

Das Flugzeug der Zukunft

Link

www.lfs.mw.tum.de

Bildnachweise: [M]: Design: A. Frühbeis, I. Held, P. Sieb, A. Usbek/TUM;
CGI: DLR (CC-BY 3.0)



Vier Studierende der TUM schafften das, was in der Welt des Flugzeugbaus heute noch Mangelware ist: Sie arbeiteten fachübergreifend zusammen, um das Design für ein möglichst sparsames Flugzeug zu entwickeln. Mit ihrem Entwurf für einen turboelektrisch angetriebenen Jet gewannen sie 2018 die DLR/NASA Design Challenge.

eRay

Diese vier Studierenden der Luft- und Raumfahrt gewannen mit ihrem Entwurf eines neuen Flugzeugkonzepts 2018 gemeinsam die DLR/NASA-Design Challenge. Von rechts Alexander Frühbeis, Isa Held, Artur Usbek, und Patrick Sieb.



Abstract

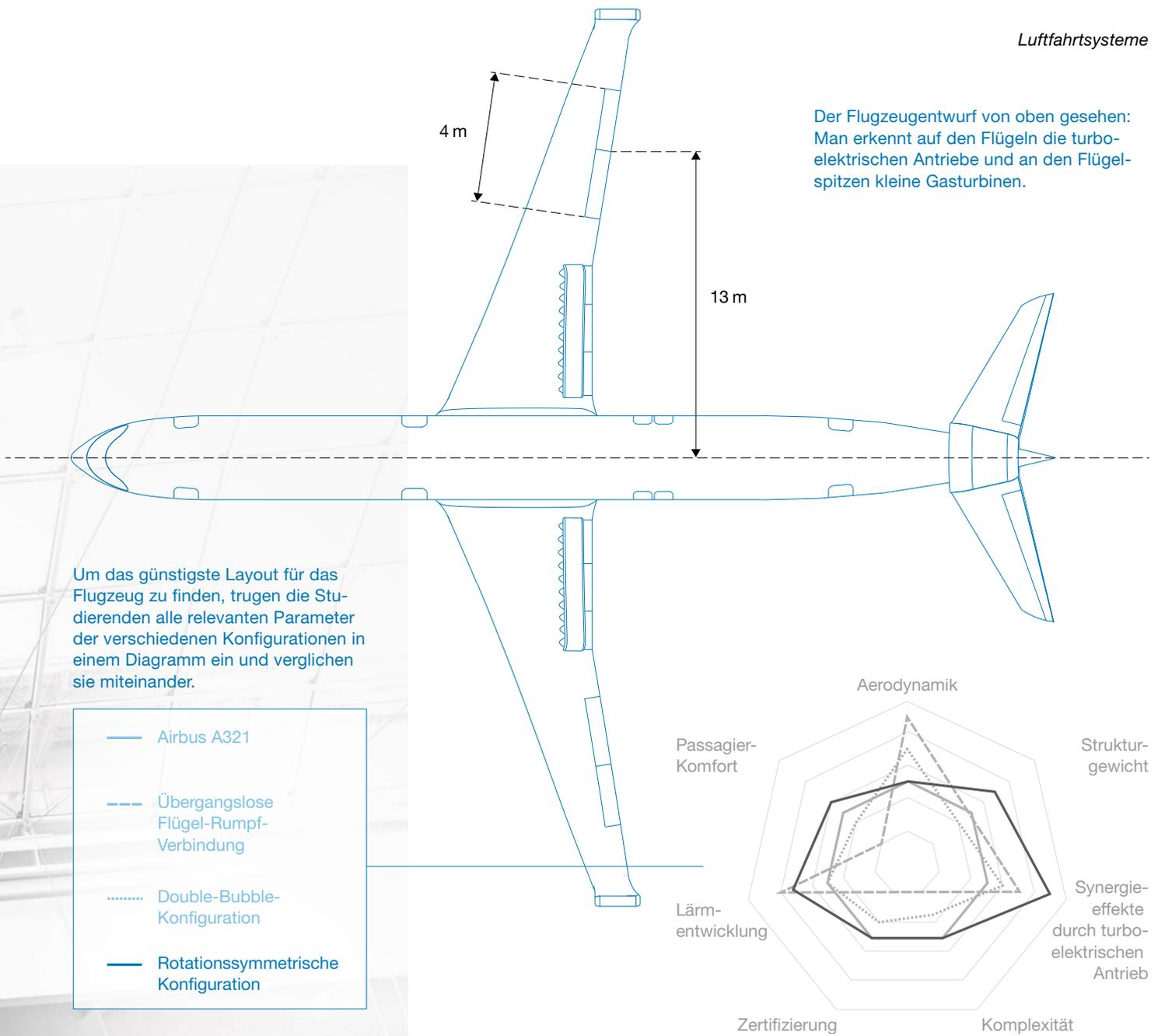
The airplane of the future flies with almost two thirds less fuel

