

Das Flugzeug der Zukunft – Fliegen 2050

- Vortrag an der VHS und Univ. Zürich -

Prof. Dr. Volker Gollnick

Institut für Lufttransportsysteme

30.10.2012

Wissen für Morgen



Agenda

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Einführung

Rahmenentwicklungen der Luftfahrt

Spagat zwischen Mobilität und „Grünem Lufttransport“

Das Erlebnis Flugreise

Lösungen – Der Blended Wing Body

Lösungen - Laminarströmung

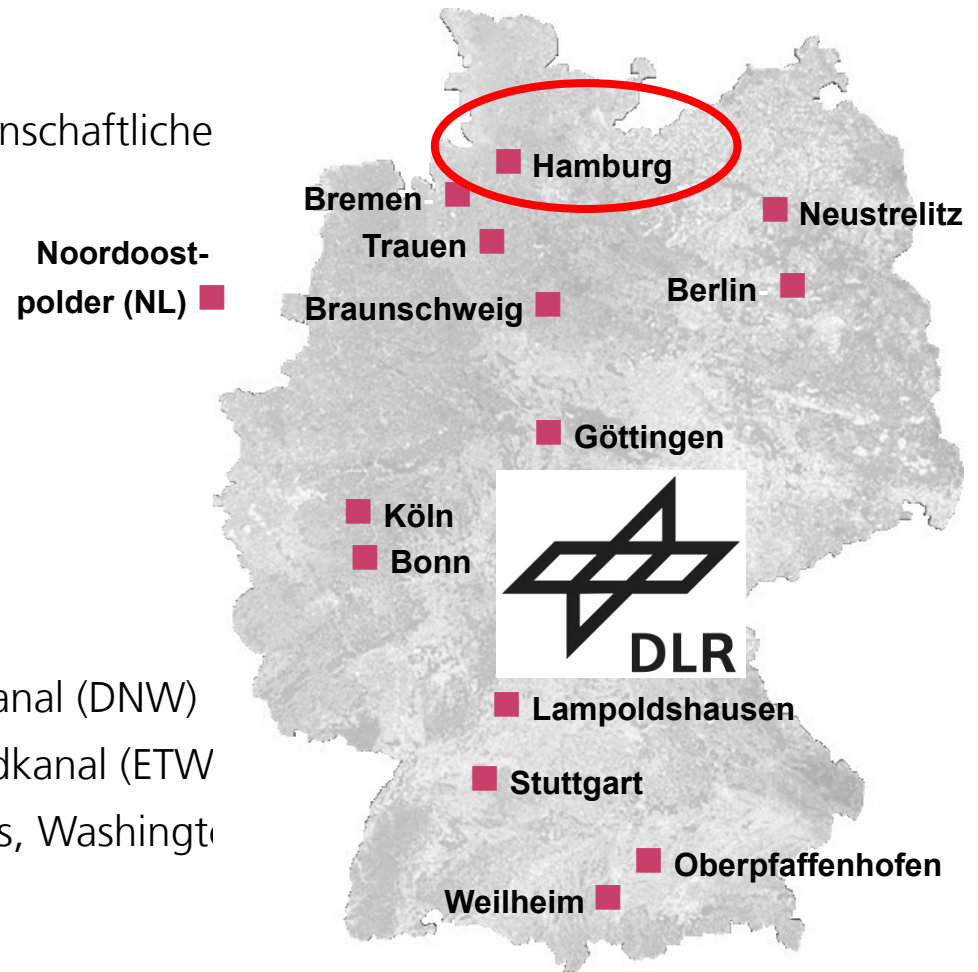
Schlüssel zur „Grünen“ Mobilität

Durchgängige Transportketten



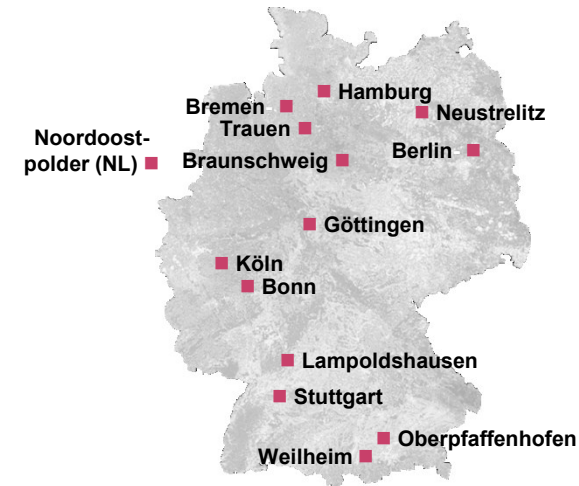
Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt

- rund 7300 Mitarbeiter:
- 29 Forschungsinstitute und wissenschaftliche Einrichtungen
- 13 Forschungsstandorte
- 4 Forschungsbereiche
 - Luftfahrt,
 - Raumfahrt,
 - Verkehr,
 - Energie)
- Deutsch-Niederländischer Windkanal (DNW)
- Europäischer Transsonischer Windkanal (ETW)
- Verbindungsbüros in Brüssel, Paris, Washington, Tokio

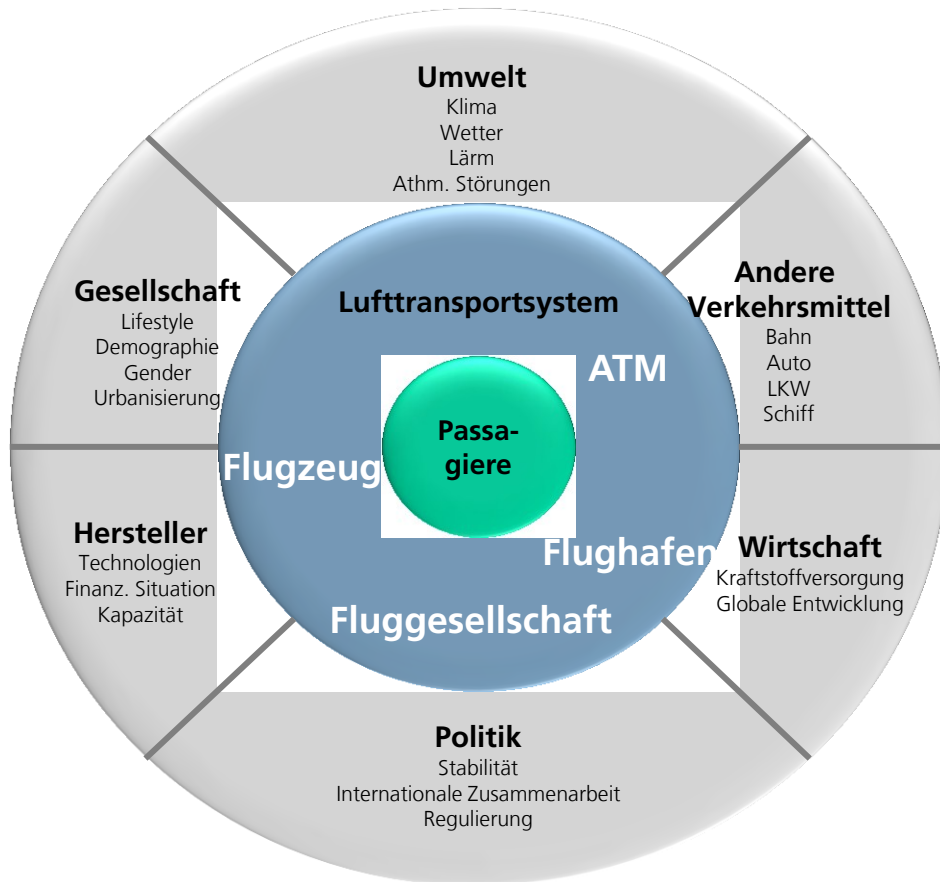


Die Luftfahrtforschungsinstitute des DLR:

- Institut für Aerodynamik & Strömungsmechanik (Braunschweig/Göttingen)
- Institut für Aeroelastik (Göttingen)
- Institut für Antriebstechnik (Köln)
- Institut für Bauweisen & Konstruktion (Stuttgart)
- Institut für Faserverbundwerkstoffe & Adaptronik (Braunschweig)
- Institut für Flugsystemtechnik (Braunschweig)
- Institut für Flughafenwesen & Luftverkehr (Köln)
- Institut für Kommunikation & Navigation (Oberpfaffenhofen)
- **Institut für Lufttransportsysteme (Hamburg)**
- Institut für Luftverkehrsführung (Braunschweig)
- Institut für Luft- u. Raumfahrtmedizin (Köln/Hamburg)
- Institut für Physik der Atmosphäre
- Institut für Verbrennungstechnik (Stuttgart)



