifende Forschung und begleitende Analysen zu alternativen, klimafreundlichen Luftfahrtantrieben mit dem Schwerpunkt auf eine stärkere Elektrifizierung und technologieübergreifende Benchmarks. Einbeziehung der Kompetenzen der beteiligten Institutionen zu Systemtechnologien (wie Elektromotoren, Leistungselektronik, Gasturbinen und Brennstoffzellen), Leichtbau, Digitalisierung, Fertigung und Produktion sowie die Automatisierung in den entsprechenden Bereichen.
3. Einsatz und Erweiterung bestehender und neu aufgebauter Infrastruktur zur teilweisen und ganzheitlichen Erprobung der zukünftigen Luftfahrzeuge am Boden (auch unter Höhenbedingungen) und in der Luft mit den Testzentren wie DLR EL Cottbus, das Smart Mobility Lab in Hoyerswerda – SML, das Center for Hybrid Electric Systems Cottbus - chesco - und regionalen Flugplätzen wie Schönhagen und Kamenz zur Unterstützung und Begleitung der relevanten Zertifizierungsprozesse.
4. Gemeinsame Umsetzung von Reallaboren zur Erstellung und Erprobung von Bau- und Zulassungsvorschriften sowie Definition entsprechender Anforderungen in enger Abstimmung mit den Behörden LBA und EASA.
5. Die Nutzung des Potentials von High Performance Computing am Standort Dresden zur Verknüpfung realer und digitaler Entwicklungsprozesse, wie z.B. der digitale Zwilling, zur frühzeitigen Optimierung.
6. Technologietransfer in die bereits ansässigen KMU und Industrie zur Steigerung der Attraktivität für die Ansiedlung und Ausgründungen neuer Unternehmen.
7. Aus- und Weiterbildung von Nachwuchskräften für die Aufgaben und Herausforderungen zukünftiger, stärker elektrifizierter Luftfahrtsysteme zur Festigung der Wirtschaft und Schaffung von neuen Arbeitsplätzen in Ostdeutschland.

Bild 2 beschreibt die Zielstellung zugrundeliegende Prognose zur Entwicklung emissionsarmer Luftfahrtantriebe.

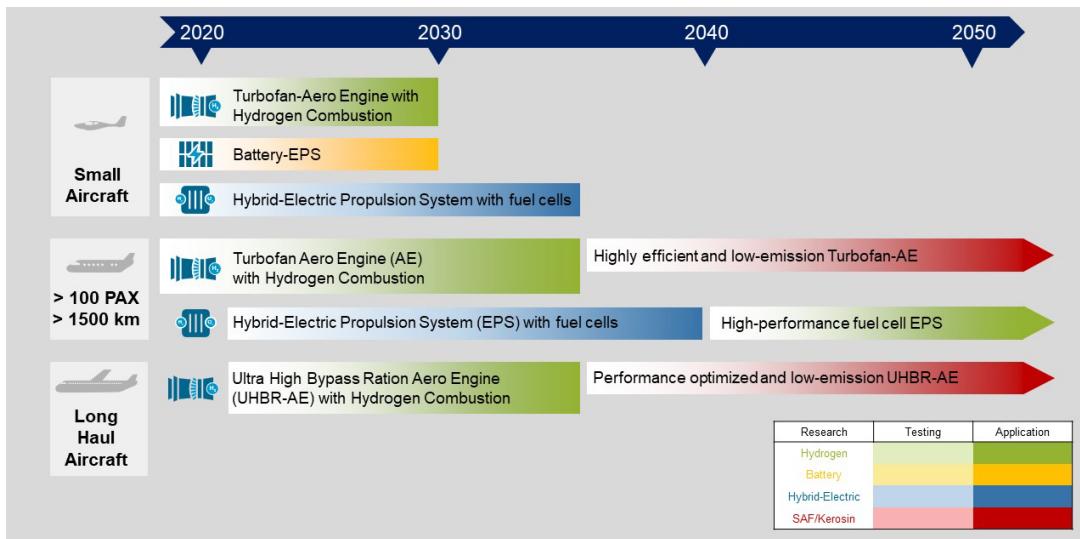


Bild 2: Prognose zur Entwicklung emissionsarmer Luftfahrtantriebe [Quelle: DLR]

4. Transferpotentiale aus der Region

Die Region Berlin-Brandenburg-Sachsen bietet wie kaum eine andere Region in Deutschland ein besonders breites und komplementäres Spektrum an Verwertungsoptionen. Berlin nimmt in Deutschland eine führende Rolle im Bereich der Existenzgründungen vor allem auf dem Gebiet der IT-Technologien und der Digitalisierung ein, wohingegen Sachsen als Land der Ingenieure besonders im Hinblick auf die Gründung und Ansiedlung von produzierenden Hochtechnologie-Unternehmen und Ingenieurdienstleistern europaweit Maßstäbe setzt. Brandenburg hat sich gerade in den letzten Jahren als besonders attraktiver Standort für Ansiedlungen auf dem Gebiet der nachhaltigen Mobilität etabliert.