E

In 2018, Master's students Alexander Frühbeis, Artur Usbek, Isa Held and Patrick Sieb successfully created a striking design for a future commercial aircraft. The TUM team won the DLR/NASA Design Challenge with their eRay jet. The aircraft could save up to 64 percent energy in comparison with today's Airbus 321, cutting harmful emissions. Their approach harnesses synergy effects from innovations across the areas of propulsion, aerodynamics and structural design for an ultra-efficient overall system. The windowless jet has a carbon fiber fuselage,

featuring a larger stage fan at the tail and small electric propulsion units attached to the trailing edge of the wings. This clever combination of individual improvements makes the eRay lighter, with greater propulsion efficiency and lower air resistance than today's commercial aircraft.

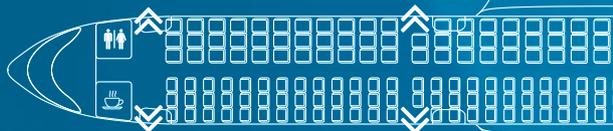
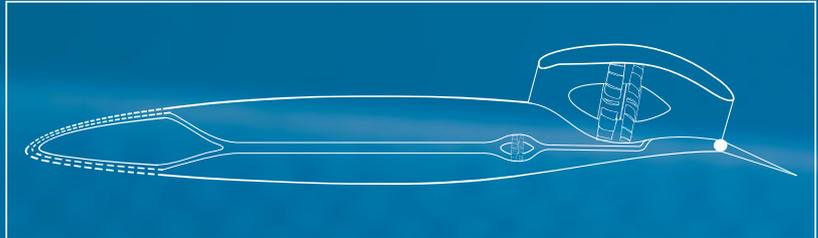
□



„Die Luftfahrt steht vor einer gewaltigen Herausforderung. Wir wissen alle, dass wir mit der immer weiter wachsenden Zahl an Flügen und einem sich alle 15 bis 20 Jahre verdoppelnden Passagieraufkommen der Umwelt nichts Gutes tun“, sagt Alexander Frühbeis. Der 24-jährige Masterstudent der Luft- und Raumfahrt an der TU München ist überzeugt: „Um dieses immense Wachstum umweltverträglich zu gestalten, braucht es neue Flugzeugkonzepte.“ Derart bahnbrechende neue Würfe für die Fliegerei von morgen forderten das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die National Aeronautics and Space Administration (NASA) in der zweiten Auflage ihrer gemeinsamen Design Challenge für Studierende deutscher und amerikanischer Hochschulen. Im Wettbewerb des

Jahres 2018 lag der Schwerpunkt auf Flugzeugkonzepten mit einer massiven Reduktion schädlicher Emissionen. Die Aufgabe: 60 Prozent oder mehr Energieersparnis im Vergleich zu einem heutigen Airbus A321-200, bei vergleichbarer Transportkapazität, mindestens drei Stunden Flugfähigkeit über Wasser, Tauglichkeit für eine Direktverbindung zwischen kleinen Flughäfen sowie möglichst geringe Herstellungs- und Betriebskosten. Frühbeis erinnert sich: „Als ich davon hörte, wusste ich sofort, dass ich teilnehmen werde, da es genau um die zwei Themen ging, die mich antreiben: die Faszination fürs Fliegen und den Wunsch, an der grünen Gesellschaft von morgen mitzuarbeiten.“

Das Flugzeug nutzt den sogenannten „Boundary Layer Infektion“-Effekt, bei dem die Grenzschicht, die eigentlich den Strömungswiderstand erhöht, effizienzsteigernd von den Triebwerken aufgenommen wird.



