

Airport2030

Flughafenforschung im Spitzencluster Luftfahrt

Der Projektverbund Airport2030 ist einer von drei Leuchttürmen von Hamburg Aviation aus der Spitzenclusterförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). In den letzten fünf Jahren wurden in Airport2030 neue Technologien und Methoden am Beispiel des Hamburger Flughafens untersucht.

Die Autoren: Klaus Lütjens, Peter Bießlich, Volker Gollnick

Der weltweite Luftverkehr weist unbeschadet zyklischer Einbrüche einen Wachstumstrend von weltweit durchschnittlich 5% pro Jahr auf. Auch wenn das Luftverkehrswachstum im Vergleich zu den Entwicklungs- und Schwellenländern geringer ausfallen wird, wird dennoch auch in Europa mit einer Verdopplung des Luftverkehrs bis 2030 gerechnet [1]. Um die Umweltwirkungen des Luftverkehrswachstums zu begrenzen, den Komfort für die Passagiere zu erhöhen und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Luftfahrtindustrie zu erhalten, werden im EU-Dokument Flightpath 2050 ambitionierte Ziele formuliert [2]. Diese umfassen unter anderem die Reduktion der CO₂-Emissionen pro Passagierkilometer um 75%, eine maximale Reisezeit von Tür zu Tür innerhalb Europas von maximal vier Stunden für 90% der Reisenden, eine Verspätung der Flüge von durchschnittlich nur einer Minute, sowie die Gestaltung des Lufttransportsystems als ein integriertes reibungsloses, energieeffizientes, verteiltes intermodales System, das Reisende und ihr

Gepäck von Tür zu Tür bringt – und zwar sicher, bezahlbar, schnell, reibungslos, vorhersagbar und ohne Unterbrechung.

Im Kontext dieser übergeordneten Ziele wurden in Airport2030 unter Leitung des DLR Lufttransportsysteme Forschungsfragen zur bodenseitigen Anbindung des Hamburger Flughafens, der Steuerung der Passagiere im Terminal, der Prozesssteuerung zur Abfertigung der Flugzeuge, der Einfluss neuer Flugzeugkonfigurationen, ein bodengebundenes Fahrwerksystem und die grüne Steuerung von Flughäfen bearbeitet [3]. Zudem wurden Methoden zur Entwicklung von Flughafenszenarien und zur Technologiebewertung erarbeitet und angewandt.

Von Haustür bis Flughafen

Wie lange benötigt man von zu Hause oder dem Arbeitsplatz bis zum Hamburger Flughafen? Dieser Frage haben sich Sonja Löwa, Christian Blank und Marcus Peter vom Institut für Verkehrsplanung und Logistik der TUHH gewidmet. Dazu haben sie jede Straße, jede Schiene, jede Haltestelle von Bus- und Bahnverkehr, alle Fahrpläne sowie eine

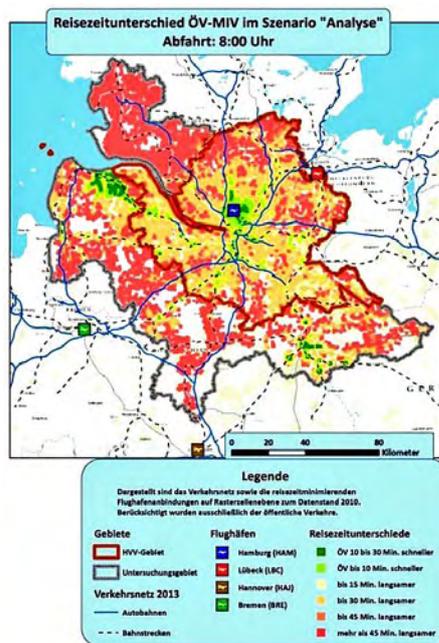


Bild 1: Erreichbarkeitsanalyse für Hamburg

auf 100 Meter genaue Bevölkerungsverteilung in ein digitales Verkehrsmodell der Metropolregion Hamburg eingespeist und mit einem agentenbasierten Bewegungsmodell verknüpft [4–6] (Bild 1). Damit lässt sich die obige Frage nun für 4,7 Mio. Menschen beantworten, für die Fahrt mit dem Auto oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Das entwickelte Verkehrsmodell ist aber vor allem wertvoll für die Beurteilung der Wirkung von Ausbaumaßnahmen der Verkehrsinfrastruktur. Einige in Hamburg diskutierte Ausbauszenarien wurden mit dem Verkehrsmodell im Rahmen des Projekts analysiert.