Einen hohen Stellenwert bei der Umsetzung und Verwertung innovativer Ideen nehmen in der Region die universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen ein. Zum einen haben sich in vielen Fällen langjährige Kooperationen der Forschungsakteure mit den in der Luftfahrt etablierten Unternehmen entwickelt, die die Verwertung nachhaltiger Technologien und neuer Produkte garantieren. Zum anderen wurden aus der Forschungslandschaft heraus eine Vielzahl von Spin-Offs initiiert, die aus ihrer engen Vernetzung mit Forschungseinrichtungen eine hohe Innovationsrate generieren und auch für Luftfahrtunternehmen außerhalb der Region attraktive Partner sind.

Weiterhin bestehen langjährig etablierte Kontakte der Forschungslandschaft zu Industrieunternehmen anderer Branchen, die ein hohes Potential für die Erweiterung der jeweiligen Geschäftsfelder in Richtung Luftfahrt bieten. Dabei übernehmen regelmäßig die Forschungseinrichtungen die Funktion der Enabler, indem sie vor allem die kleinen und mittleren Unternehmen mit neuen Themenfeldern der Luftfahrtindustrie im Bereich der klimafreundlichen Antriebe verknüpfen. Erkenntnisse aus der Luftfahrtforschung können im Gegenzug auch in die bodengebundene Mobilität und Transport eingeführt werden.

Im Gegensatz zu anderen Standorten in Deutschland profitieren die Akteure in Berlin, Brandenburg, und Sachsen von ihrer Nähe zu Polen und der Tschechischen Republik und können einerseits auf ein zusätzliches Potential an Fachkräften zurückgreifen, was gerade für die Ansiedlung von größeren Unternehmen einen entscheidenden Standortvorteil darstellt. Andererseits bestehen neben Kontak-

ten zu westeuropäischen Akteuren bereits jahrzehntelange Kooperationen mit – auf dem Gebiet der Luftfahrt tätigen – Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Polen und der Tschechischen Republik.

Durch die Bündelung der landesspezifischen komplementären Kompetenzen der Akteure in der hier vorgeschlagenen Initiative sollen derzeitige Hemmnisse in der landesgrenzenüberschreitenden Kooperation in Forschungsverbünden und Transferaktivitäten abgebaut werden. Insbesondere sollen damit gemeinsame Beiträge zum nachhaltigen Strukturwandel in der ostdeutschen Kohleregion initiiert und langfristig etabliert werden, um damit die Grundlage für einen Inkubator eines mitteleuropäischen Wirtschaftsraums zu schaffen.

Nachfolgend aufgeführte, regionale und überregionale Unternehmen und Verbände fungieren aufgrund bereits bestehender Luftfahrtkooperationen als wirtschaftliche Inkubatorgruppe: Additive Drives, ADZ Nagano, Apus, Anecom, Anybrid, Aumo, BBAA, Bertrandt, Boysen Group Compact Dynamics, Connova, Cotesa, Deutsche Aircraft, Diehl Aerospace, Engineering System International, East4D, Elbe Flugzeugwerke, ElringKlinger, EKPO Fuel Cell Technologies, ERFURT Bildungszentrum Unternehmensverbund, GKN, H3 Grob Aircraft, Herone, Hightex, HPF Werkzeugbau, Hutchinson Aerospace, IMA Materialforschung und Anwendungstechnik, IABG, Jena-Optronik, Lange Aviation, Liebherr Aerospace, LRT, LZS, MT Aerospace, MTU Aero Engines, N3 Engine Overhaul Services, PACE, Premium AEROTEC, Qpoint, Rolls-Royce Deutschland, rmw Kabelsysteme, SCABA, Schaeffler, Schmuhl Faserverbundtechnik, thoenes, TREAMS, WätaS, Xenon.