Einführung



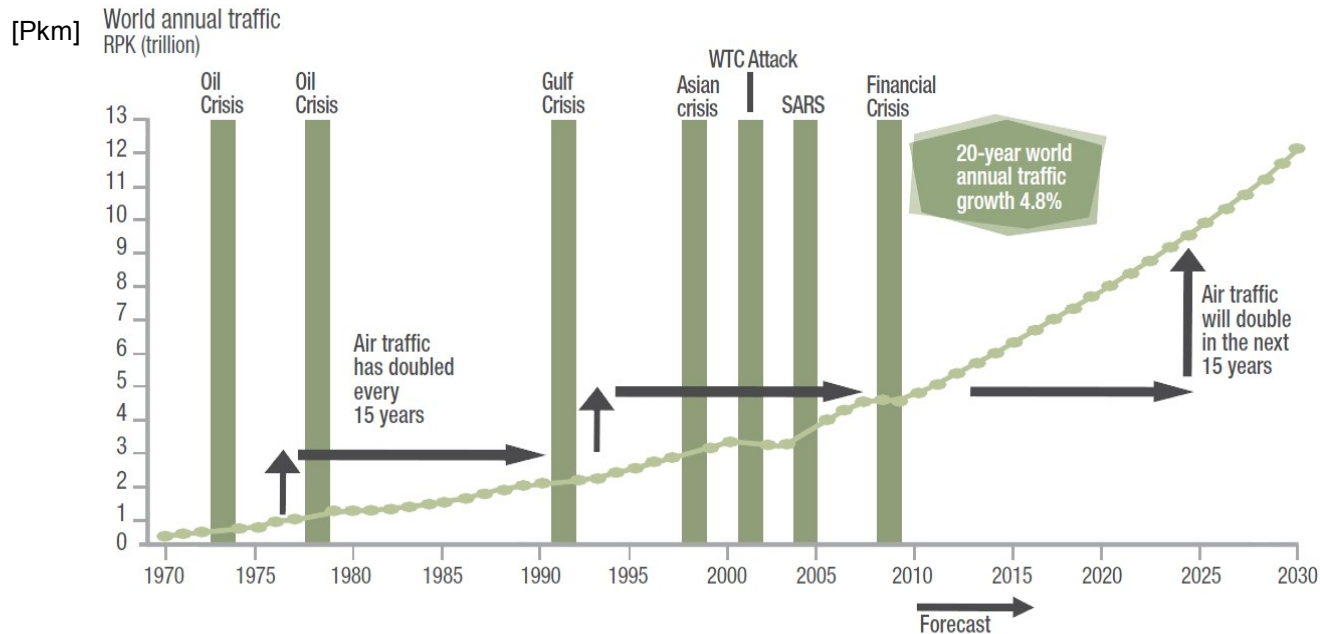
- Die meisten Entwicklungen und Forschungen fokussieren sich auf Einzeltechnologien, i.e. Aerodynamik, Flugzeug, Radar, Flughafen, etc.
- Lufttransporttechnologien haben einen sehr hohen Reifegrad erreicht
- Keine echten Durchbrüche seit den Siebzigern
- Optimierungen und Verbesserungen adressieren immer nur Teilaspekte des Lufttransports
- VISION2020 und FLIGHTPATH2050 setzen extreme und umfassende Forderungen
- Lufttransport wird gesellschaftlich kritisch gesehen
- Passagiere werden anspruchsvoller
- Sind Passagiere der einzige Kunde?

Das Lufttransportsystem – Ein System der Systeme



Rahmenentwicklungen der Luftfahrt

Perspektiven der Luftfahrt bis 2050 (1/3)



➔ Trotz aller „Störungen“ erwartet die Luftfahrtindustrie mindestens bis 2030 ein globales Wachstum von etwa **4.8% in den Passagierbewegungen**

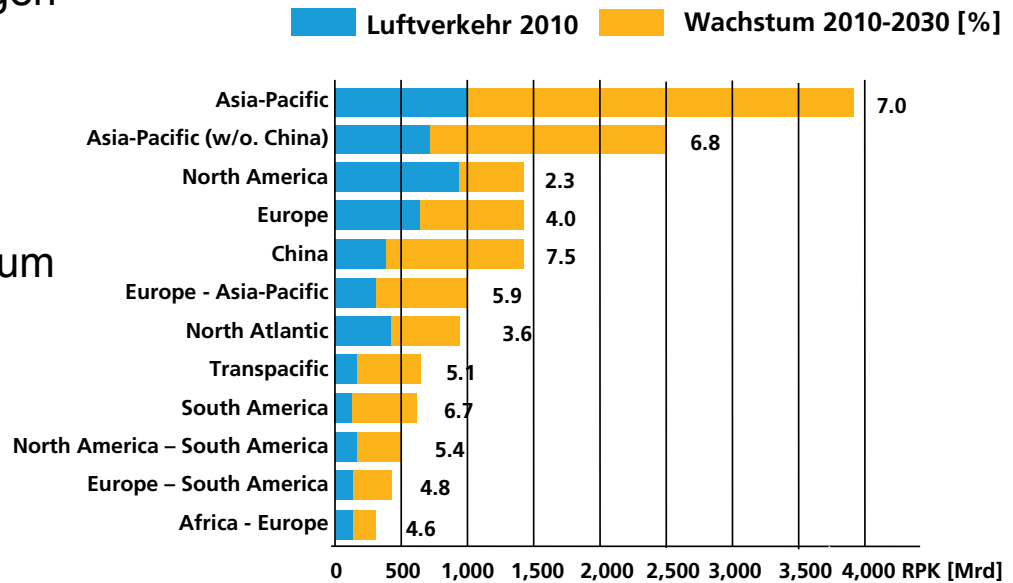


Rahmenentwicklungen der Luftfahrt

Perspektiven der Luftfahrt bis 2050 (2/3)

Ein genauerer Blick in Entwicklungen zeigt:

- Das Wachstum in Europa und Nordamerika stagniert nahezu
- Signifikantes regionales Wachstum in Asien, China, Südamerika
- Signifikantes Wachstum der Verkehrsflüsse in und zu den Wachstumsregionen EU-Asien, EU,US – Südamerika



Durchschnittliches weltweites Wachstum: 5.1%

➔ Überproportionales Wachstum auf der Langstrecke

➔ Wachstum auf der Kurzstrecke auf die Wachstumsregionen beschränkt

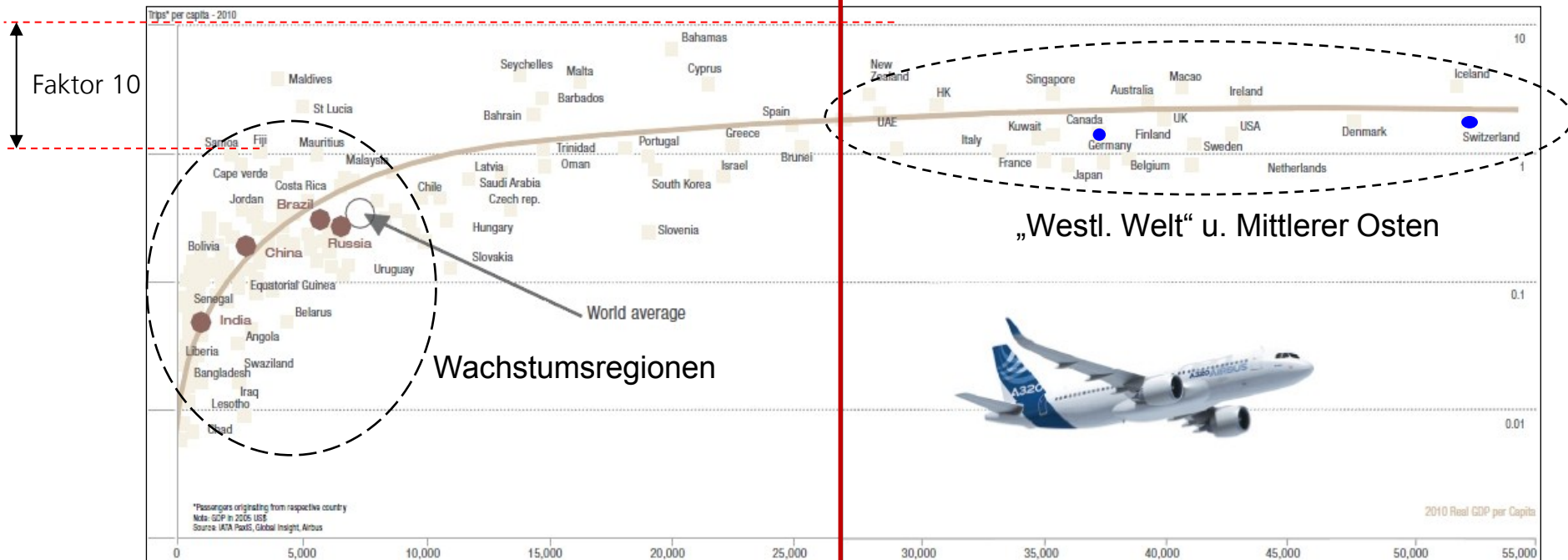


Source: Boeing Market Outlook 2011



Rahmenentwicklungen der Luftfahrt

Perspektiven der Luftfahrt bis 2050 (3/3)