Führung und Information für Passagiere

Helge Klimek, Björn Großmann und Julian Oht vom Institut für Telematik der TUHH wollten die Orientierung und Informiertheit der Passagiere an Flughäfen verbessern. Dazu haben sie als Digitale Boarding Assistenz (DigiBA) hilfreiche Funktionen wie Na-

DIE AIRPORT2030 PROJEKTPARTNER



Am 27./28. November 2013 fand die langjährige Zusammenarbeit im Rahmen des Airport2030 Verbunds aus Industrie, KMUs und Wissenschaft ihren vorläufigen Abschluss. Die Ergebnisse aus fünf Jahren gemeinsamer Flughafenforschung in vier miteinander verschränkten Projekten wurden in einer zweitägigen Veranstaltung im Konferenzzentrum des Flughafen Hamburg vorgestellt und diskutiert. Mitglieder dieses Konsortiums waren das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der Flughafen Hamburg, Airbus, Siemens, das KMU mb+Partner (mb+P), die Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH), die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) und die Universität Hamburg (UHH).

vigation, Information und Kommunikation identifiziert, die sie in einem eigens dafür gebauten Gerät und als Smartphone App umgesetzt und am Flughafen Hamburg getestet haben [6]. Martin Schiele und Amir Ayazkhani vom DLR Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr haben die Auswirkungen der DigiBA auf den Passagierfluss simuliert und bewertet sowie optimierte Prozessketten im Terminal untersucht. Da der Flughafen Hamburg bereits sehr übersichtlich ist, würden Passagiere mit der DigiBA nur 3–5 Minuten bei den Wegezeiten bis zum Gate sparen. Die Bewertung dieser gewonnenen Zeit hängt von Annahmen über deren Nutzung ab. Für den Passagier wurde eine verringerte Reisezeit am höchsten bewertet, gefolgt von einem längeren Flughafenaufenthalt im Bereich nach der Sicherheitskontrolle im Vergleich zum Bereich davor. Darüber hinaus wurden Funktionen der DigiBA positiv bewertet, die dem Passagier aktiv oder auf Abruf Informationen über die Prozess-Schritte am Flughafen liefern. Hiervon inspiriert bietet der Flughafen Hamburg seinen Passagieren seit einiger Zeit eine eigene App an, die Informationen zur Wartezeit an der zentralen Sicherheitskontrolle und zu den Flugplandaten liefert.

Prozessintegration und Übersicht für Operateure

Das DLR Institut für Flugführung konzentriert sich auf die luftseitigen Abläufe an Flughäfen und hat im DLR die Federführung beim Konzept des Total Airport Management (TAM). Steffen Loth und sein Team haben in diesem Kontext in Airport2030 integrierte Arbeitsplätze für Bodenabfertiger- und Flughafenvorfeldlotsen entworfen. Neuartige Mensch-Maschine-Schnittstellen, welche notwendige Informationen und Interaktionen menschenzentriert, integriert und intuitiv anbieten, sowie zusätzliche Sensorik zur kompletten Anzeige der Verkehrslage sorgen für eine nachweislich bessere Übersicht. Damit wird eine effizientere Koordination der Flugbewegungen und Bodenfahrzeuge erreicht, wodurch eine zügige und pünktliche Abfertigung der Flugzeuge sichergestellt werden kann [7].