5. Lehre, Aus- und Weiterbildung

Die Entwicklung von Luftfahrzeugen verlangt aufgrund der zahlreichen Abhängigkeiten technischer, ökonomischer und rechtlicher Anforderungen eine sehr vielseitige Ausbildung der Ingenieurinnen und Ingenieure. Um der Komplexität der Themenstellung Rechnung zu tragen, wurden an den technischen Universitäten Curricula aufgebaut, in denen die Studierenden die Zusammenhänge auf Basis breit aufgestellter Fächerkataloge erlernen können. Durch umfangreiche Wahlpflichtangebote können dabei individuelle Schwerpunkte, wie z.B. in der Antriebstechnik oder im Leicht- und Luftfahrzeugbau, gesetzt werden.

Die positiven Erfahrungen der Hybridisierung und Elektrifizierung bodengebundener Mobilitätsysteme wirken sich inzwischen auch auf die Entwicklungsziele im Luftfahrtbereich aus. Den Möglichkeiten, die Effizienz des Gesamtsystems durch Maßnahmen wie die Einbindung von elektrischen Komponenten oder die Nutzung von Wasserstoff zu steigern, stehen allerdings neuartige Anforderungen hinsichtlich der Fähigkeiten und Kenntnisse der Entwicklerinnen und Entwickler gegenüber. Es besteht daher die Notwendigkeit, Studium und Lehre zu adaptieren, um die Potentiale neuer Technologien zur effizienten Energiewandlung und die daraus entstehenden Herausforderungen für die sichere Integration in das Gesamtfahrzeug erkennbar zu machen.

Aufgrund dieser komplexen inhaltlichen Anforderungen besteht die zwingende Notwendigkeit, die interdisziplinäre Kommunikationsfähigkeit und Flexibilität der Studierenden zu steigern. Hier bietet sich die Nutzung der verteilten, komplementären Kompetenzen an den verschiedenen Hochschulstandorten an. So kann sowohl die gesamtheitliche Ausbildung als auch die nationale Vernetzung von Lehrenden und Studierenden unterstützt werden. Die Verfügbarkeit eines breit aufgestellten Lehrkörpers wird es darüber hinaus ermöglichen, Fortbildungsangebote für Mitarbeiterinnen und

Mitarbeiter in den betroffenen Industriesektoren zu erstellen. Ziel ist die Befähigung zur eigenständigen Beurteilung der Auswirkungen neuer Technologien auf die tägliche Arbeit.

Um die neuartigen Anforderungen hinsichtlich des Studieninhalts zu adressieren, werden die beteiligten Einrichtungen gemeinsam die ggf. notwendigen Veränderungen und Erweiterungen im Lehrportfolio analysieren und die Studienpläne aufeinander abstimmen. Die Abdeckung von Lehrinhalten, die zwar erforderlich sind, aber lokal nicht angeboten werden, wird durch die Nutzung von Lehrveranstaltungen an den Partner-Standorten (z.B. Integration von Wahlpflichtmodulen für relevante Studienrichtungen) erreicht. Kurzfristig wird der standortübergreifende Austausch über den Aufbau von Ringvorlesungen und die Durchführung von Exkursionen gefördert. Relevante Industrieunternehmen werden dabei gezielt eingebunden, um den Praxisbezug kontinuierlich herzustellen und zukünftige Entwicklungsperspektiven zu vermitteln.

Mittelfristig werden multilaterale Studiengänge aufgebaut und in das offizielle Studienangebot integriert. Studierende werden dabei, ausgehend von ihrem Heimatstandort, Lehreinheiten an den Partner-Standorten absolvieren. Neben der Gelegenheit, einen breiteren Fächerkatalog zu belegen, lernen die Studierenden so auch alternative Lehr- und Lernformen an anderen Orten kennen. Erfolgreiche Praxisbeispiele auf internationalem Niveau wie etwa Sommerschulen mit der Politechnika Warszawska und Politechnika Śląska zeigen das hohe Potential auf, das gerade durch die regionale Konzentration auf die ostdeutschen Länder noch gesteigert werden kann. Die Innovationen, die in den geplanten, gemeinsamen Forschungsaktivitäten bearbeitet werden, sollen über problembasierte Projektformate in die Lehre eingebunden werden. Diese werden von den beteiligten Lehrenden gemeinsam betreut und ebenso standortübergreifend geplant.