Mobilität wächst rapide mit der wirtschaftl. Entwicklung



Mobilität nahezu unabhängig von der wirtschaftl. Entwicklung u. stagniert

- ➔ Kurzstreckentransport wächst in den Wachstumsregionen mit einer eigenen Luftfahrtindustrie
- ➔ Langstreckentransport wächst zwischen der „Westl. Welt“, dem Mittleren Osten und den Wachstumsregionen

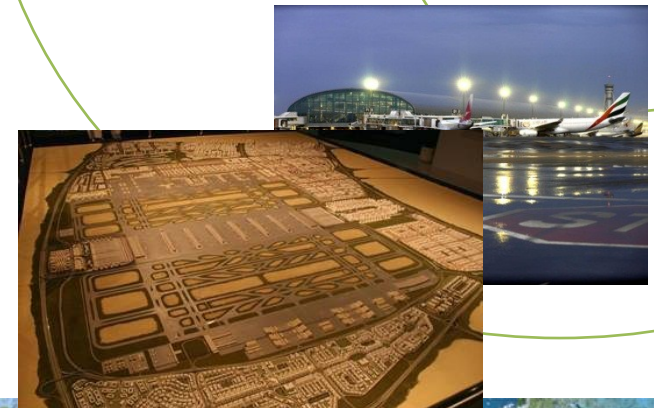
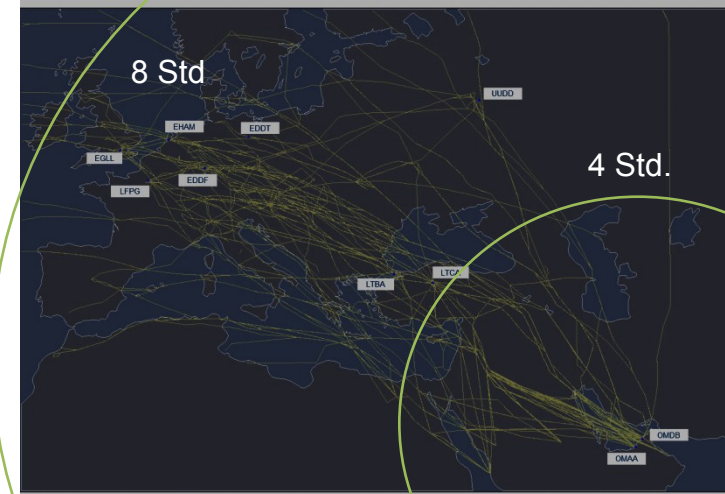
Source: Airbus GMF 2011



Rahmenentwicklungen der Luftfahrt

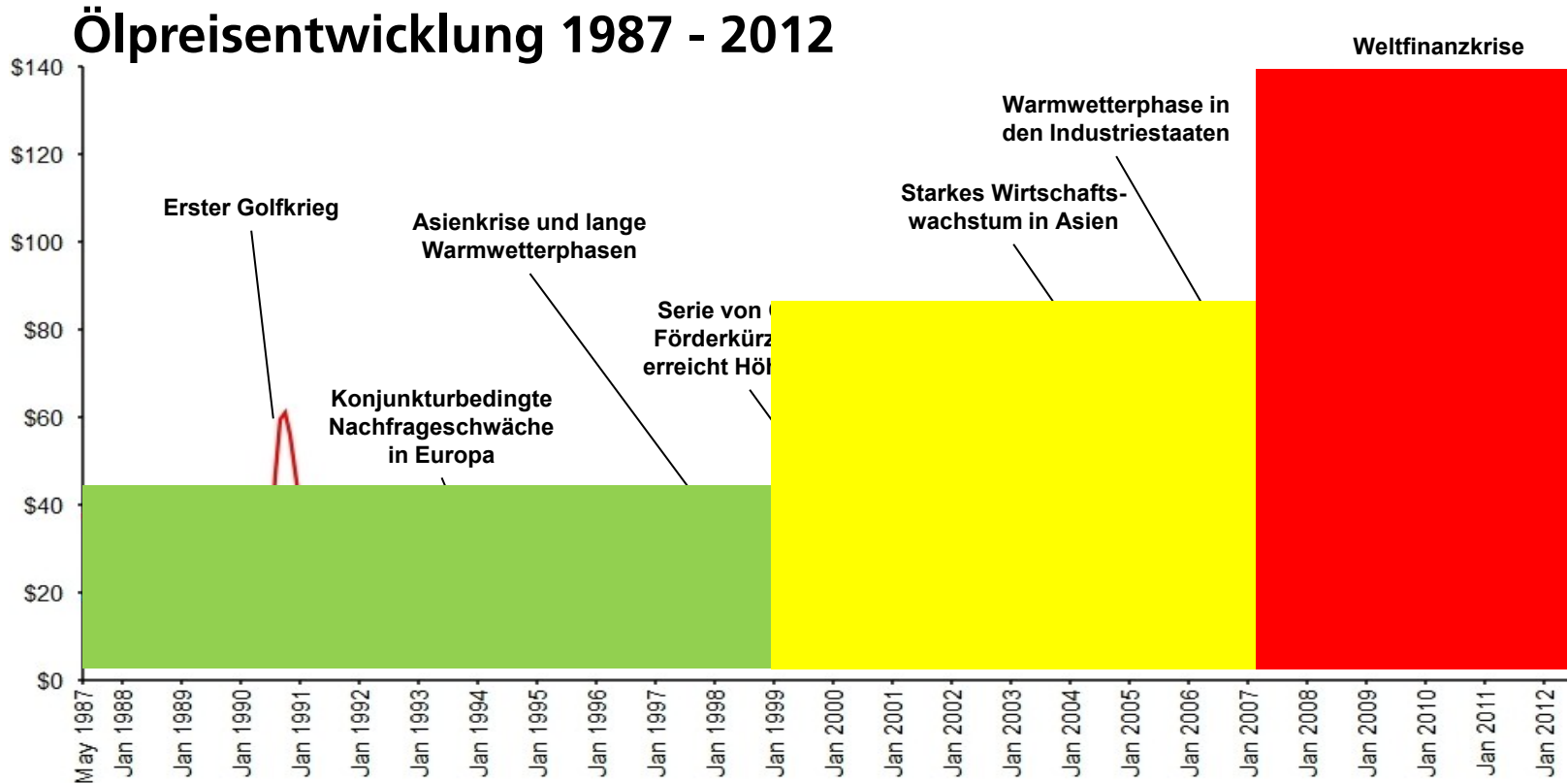
Globale Luftverkehrsflüsse verändern sich

- **Mittlerer Osten erreicht 2/3 der Weltbevölkerung** binnen 8 Flugstunden
- **Mega Flughäfen als Drehscheiben** stellen erhebliche Langstreckenflugkapazitäten bereit
- **Verändernde Verkehrsflüsse führen zu einer** veränderten Bedeutung der Hub und Spoke Flughäfen in Europa
- **Europäische Airlines werden profitieren aber auch ihre Geschäftsmodelle und Verkehrsflüsse verändern** aufgrund der Entwicklungen in Asien und dem Mittleren Osten