Alle planerischen und operativen Informationen laufen in einem Flughafenleitstand zusammen (Bild 2). Der Fokus von Yves Günther in Airport2030 lag auf der Frage, wie sich das für Hub-Flughäfen entwickelte TAM-Konzept adäquat auf einen mittelgroßen Flughafen wie Hamburg übertragen lässt [8]. Einzigartig ist dabei die Airport Research and Innovation Facility Hamburg, die das DLR zusammen mit dem Flughafen Hamburg und der Deutschen Flugsicherung betreibt. In Airport2030



Bild 2: Flughafen-Leitstand und neue Arbeitsplätze für Bodenabfertiger- und Vorfeldlotsen

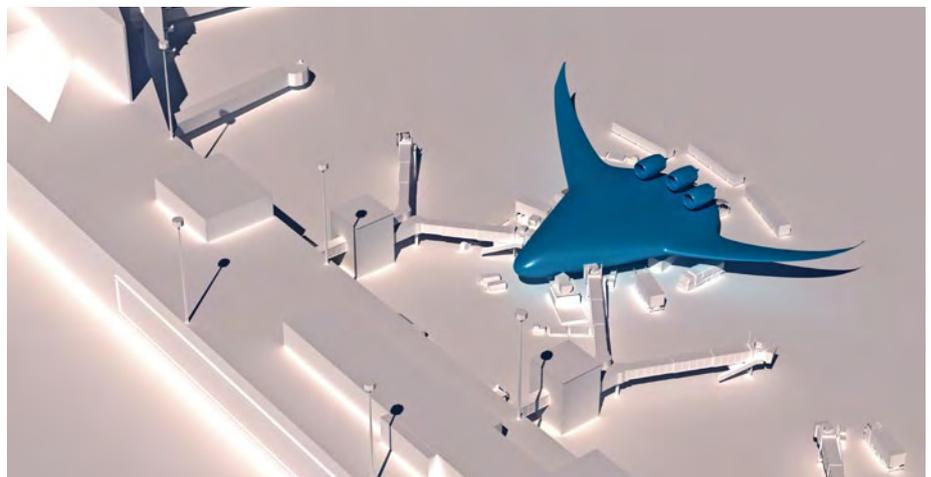


Bild 3: Abfertigung eines Blended Wing Body (BWB) am Flughafen

konnte die volle Anbindung dieser Anlage an die Realdatensysteme des Flughafens erreicht werden, wodurch die neuen integrierten Arbeitsplätze nicht nur anhand vorher gespeicherter Simulationsszenarien, sondern auch parallel zum laufenden Flughafenbetrieb getestet werden konnten. Die Praxistests wurden von den Bodenabfertiger- und Vorfeldlotsen durchweg positiv bewertet. Das DLR sucht nun nach Industriepartnern für die Weiterentwicklung der Systeme bis hin zur Marktreife.

Abfertigung einer Box und eines Flügels

Neue Flugzeugkonfigurationen werden üblicherweise vor allem für einen effizienten Reiseflug entworfen. In Airport2030 wurden die Bodenprozesse explizit mit einbezogen, um in enger Abstimmung mit Axel Dengler vom Airbus Future Projects Office eine Abwägung zwischen luft- und bodenseitigen Anforderungen vornehmen zu kön-

nen. Prof. Scholz und Andreas Johanning von der Aircraft Design and Systems Group der HAW Hamburg untersuchten dies im Hinblick auf einen A320-ähnlichen Turboprop und einen Boxwing, der einem Doppeldecker mit verbundenen Flügelenden ähnelt [9–11]. Den gleichen Ansatz hat Till Pfeiffer vom DLR Lufttransportsysteme für einen Blended Wing Body (BWB) verfolgt, bei dem Rumpf und Flügel fließend ineinander übergehen [12] (Bild 3). Die genannten Flugzeugkonzepte versprechen im Reiseflug Vorteile bei der Antriebseffizienz oder der Aerodynamik. Die Analyse der Abfertigungsprozesse auf Basis der geänderten Flugzeuggeometrie hat ergeben, dass zwar jeweils Anpassungen in der Flugzeugabfertigung notwendig sind, diese aber weder grundsätzlich noch kostenseitig gegen diese neuen Flugzeugkonzepte sprechen, sofern einige Regeln wie z. B. die Einhaltung der 80-Meter-Box für die Größe der Flugzeuge, eingehalten werden.