Das Team der Münchner Studierenden legte einen Entwurf für einen fensterlosen Jet für 200 Passagiere mit einem Rumpf aus Carbonfasern vor, mit einer größeren elektrischen Turbine am Heck und kleineren, an den hinteren Tragflächenkanten angebrachten elektrischen Antriebspaketen.

Dank seines elektrischen Antriebs wäre eRay leiser, und zwar sowohl bei Start, Flug und Landung als auch bei Bewegungen auf der Rollbahn.



eRay benötigt nur eine vergleichsweise geringe Menge an Sprit für die beiden an den Flügelspitzen angebrachten Gasturbinen. Mit ihren Generatoren produzieren diese die elektrische Energie zum Betrieb der E-Triebwerke.

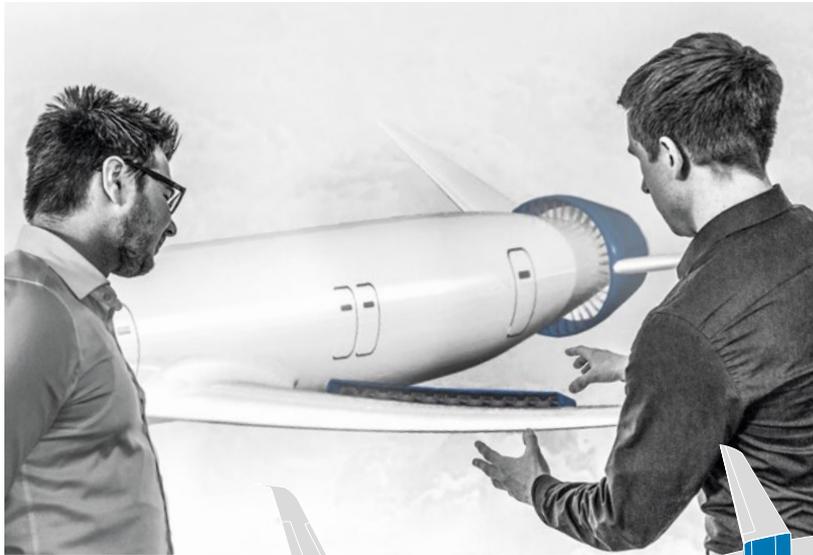


Zusammenhang zwischen Antrieb und Aerodynamik: Am Heck des Flugzeugs sitzt eine große elektrische Turbine, die bei der Umströmung des Flugzeugrumpfes verlangsamte Luftschicht effizienzsteigernd aufnimmt und dadurch den Luftwiderstand des Rumpfes reduziert.

Auf dem Weg zum Flugzeug von morgen

Im Januar 2018 bildete sich an der TUM das spätere deutsche Siegerteam, bestehend aus den Masterstudierenden Alexander Frühbeis, Artur Usbek, Isa Held und Patrick Sieb. In gerade mal einem halben Jahr, zwischen einem ersten Treffen aller Teilnehmer von unterschiedlichen deutschen Universitäten in Hamburg im Februar und der Endpräsentation ihrer Konzepte Anfang August in Braunschweig, entstand dann der Entwurf für ein ultraeffizientes Flugzeug, das sie eRay nannten.