Dubai World Central Airport

Rahmenentwicklungen der Luftfahrt



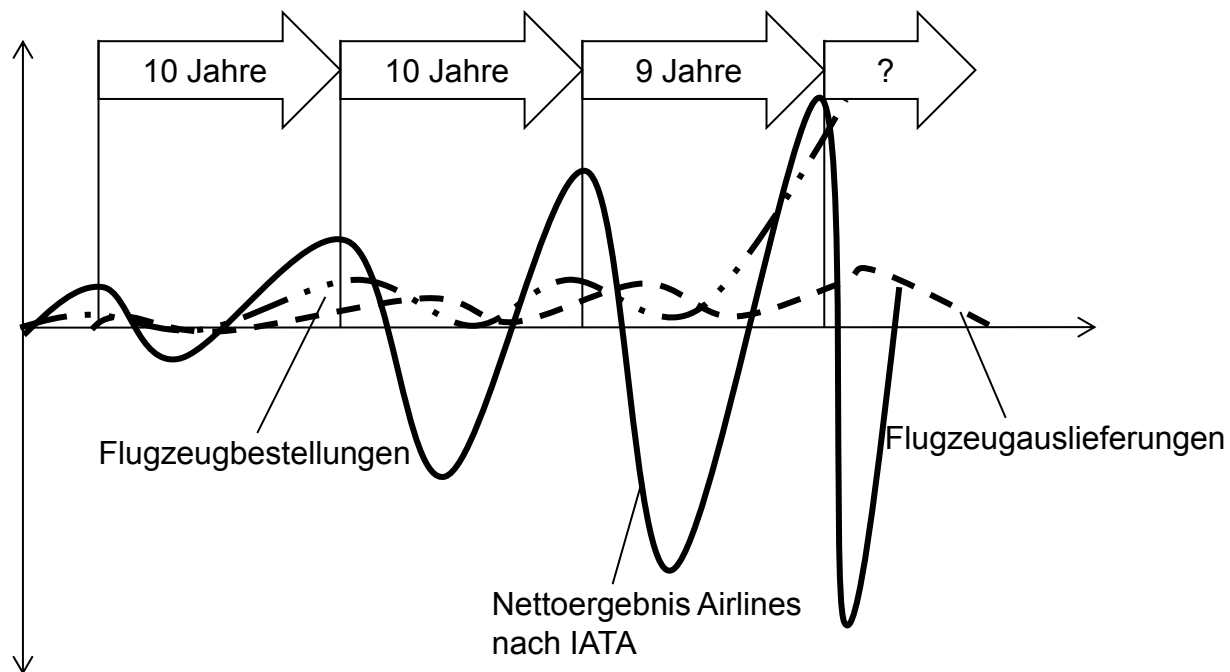
➔ Stetiger Ölpreisanstieg und immer größere Änderungsamplituden führen zu einer sehr empfindlichen und zunehmend destabilisierenden Entwicklung für die Luftfahrt

Source: EIA



Rahmenentwicklungen der Luftfahrt

Schwankungen im Geschäft mit Flugzeugen



➔ Der Flugzeugmarkt wird zunehmend empfindlich und instabil

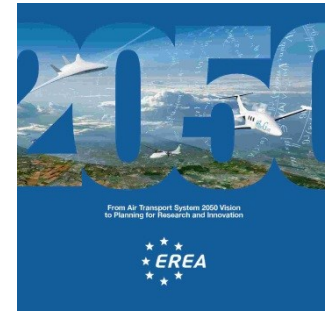


Spagat zwischen Mobilität und „Grünem“ Lufttransport

Herausforderungen für die Luftfahrt im 21. Jahrhundert



Wirtschaftlichkeit



Umwelt

Effizienz



Spagat zwischen Mobilität und „Grünem“ Lufttransport

- **Mobilität** ist ein zentraler Pfeiler für Wohlstand und Wachstum
- Wachsende **Energie- und Ölkosten** sowie **Umweltbewußtsein** bedrängen das quantitative Wachstum der Luftfahrtindustrie
- **Balance** zwischen Zeit, Kosten, Umweltwirkungen, Leistung, Individualität

Daher:

- Passagiermobilität ermöglichen mit **weniger Flugzeugbewegungen**
- Mobilität ermöglichen mit **weniger Energieaufwand**, Materialien, Emissionen und Lärm **erfordert weniger Verkehr** → weniger Flugzeuge, weniger Flughafen- und Luftraumkapazitäten
- **Kosten und Emissionen** einer Reise sind auf mehr Reisende je Flug **zu verteilen**
- **Attraktivere** Flugreise – Menschen bevorzugen die Flugreise gegen über anderen Verkehrsträger oder neuen Medien
- **Andere Designphilosophien** für Flugzeuge, Flughäfen, Verkehrsmanagement

**Paradigmenwechsel vom quantitativen zu einem qualitativen
Wachstum des Lufttransports**

→ Das Erlebnis Flugreise!!

Source: U. Becker, TU Dresden, V. Gollnick, DLR



Das Erlebnis Flugreise

Qualitatives Wachstum des Lufttransports

- **Weniger Verkehr, weniger Flugzeuge, konsolidierte Kapazitäten**
 - **Weniger** Lärm und **Emissionen**
 - **Mehr** Potential für **Pünktlichkeit**
 - **Mehr** Potential für **Verlässlichkeit** und **Sicherheit** der Lufttransportprozesse

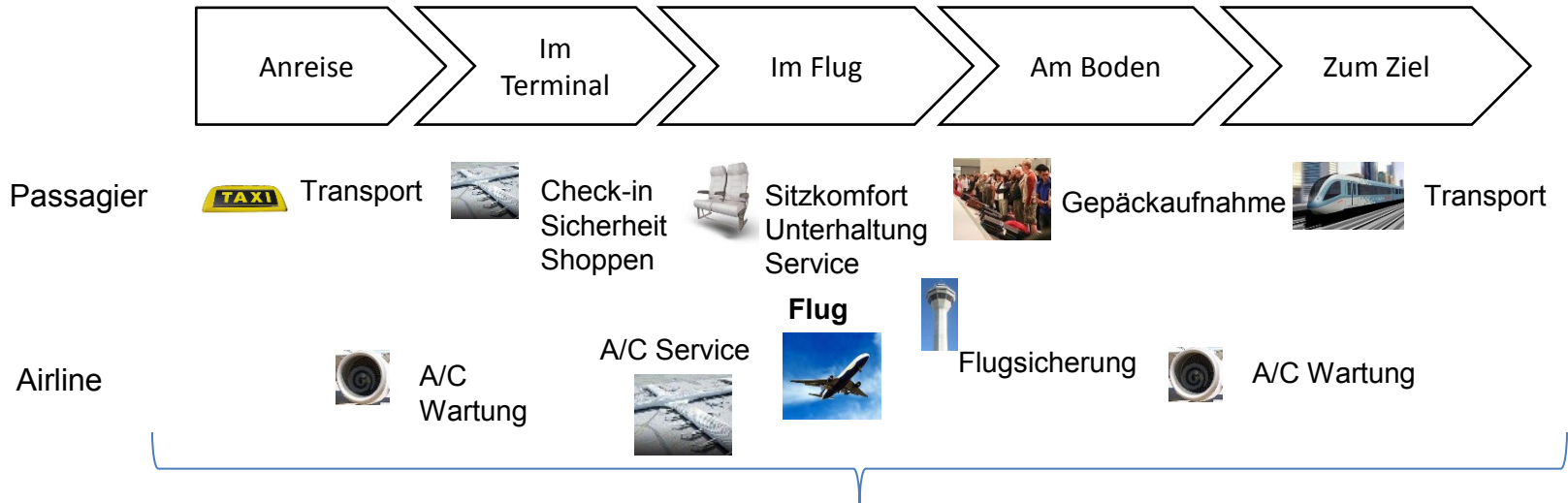


- **Wachsende Qualität bedeutet**
 - **Mehr Komfort**
 - Entspannteres **Reiseerlebnis**
 - **Attraktivere** Flugreise – Menschen bevorzugen die Flugreise gegenüber anderen Verkehrsträger oder neuen Medien
 - **Andere Designphilosophien** für Flugzeuge, Flughäfen, Verkehrsmanagement



Das Erlebnis Flugreise

Qualitatives Wachstum des Lufttransports



Qualitatives Wachstum = Wert schaffen

- Verbindungen
- Reisezeiten
- Komfort/Sicherheit
- Planbarkeit
- Fließende Abläufe

→ Qualitativer Lufttransport bedeutet Prozessorientierung und weniger Orientierung an Partikularinteressen