Fahrwerk bleibt am Boden

Flugzeuge sollen vor allem eines – fliegen! Je länger ein Flugzeug pro Mission in der Luft ist, desto mehr lohnt es sich, alles am Boden zu lassen, was für den Reiseflug nicht benötigt wird. Dieser Logik haben sich Jan Binnebesel und Till Marquardt des KMUs mb+P verschrieben (Bild 4). Der Verzicht auf das Fahrwerk ermöglicht eine Senkung des Treibstoffverbrauchs um bis zu 20 %, je nachdem, ob man nur das Fahrwerk am Flugzeug durch Schnittstellen zum Bodenfahrwerk ersetzt oder das Flugzeug komplett neu entwirft. Die Grundvoraussetzungen für das Ground Based Landing Gear System (GroLaS) sind, dass sich das Bodenfahrwerk jeder Bewegung des Flugzeuges anpasst und die Sicherheit mindestens so hoch ist, wie bei einer konventionellen Landung. In Airport2030 haben die beiden Unternehmer für GroLaS Konzepte zu Sicherheit, Konstruktion [13], Antrieb, Betrieb und Sensorik [14] erarbeitet, einen entsprechenden Simulator aufgebaut und eine umfangreiche Technologiebewertung mit dem DLR und Airbus durchgeführt. Das Konzept hat Eingang gefunden in das Airbus Concept Plane, wurde mehrfach prämiert sowie in Europa, den USA und China patentiert.

Grüner Flughafenbetrieb

Wie lässt sich ein Flughafen nach Umweltkriterien steuern? Dieser Frage haben sich Niclas Dzikus und Oliver Schneider vom DLR sowie Udo Bradersen und Jan Eike Hardegen vom Umweltreferat des Flughafen Hamburg unter Führung von Dr. German Grünbauer von Siemens angenommen [15]. Zunächst identifizierten sie gemeinsam Metriken für relevante Umwelteinflüsse wie Lärm und Emissionen und entwickelten ein übergreifendes Darstellungskonzept in

Form eines Spinnendiagramms. Zur Berechnung der Umweltkennzahlen anhand von Flugplandaten wählte das DLR passende eigene und externe Modelle aus. Siemens integrierte diese schließlich in ein Flughafenassistenzsystem. Damit können Flughäfen in Zukunft in Realzeit die Umwelteinflüsse ihres Betriebes kontrollieren und ad hoc geeignete Maßnahmen zur Einhaltung von Umweltkapazitäten einleiten.

Fundierte Szenarien

Flughafenszenarien werden häufig im Vorfeld von Ausbauprojekten durch die Flughäfen an Dritte beauftragt. In Airport2030 lag das Interesse an der Szenario-Entwicklung dagegen in der Schaffung einer Grundlage für die Technologiebewertung und von Seiten des Aviation Marketing des Flughafen Hamburg in der Beurteilung der Auswirkung aktueller Entwicklungen auf die Gültigkeit vorhandener Szenarien. Zu diesem Zweck wurde am Beispiel des Flughafen Hamburg eine Modellkette aufgebaut, die einen Zusammenhang zwischen externen sozioökonomischen Rahmendaten und einem Flugplan herstellt und damit bei aller Unsicherheit grundsätzlich eine langfristige Flugplanprognose erlaubt. Christian Blank konzentrierte sich dabei auf die Prognose der Passagierolumina auf Basis der sozioökonomischen Daten. Katrin Kölker und Steffen Wenzel vom DLR Lufttransportsysteme erarbeiteten ein Modell, dass aus den destinationsbezogenen Passagierolumina unter Berücksichtigung von empirisch beobachtbarem Passagier- und Airlineverhalten die Nachfrage nach Flügen zu festgelegten Wochentagen und Tageszeiten ermittelt. Mit einem Verschiebungs-Algorithmus werden die nachgefragten Flugplanslots anschließend mit der verfügbaren Kapazi-