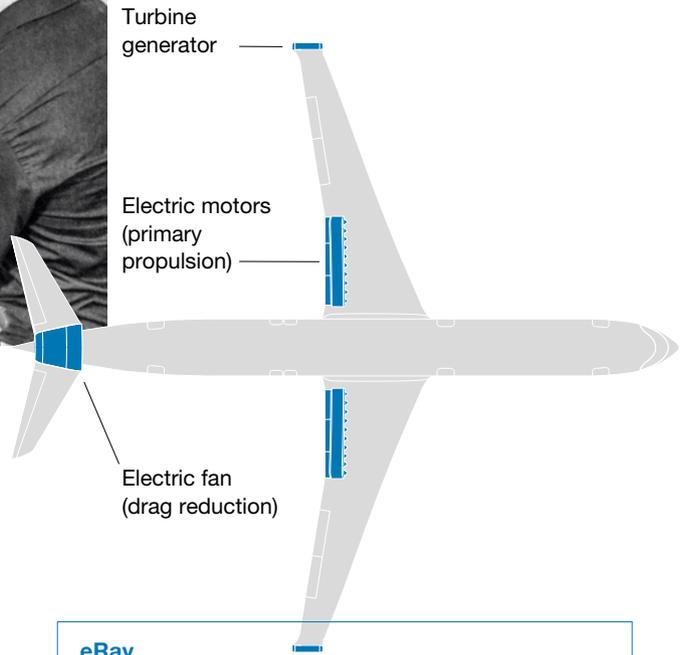
Im Wettbewerb wurden die Studierenden von Professor Mirko Hornung, dem Leiter des Lehrstuhls für Luftfahrtssysteme, und dem wissenschaftlichen Mitarbeiter Lysandros Anastasopoulos betreut. Letzterer beschreibt die Ausgangslage: „In Sachen Reisegeschwindigkeit, Nutzlastkapazität und Reichweite sind Verkehrsflugzeuge mit Strahltriebwerken heutzutage technisch weitgehend ausgereizt. Zuletzt wurde sehr viel im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit, sprich, auf die Reduktion von Emissionen wie CO₂, NO_x oder Ruß sowie von Lärmemissionen geforscht. Mittlerweile muss man aber auch in diesem Bereich sehr viel Aufwand betreiben, um noch erhebliche Verbesserungen zu erzielen.“



Konventionelle Strahltriebwerke

Airbus A321

Das Vergleichsflugzeug für den Wettbewerb war der Airbus A321-200 aus dem Jahr 2005, der von zwei konventionellen Triebwerken angetrieben wird. Die Aufgabe war, ein Konzept für ein Flugzeug zu entwickeln, das bei vergleichbarer Transportkapazität mindestens 60 Prozent weniger Energie verbraucht.



Turbine generator

Electric motors (primary propulsion)

Electric fan (drag reduction)

eRay

Der Entwurf eRay, der den Wettbewerb gewann, wird elektrisch angetrieben und zeigt im Vergleich zum A321 eine Reduzierung der Masse um 30 Prozent und eine Verbesserung der Antriebsleistung um 48 Prozent, was zu einer allgemeinen Reduzierung des Energieverbrauchs um 64 Prozent führt.

Cleverer Einsatz von Synergien

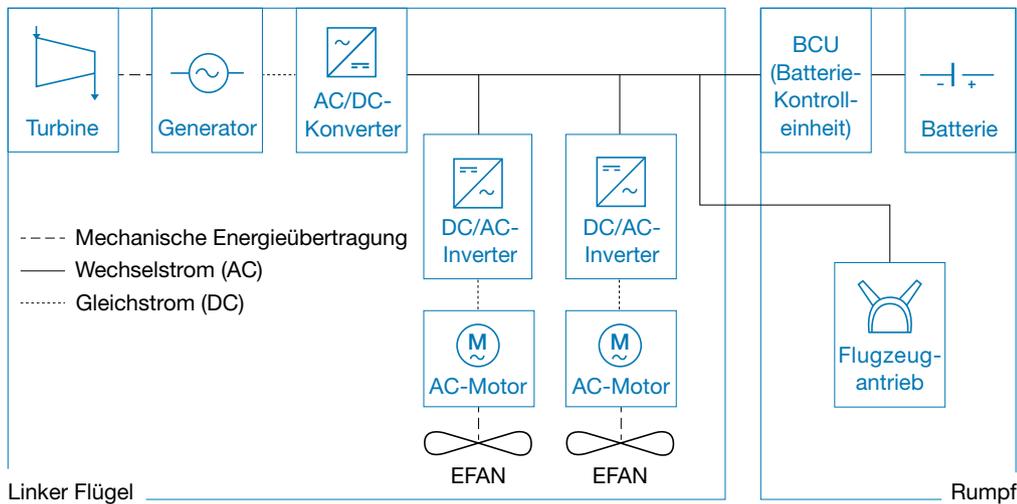
Der Ansatz der Münchner Studierenden war es deshalb, zum einen bestimmte Flugzeugkomponenten zu verbessern, zum anderen aber vor allem Synergieeffekte aus den Bereichen Antrieb, Aerodynamik und Struktur zu nutzen. Das Team um Frühbeis legte einen Entwurf für einen elektrisch angetriebenen, fensterlosen Jet mit einem Rumpf aus Carbonfasern vor, mit einer größeren Fan-Stufe am Heck und kleineren, an der hinteren Tragflächenkante angebrachten elektrischen Antriebspaketen. Ihr eRay weist ein geringeres Gewicht, eine höhere Antriebseffizienz und