Das Erlebnis Flugreise

Synthese von neuen Technologien und neuen Flugzeugformen

ANFORDERUNGEN



Mobilität



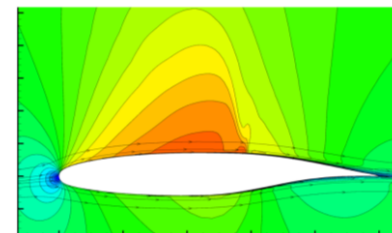
Umwelt



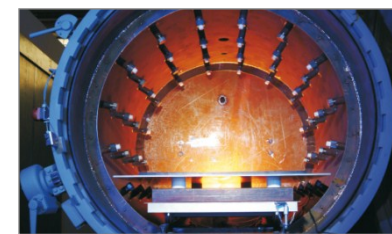
Wirtschaft



Antriebe



Aerodynamik



Leichtbau & Fertigung

TECHNOLOGIEN



Das Erlebnis Flugreise

Flugzeuge für das 21. Jahrhundert

Individual



Überschall Business Jet

Langstrecke



Airbus A380



Airbus A350



Boeing 787



Neues Langstreckenflugzeug



Neues Großflugzeug



Wasserstoff als Kraftstoff

Kurz- und Mittelstrecke



Boeing 737MAX



UAC

Boeing 737+



Airbus A319neo



COMAC



Airbus A30x

2010er

2020er

2030er

2040er

2050er



Eine Lösung – Der Blended Wing Body

Ein Integriertes Konzept für die Langstrecke

Effizienter, globaler
Massentransport

Eingebettete
Triebwerke

Große, komfortable
Passagierkabine



Rumpf trägt mit
zum Auftrieb bei

Nahtloser Übergang
Flügel-Rumpf



Eine Lösung – Der Blended Wing Body

Ein Integriertes Konzept für die Langstrecke

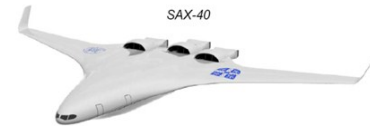
- Effizientes Konzept mit erheblichem Potential für geringe Emissionen
- Ermöglicht Ausweitung des Entwurfsraums und neue Lösungen
- „Relativ bekannt“ – US/EU Forschung
- Technisch herausfordernd
- Antworten auf globale Herausforderungen
- Weckt Emotionen



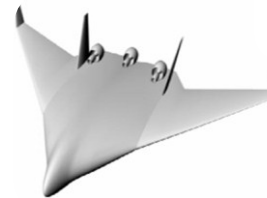
2040: DLR BWB



2012: NASA X-48C



2007: SAX-40



2004: EU MOB



1989: B2



1945: Horten IX



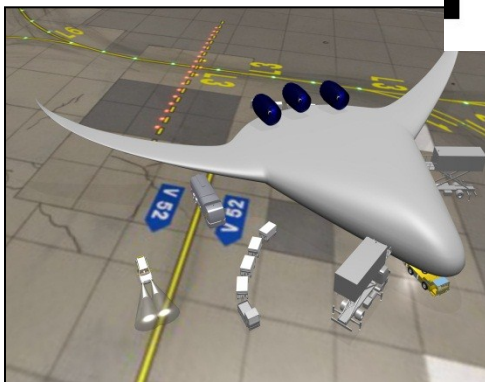
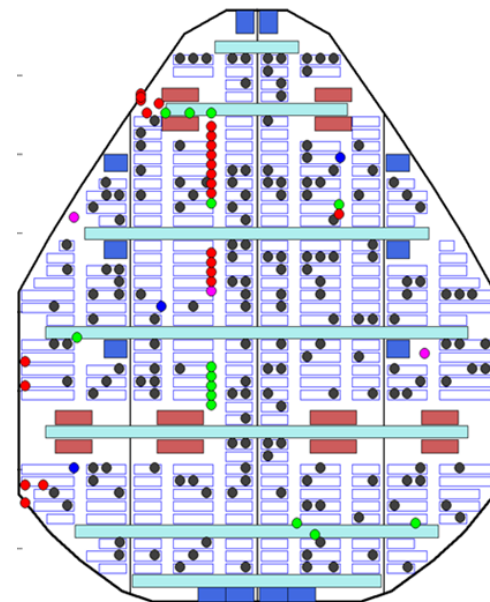
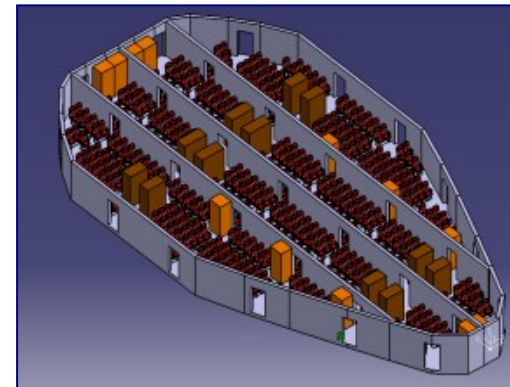
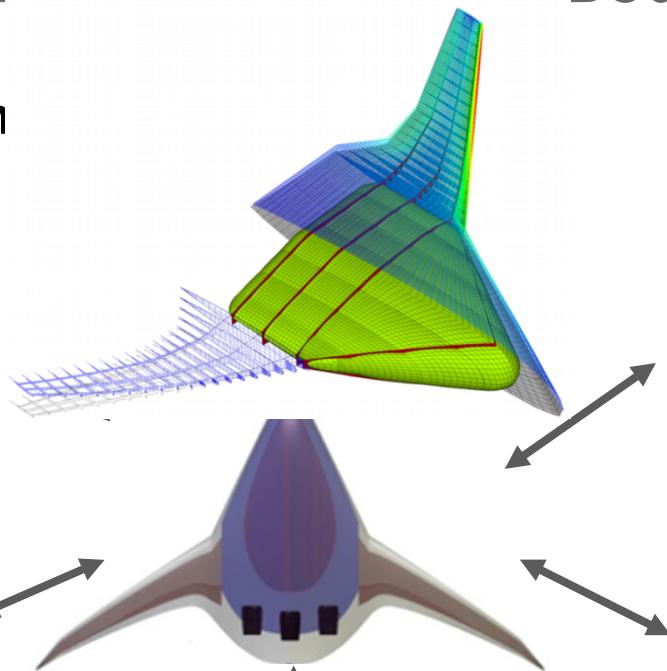
Eine Lösung – Der Blended Wing Body

Ein Integrierter Entwurf

Kabinendesign

Boarding

Turnaround
Betrieb

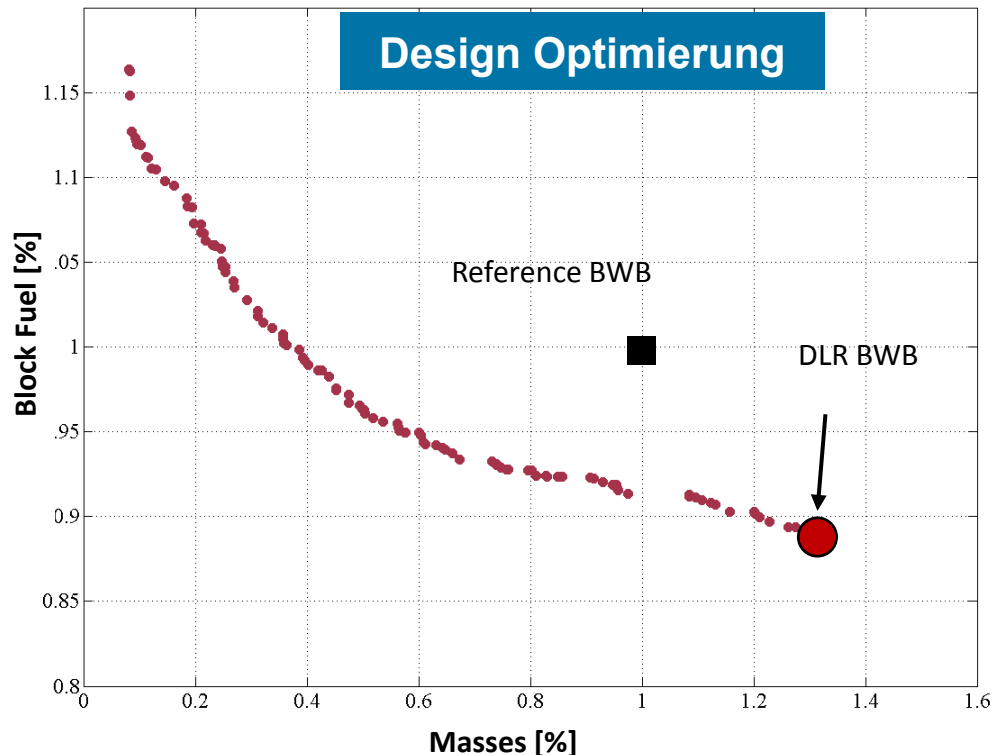
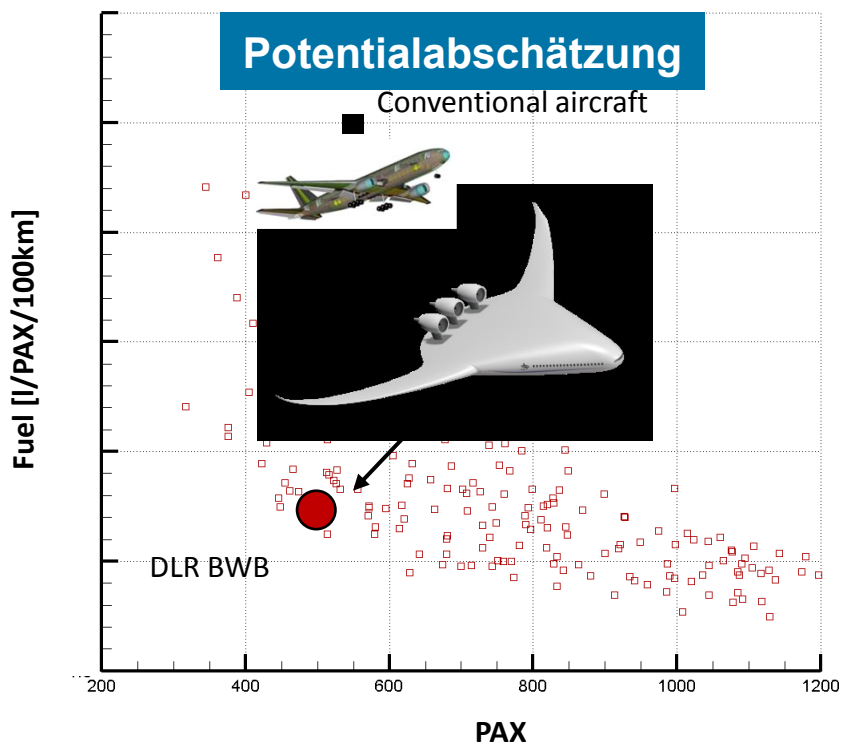