tät des Flughafens in Einklang gebracht [16]. Das Ergebnis dieses letzten Schrittes ist ein flughafenspezifischer Prognoseflugplan. Steven Köhler vom Institut für Technische Informatik Systeme der Universität Hamburg brachte mit genetischen Algorithmen eine effiziente Methodik ein, um die oben genannten empirischen Modellsysteme zu kalibrieren, und sorgte überdies für die softwaretechnische Kopplung der einzelnen Kettenglieder.

Technologiebewertung

Zur Bewertung der in Airport2030 untersuchten Technologien wurden zwei unterschiedliche Bewertungsmethoden verwendet. Zum einen entwickelten Yousef Farschtschi, Marc Widemann und Dr. Kai Himstedt vom Institut für Technische Informatik Systeme der UHH und Niclas Dzikus vom DLR Lufttransportsysteme eine Modellkette, um die dynamische Interaktion zwischen Passagierstrom im Terminal und den Bewegungen von Flugzeugen und Bodenfahrzeugen auf der Luftseite abbilden zu können [17–20]. Dr. Xiaoqian Sun und Dr. Marco Weiss vom DLR Lufttransportsysteme nutzten diese Modellkette, um die Auswirkungen der Airport2030 Technologien abzubilden. Als zweite Bewertungsmethode entwickelten sie mit der CBAirport ein Werkzeug zur Flughafen spezifischen Kosten-Nutzen-Analyse für neue Technologien. Den Rahmen für die Bewertung bildeten jeweils die Flughafenszenarien, die als wichtigste Komponenten eine synthetische Passagierpopulation und Prognoseflugpläne für die Zeithorizonte 2010, 2015 und 2030 enthalten.

Fazit

Die Spitzenclusterförderung und der Airport2030 Projektverbund waren eine effiziente Grundlage für die vernetzte, interdisziplinäre Flughafenforschung. Weitere Details sind den unten genannten Veröffentlichungen zu entnehmen, die im Rahmen des Verbundes entstanden sind. Die gewonnenen Kompetenzen und Analyse-Ergebnisse werden in nationale und europäische Projekte, z. B. im Rahmen des Bundesluftfahrtforschungsprogramms oder dem neuen EU-Forschungs-Rahmenprogramm Horizon 2020, sowie in die direkte Zusammenarbeit mit anderen Forschungsinstituten und der Luftfahrtindustrie eingebracht. ■



Bild 4: Simulation der Landung mit einem bodengebundenen Fahrwerksystem (GroLaS)