eine verbesserte Aerodynamik auf. Letztere durch die Anwendung des Prinzips der Laminar Flow Control (LFC), eine verkleinerte, V-förmige Leitwerksfläche und aktive Minderung von Böenlasten an der Struktur. Dieses intelligente Gesamtpaket setzte sich in der Design Challenge durch, als im August 2018 die Gewinner bekanntgegeben wurden. DLR-Luftfahrtvorstand Rolf Henke lobte die Sieger: „Der konsequente und passgenaue Einsatz verschiedener eng aufeinander abgestimmter Technologien hat uns in der Jury überzeugt.“

64 Prozent Treibstoffersparnis

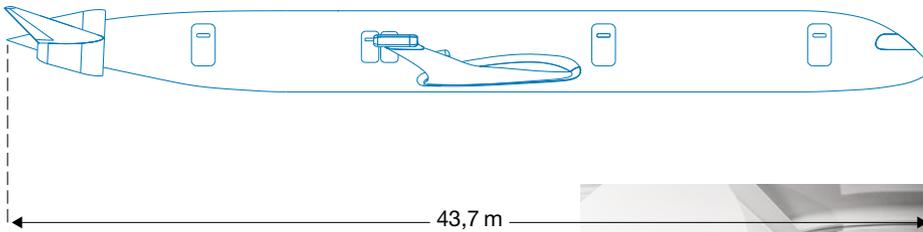
Der eRay ist erheblich leichter als ein Airbus 321, obwohl er genauso viele Passagiere fasst (die allerdings teilweise im Stehen reisen). Möglich machen das der Einsatz neuer Materialien, der Verzicht auf Fenster sowie die vergleichsweise geringe Menge an Sprit, die der Flieger lediglich für die beiden an den Flügelspitzen angebrachten Gasturbinen mitführen muss. Mit ihren Generatoren produzieren sie elektrische Energie zum Betrieb der E-Triebwerke. Der „eRay“ hat dank verschiedener Synergien (siehe Kasten) einen geringeren Luftwiderstand und spart auch damit Treibstoff ein.

Das Flugzeug zielt auf den wachsenden Bedarf kurzer und mittlerer Direktverbindungen in Asien ab. Aber auch ganz generell verspricht es manche Vorteile. Zum Beispiel ist es dank seines elektrischen Antriebs leiser, sowohl bei Start, Flug und Landung als auch bei Bewegungen auf der Rollbahn. Damit böte der „eRay“ eine interessante Möglichkeit, nachts Flughäfen zu nutzen, deren Kapazitäten tagsüber ausgeschöpft sind. ▶

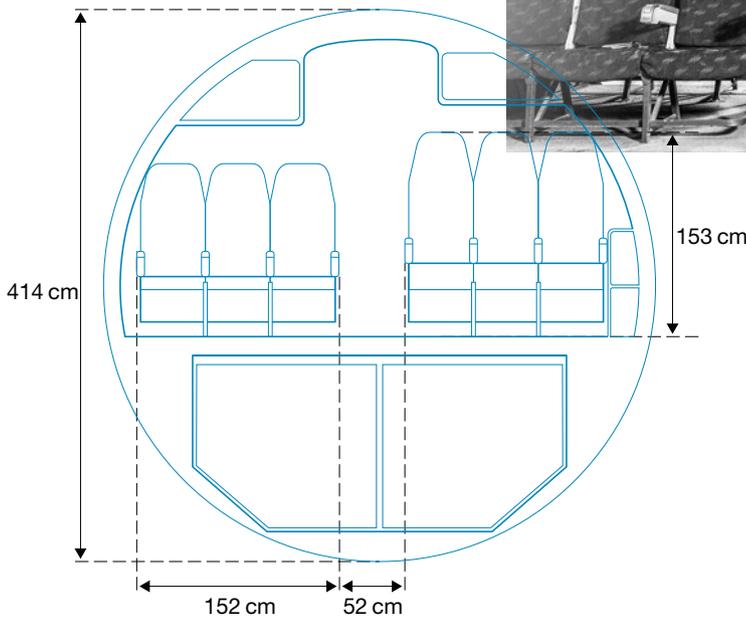


Schematische Anordnung des elektrischen Antriebssystems des Flugzeugs: Die Gasturbinen versorgen über Generatoren und Gleichrichter die turboelektrischen Antriebe und die elektrische Turbine am Ende des Rumpfes. Parallel versorgen sie Batterien als Puffer für den hohen Energiebedarf bei Start und Landung.