Source: DLR, Institute for Air Transportation Systems



Eine Lösung – Der Blended Wing Body

Potentialbewertung



➔ Erhebliche Kraftstoffeinsparungen möglich

Source: DLR, Institute for Air Transportation Systems

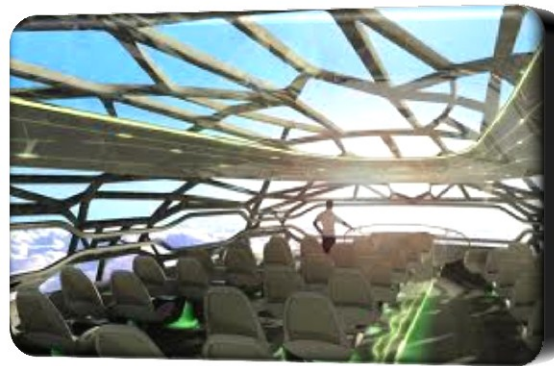


Eine Lösung – Der Blended Wing Body

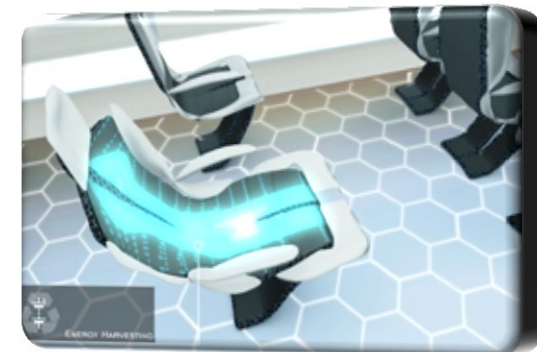
Kabinenideen für das Erlebnis Flugreise



- Adaptive Zonen, die sich individuellen Passagierbedürfnissen anpassen



- Bionische Strukturen zur Gewichtsreduktion
- Ökologische Materialien



- Anpassbare Sitze



Quelle: Airbus

Eine Lösung – Das Laminarflugzeug

Verbrauch vs. Gewicht



Flügel aus Kohlefaserverbundstoff

Flügelprofilform erhält laminare Strömung

Höhenruder in T-Form um Interferenz mit Triebwerken zu vermeiden

Vorwärts gepfeilter Flügel ist vorteilhaft für Laminartechnologie

Triebwerke am Heck für ungestörte Flügelumströmung

Das LamAir Flugzeug ist etwas schwerer als der A320, der Verbrauch ist aber niedriger → Balancierter Gesamtentwurf nötig

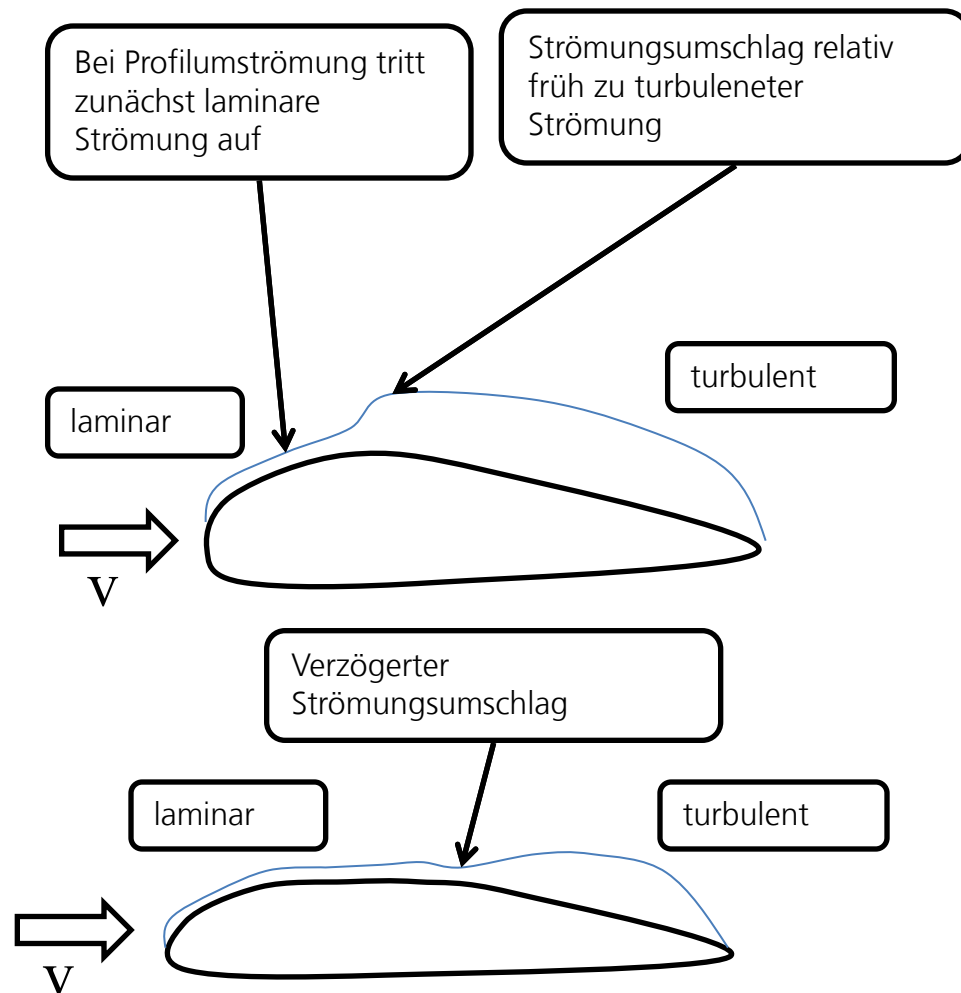


Eine Lösung – Das Laminarflugzeug

Die Wirkung der Laminarität

Natürliche Laminarerhaltung

- **Gleichmäßige**, geschichtete Strömung wird als **laminar** bezeichnet
- **Laminare** Strömung hat **geringen Reibungswiderstand**
- **Ungleichmäßige** Strömung wird als **turbulent** bezeichnet und hat einen relativ **hohen Widerstand**
- **Verzögerung des Umschlages** von laminarer auf turbulenter Strömung **reduziert Widerstand**