Förderkennzeichen 03CL01, 03CL19, 03CL26, 03CL27

LITERATUR

- [1] Airbus Global Market Forecast 2013-2032
- [2] High Level Group on Aviation Research, Flightpath 2050, S.10-11, ISBN 978-92-79-19724-6, European Union 2011
- [3] Lütjens, K.; Lau, A.; Loth, S.; Gollnick, V. et al. (2012): Airport2030 – Lösungen für den effizienten Lufttransport der Zukunft, DLRK 2012, Berlin, Deutsche Nationalbibliothek urn:nbn:de:101:1-201210269072
- [4] Löwa, S.: Konzept für ein Wirtschaftsverkehrsmodell der Metropolregion Hamburg mit Schwerpunkt flughafenaffiner Verkehre, In: Wirtschaftsverkehr 2011: Modelle-Strategien-Nachhaltigkeit, Dortmund, U.Clausen (Hrsg.), S.97-112
- [5] Blank, C.; Gertz, C.; Löwa, S.: Domestic German Air – Rail competition depends on the efficiency of local urban transport systems, Air Transport Research Society, 14th World Conference 2010, Porto.
- [6] Greßmann, B.; Klimek, H.; Turau, V.: Intelligent Passenger Flows in Airport Terminals Using a Digital Boarding Assistance, 8th International Workshop on Intelligent Transportation, 2011, Hamburg
- [7] Jakobi, J.; Straube, K.; Loth, S.: Design and Testing of an integrated Ground Handler Working Position, International Conference on Human-Computer Interaction in Aerospace, Silicon Valley 2014 (accepted paper)
- [8] Papenfuß, A.; Günther, Y.: Feasibility of traffic prognosis for an Airport Operation Centre. Results of an initial Field Study, ICRAAT, Istanbul, Türkei (accepted paper)
- [9] Schikttanz, D.; Scholz, D.: The Conflict of Aerodynamic Efficiency and Static Longitudinal Stability of Box Wing Aircraft, In: CEAS: 3rd CEAS Air&Space Conference: CEAS 2011, p. 910-921. - ISBN: 978-88-96427-18-7, Venedig
- [10] Johanning, A.; Scholz, D.: Evaluation of Worldwide Noise and Pollutant Emission Costs for Integration into Direct Operating Cost Methods, DLRK 2012, Berlin
- [11] Caja, R.; Scholz, D.: Box wing flight dynamics in the stage of conceptual aircraft design, DLRK 2012, Berlin
- [12] Ciampa, P.; Zill, T.; Pfeiffer, T.; Nagel, B. (2011): A Functional Shape Parametrization Approach for Preliminary Optimization of Unconventional Aircraft. In: 3rd CEAS Air & Space Conference, Seiten 1513-1524. 3rd CEAS Air & Space Conference, Venice, Italy
- [13] Chowson, E.: Konstruktiver Entwurf und Dimensionierung einer flugzeugseitigen Schnittstelle zwischen fahrwerklosen Verkehrsflugzeugen und einem bodengebundenen Fahrwerksystem, DLRK 2010, Hamburg
- [14] Helling, N.: Preliminary Design and Simulation of a Sensor System for a Ground-based Landing Gear System (GroLaS) based on an Existing Sensor Concept to Detect and Track the Position and Attitude of Approaching Aircraft, DLRK 2012, Berlin
- [15] Grünbauer, G.; Dzikus, N.; Hardegen, J.-E.: Green Airport Schlußbericht, Technische Informationsbibliothek Hannover, 2014
- [16] Wenzel, S.; Kölker, K.; Bießlich, P.; Lütjens, K.: Forecasting Air Traffic Movements at Capacity-Constrained Airports, Aviation 2014 (accepted paper), Atlanta
- [17] Widemann, M.; Möller, D.: Using model pipelines to simulate the processes in and around an airport through a web-interface, GCMS 2013 Proceedings, ISBN: 978-1-62748-275-2.
- [18] Farschtschi, Y.; Widemann, M.; Himstedt, K.; Möller, D.: Conceptual design of a two-level server architecture for MATLAB-Java coupling, In: MathMod 2012, p. 1281-1284, Wien
- [19] Möller, D. P. F.: Airport Technology Management, In: Emerging Dimensions of Technology Management Ed. K. B. Akhilesh Springer Publ., ISBN 978-81-322-0791-7, 2013
- [20] Dzikus, N.; Gollnick, V.: Modelling and Simulation of Vehicle Movements Using a SPPTW-Algorithm and the Application to Airport Surface Movement Analysis, 7th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, 2010, Prag



Klaus Lütjens, Dipl. Volkswirt
Verbundkoordinator Airport2030,
Kommiss. Abteilungsleiter Lufttransportbetrieb, DLR Lufttransportsysteme, Hamburg
klaus.luetjens@dlr.de



Peter Bießlich, Dipl. Verkehrsing.
Abteilung Lufttransportbetrieb,
TUHH, Institut für Lufttransportsysteme, Hamburg
peter.biesslich@tuhh.de



Volker Gollnick, Prof. Dr.-Ing.
Institutsdirektor TUHH/DLR
Lufttransportsysteme, Hamburg
volker.gollnick@dlr.de