Der Umbau der Luftfahrt stellt neben den Erstausrüstern (Original Equipment Manufacturer (OEM) auch die Zulieferer- und Wartungsunternehmen vor neue Herausforderungen. Um die dort Beschäftigten mit den resultierenden Bedarfen vertraut zu machen, wird ein qualifizierendes Weiterbildungsangebot entwickelt. Dieses wird sowohl technische Inhalte abdecken wie z.B. den Betrieb hybrider Antriebssysteme oder Eigenschaften neuer Materialien als auch Zulassungsaspekte, die über die Anforderungen für konventionelle Luftfahrzeuge hinausgehen.

6. Herausforderungen für die Zertifizierung alternativer Antriebssysteme

Für neuartige hybrid-elektrische oder auch rein elektrische Antriebssysteme in der Luftfahrt wird es wegen der zu erwartenden, deutlich erhöhten Integration des Antriebs in die Flugzeugzelle zu einer Verschmelzung von Zertifizierungsanforderungen (wie z.B. der CS-23, CS-25) an Flugzeuge mit den Regularien der Antriebszulassung (CS-E) kommen, was neue und besondere Herausforderungen an die Nachweisführung zur Zertifizierung stellt. Zur missionsgerechten Integration dieser klimafreundlichen Antriebssysteme sind zudem bestehende und sich weiter entwickelnde (CS-ADR-DSN, PANS-ATM) sowie neue (PTS-VPT-DSN, AMC & GM to U-Space) Zulassungsanforderungen an Boden- und Luftrauminfrastruktur einzubeziehen.

Als Ausgangsbasis sind Standardlastfälle zu definieren, auf die hin Konzept und Design der Systeme, Subsysteme sowie Komponenten innerhalb des Antriebsstrangs auszulegen sind. Damit ist es möglich, die Regularien zu aktualisieren bzw. neu zu definieren. Überdies ist der Bereich Sicherheitsanalysen ein hoch relevantes Thema. In diesem Rahmen müssen realitätsnahe Tests durchgeführt werden, um Simulationsergebnisse zu bestätigen bzw. die Modellierung zu verbessern und die Systemintegration voranzutreiben.

Es gilt zunächst, bestehende Analysemethoden und schon validierte Simulationsverfahren der Zertifizierung auf ihre Gültigkeit zur Nachweisführung für elektrisch-hybride Antriebskonzepte zu überprüfen. Das Ergebnis ist dann entweder der Nachweis der Gültigkeit von jetzigen Zertifizierungstests oder der notwendige Weg zur Definition von neuen Teststandards für neuartige Antriebssysteme. Ein weiteres Thema ist die in der Luftfahrt unumgängliche, zuverlässige Redundanz, die beim Teilsystemausfall einspringt und die bestehenden hohen Sicherheitsanforderungen erfüllen muss. Für diese Nachweisführungen kommt die Forschungsinfrastruktur inklusive der in Entstehung befindlichen Test- und Versuchslabore der BTU Cottbus (chesco), des DLR (HepCo, CARA) und der TU Dresden (SML) zum Einsatz.

Generell werden aufgrund der neuen Antriebsarchitekturen neue Systeme, Subsysteme und Komponenten eingebaut und integriert, deren Zuverlässigkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit noch bestätigt werden muss. Vor allem bei der Qualifizierung von Komponenten muss überprüft werden, inwieweit die Anforderungen der internationalen Vorschriften die Testbedingungen für Komponenten innerhalb des elektrisch-hybriden Antriebskonzept realitätsnah widerspiegeln. Es ist äußerst wahrscheinlich, dass diese Teststandards (wie z. B. Vorschrift RTCA DO-160) grundlegend aktualisiert bzw. erweitert werden müssen.

Impressum

- TU Berlin: Prof. Dieter Peitsch
Institut für Luft- und Raumfahrt, Fachgebiet Luftfahrtantriebe
dieter.peitsch@tu-berlin.de
- BTU Cottbus-Senftenberg: Prof. Klaus Höschler
Institut für Verkehrstechnik, Lehrstuhl Flug-Triebwerksdesign
und Center for Hybrid Electric Systems Cottbus
klaus.hoeschler@b-tu.de
- Prof. Georg Möhlenkamp
Institut für Elektrische und Thermische Energiesysteme, Lehrstuhl
Leistungselektronik und Antriebssysteme
und Center for Hybrid Electric Systems Cottbus
georg.moehlenkamp@b-tu.de
- TU Dresden: Prof. Maik Gude,
Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik
maik.gude@tu-dresden.de
- DLR: Prof. Lars Enghardt
Institut für elektrifizierte Luftfahrtantriebe
lars.enghardt@dlr.de
- Prof. Sabine Roller
Institut für Softwaremethoden zur Produkt-Virtualisierung
sabine.roller@dlr.de