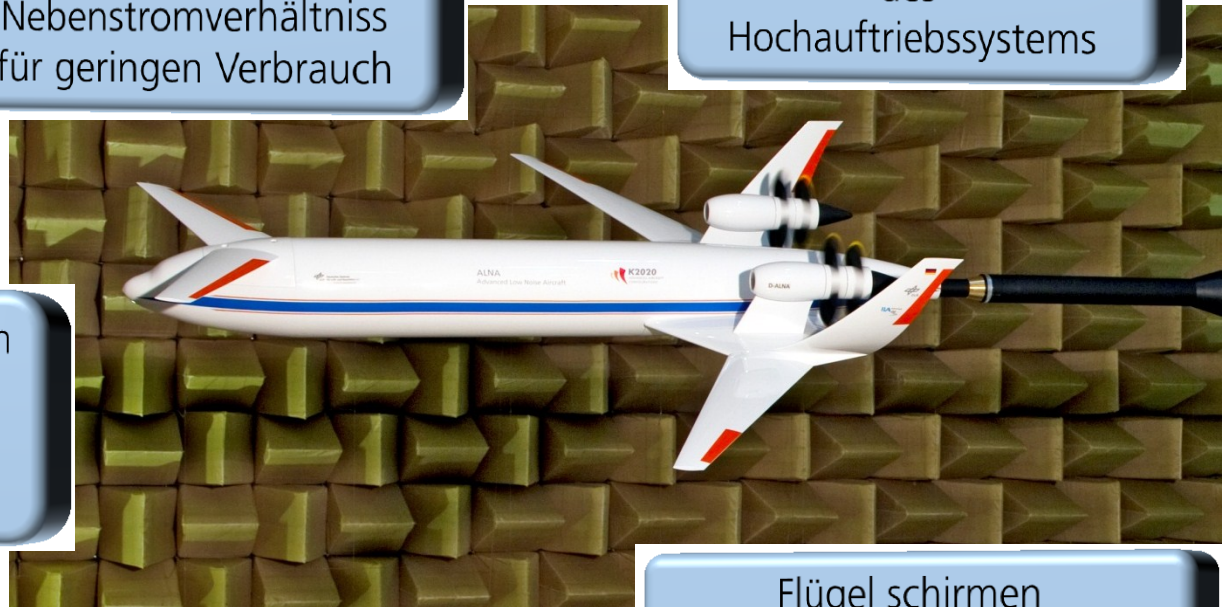
Eine Lösung – Das Laminarflugzeug

Ein leises Flugzeug und Liebling der Flughafenanwohner

Triebwerke mit großem Nebenstromverhältniss für geringen Verbrauch

Reduzierte Komplexität des Hochauftriebssystems

Zwei Seitenleitwerke um Interferenz mit Triebwerksströmung zu verringern



Kurzes Fahrwerk induziert weniger Lärm

Flügel schirmen Triebwerkslärm ab

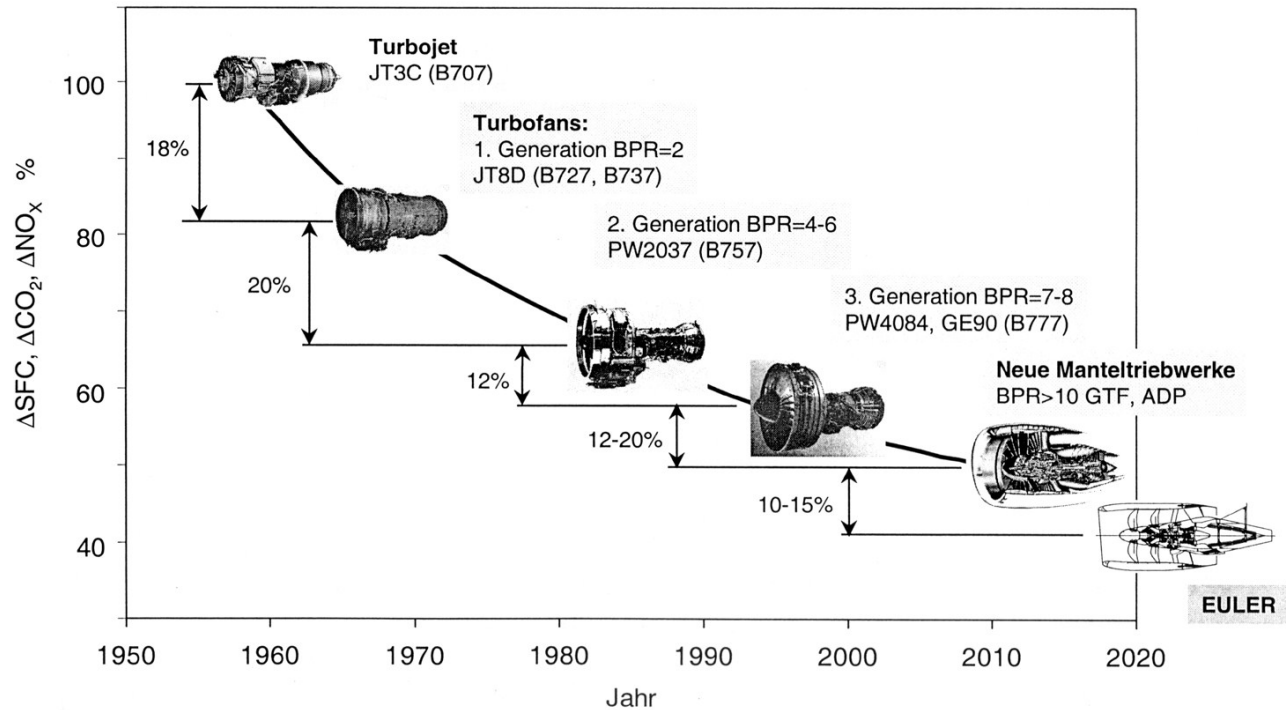


Schlüssel zu „Grüner“ Mobilität

Antriebstechnologien der Zukunft

Triebwerksgenerationen:

80% Verbrauchs- und CO₂-Reduktionen in den letzten 60 Jahren!

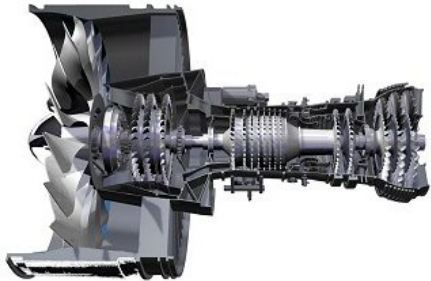


Quelle: MTU



Schlüssel zu „Grüner“ Mobilität

Antriebstechnologien der Zukunft



Getriebefan

Fan durch Getriebe mit Niederdruckturbine gekoppelt:

- +Geringer Kraftstoffverbrauch
- +Lärmverminderung möglich
- +Relativ einfache Integration

- Gewicht
- Größe
- Komplexität

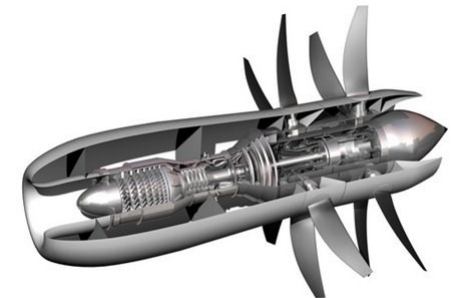


Ummantelter gegenläufiger Fan

Zwei gegenläufige Fans:

- +Geringerer Kraftstoffverbrauch
- +Geringe Größe

- Lärm durch Strömungsinteraktion
- Komplexität



Open Rotor

Fans nicht ummantelt

- +Sehr geringer Kraftstoffverbrauch

- Höhere Gefahr durch Blattverlust
- Red. Reisefluggeschwindigkeit
- Eingeschränkte Lärmverminderung
- Passagierakzeptanz?

Quellen: MTU, Rolls Royce, Snecma



Schlüssel zu „Grüner“ Mobilität

Elektrisches Fliegen?