Der siegreiche Entwurf in der Seitenansicht: das fensterlose Flugzeug ist 43,7 Meter lang, 1,3 Meter kürzer als ein A 321.



Um mehr Fluggäste unterzubringen, haben die Studierenden geplant, dass ein Teil der Passagiere im Stehen reist.

Wird dieser Vogel fliegen?

Ob der „eRay“, wie von den Studierenden prognostiziert, ab etwa dem Jahr 2045 wirklich ein alltagstaugliches Flugzeug sein wird, hängt noch von bestimmten Entwicklungen ab. Das Münchner Team setzt in seinem Konzept enorme Fortschritte in der Batterietechnologie voraus (dem eRay dienen Batterien als Puffer für den hohen Energiebedarf bei Start und Landung) sowie eine erhebliche Verbesserung von Flugleitsystemen und die Anpassung von Zulassungsvorschriften. Auch die Akzeptanz von fensterlosem Fliegen und das Fliegen im Stehen durch die Passagiere, das im effizientesten Szenario des Siegerentwurfs vorausgesetzt wird, müssen erst einmal Realität werden. Immerhin: Die ersten virtuellen Fenster, auf denen

Fluggäste statt eines echten Blicks nach draußen nur noch Bilder einer Bordkamera sehen, gehen gerade mit der neuen ersten Klasse der Boeing 777-300ER von Emirates in Dienst.

Die jungen Wissenschaftler der TUM sind optimistisch, dass sich die Fliegerei in Richtung ihrer Vision entwickeln wird. „Während der Challenge hat mich am meisten fasziniert, was alles noch möglich ist. Das Flugzeug in seiner heutigen Form ist bei weitem nicht das Beste, das wir uns vorstellen können“, betont Frühbeis. „Jetzt gilt es, diese Konzepte umzusetzen und zu erproben. Dabei sollten auch Wirtschaft und Politik mutig vorangehen und nicht vor Neuerungen zurückschrecken. Konzepte wie eRay

„Meine Jurykollegen und ich waren beeindruckt von der systematischen Verzahnung komplementärer Technologien, die perfekt zueinander passten.“

Rolf Henke, Member of the DLR Executive Board



setzen ein hohes Maß an Zusammenarbeit voraus. Das haben wir auch schon in unserem kleinen Team gemerkt. Der Aerodynamiker muss sich sehr stark mit dem Antriebssystem auseinandersetzen und umgekehrt. Das widerspricht der strikten Arbeitsteilung in der Industrie. Langfristig will ich daran mitarbeiten, dass dieser Wandel gelingt.“

Der 24-jährige Artur Usbek nimmt sich diese Zusammenarbeit als Vorbild: Er studiert Maschinenwesen, Luft- und Raumfahrt, Maschinenbau und Management sowie Entwicklung und Konstruktion. Mit vier Masterabschlüssen in der Tasche kann er sich vorstellen, später als Ingenieur am Gesamtsystem militärischer Jets oder am Gesamtsys-

tem Triebwerk zu arbeiten. Sein Resümee: „Mir war schnell klar, dass es bei neuen Flugzeugkonzepten darum geht, gute Kompromisse zu finden. Besonders hat mir bei diesem Wettbewerb die Vernetzung mit anderen Enthusiasten der Luft- und Raumfahrtbranche gefallen. Ich würde jedem empfehlen, einmal bei so einem Projekt mitzumachen.“

An der deutsch-amerikanischen Design Challenge beteiligten sich mehr als 100 Studierende. Die beiden Siegergruppen wurden bei einem Symposium am NASA-Hauptsitz in Washington D.C. im Oktober 2018 gewürdigt. Auch in diesem Jahr ist die TUM wieder bei ähnlichen Wettbewerben mit dabei. ■

Karsten Werth