Herausforderungen

- Im Vergleich zu Kerosin sind **Batterien schwer!**
 - Brennstoffe werden während des Fluges verbraucht, d.h. Flugzeug wird während des Fluges leichter → Das **Gewicht von Batterien ändert sich im Flug nicht**
- Der Elektromotor als Primärtrieb wird mittelfristig **wohl nur für Kleinflugzeuge** sinnvoll sein

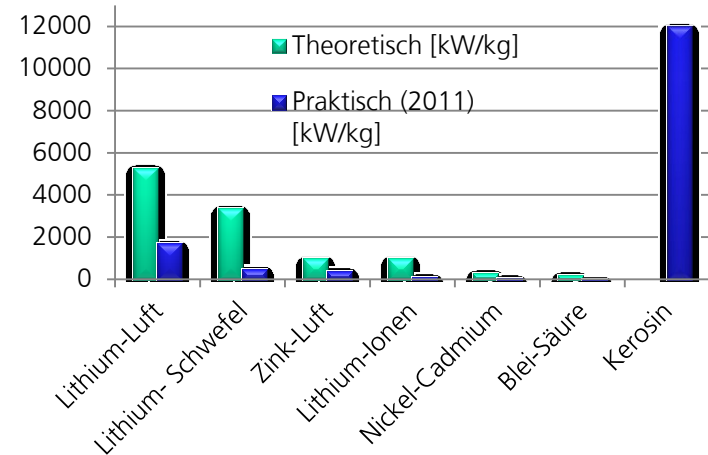


Alternativen

- Emissionsfrei Rollen durch electric taxiing
- Brennstoffzelle als Energiewandler (z.B. DLR Flugzeug Antares)



Energiedichte von Batterien



CAFE Green Flight Challenge Wettbewerb der CAFE Stiftung

Geschwindigkeit >160 km/h
>320 km Reichweite
<1,17 Liter/100km (äquivalent)



Sieger wird ermittelt durch beste Kombination
aus Geschwindigkeit und Verbrauch

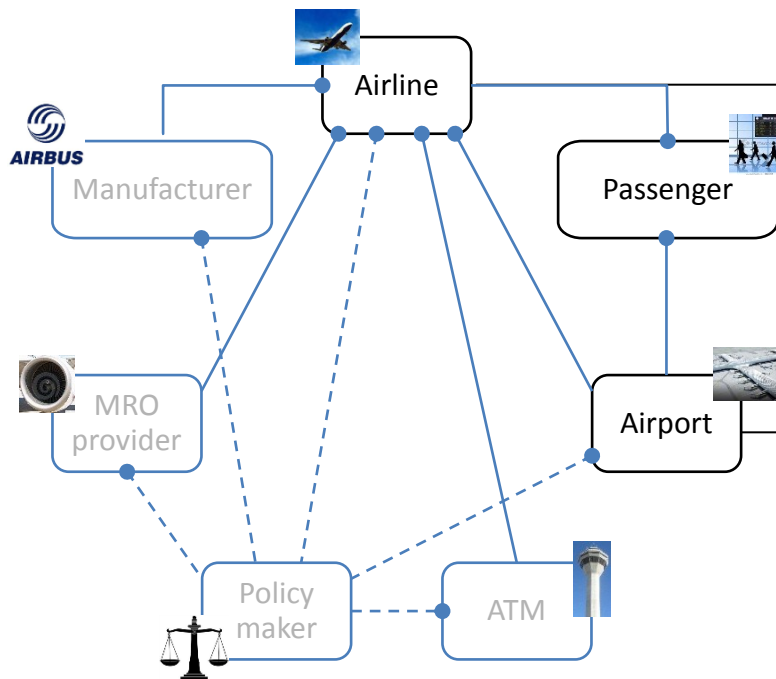
Quellen: DLR, Universität Stuttgart, FTD



Durchgängige Transportketten

Prozessorientierung statt Stakeholderfokus

A ● — B A is customer of B



- Reiseerwartungen:**
- Verbindungen
 - Gesamtreisezeit
 - Komfort
 - Vorhersagbarkeit
 - Durchgängigkeit

- | | |
|---|--|
| <p>Reiseplanung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbindungen • Gesamtreisezeit • Vorhersagbarkeit | <p>In-flight:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komfort • Catering • InFlightEntertainmen |
|---|--|

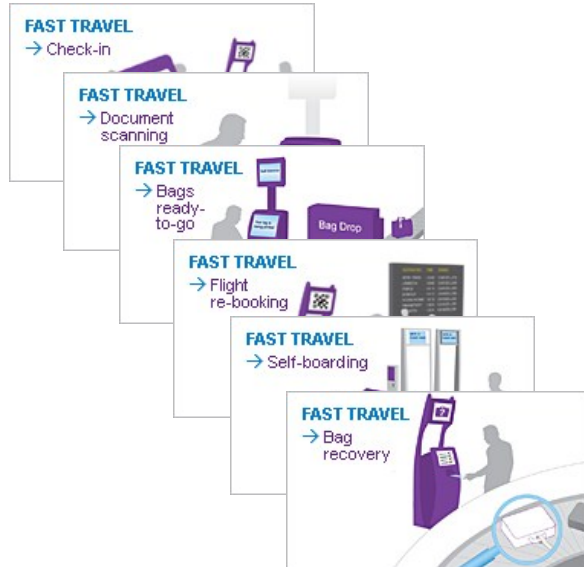
- | | |
|---|---|
| <p>Vor dem Flug</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anreise • Parken • Check-in • Sicherheit • Shopping • Lounges • Einsteigen | <p>Nach dem Flug</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aussteigen • Gepäckaufnahme • Anschlüsse • Abreise |
|---|---|

- ➔ Alle Schritte der Transportkette sind zu betrachten
- ➔ Qualität und Leistung der Flugreise sind gleichberechtigte Ziele



Durchgängige Transportketten

Kommunikationstechnologien für optimale Transportprozesse



Passgierservice und Fluß



Total Airport Management

Qualitätsmetriken:

- Gesamtreisezeit= $t(\text{fixed}) + t(\text{flight}) + t(\text{displacement})$
- Fluß = Keine Verspätung oder signifikante Störung

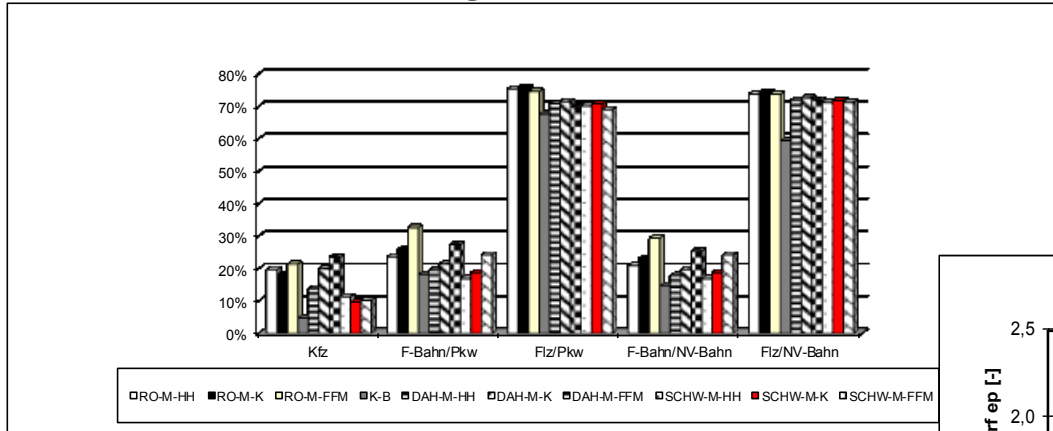


Zeit ist mehr wert als nur Geld



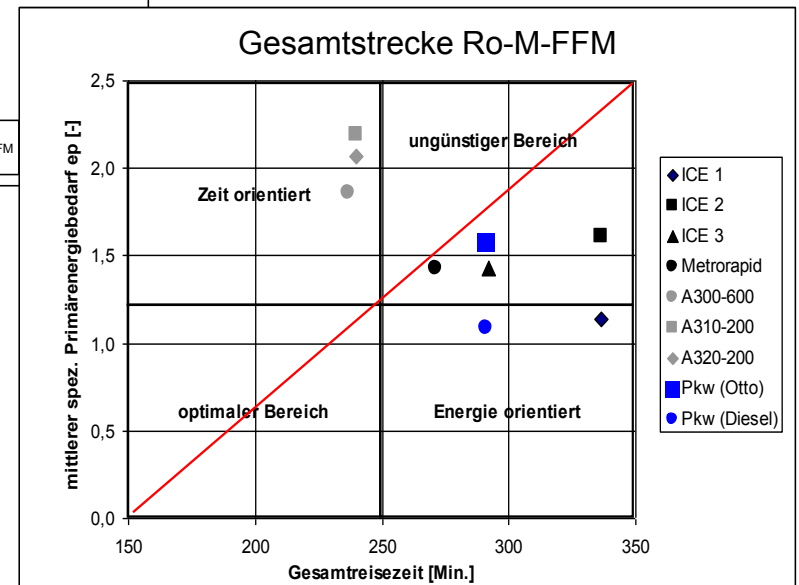
Durchgängige Transportketten

Zeit- und Energieeffizienz im Lufttransport



Rund 70% der Gesamtreisezeit entfällt auf Zu- und Abgang in der Kurzstrecke

Diese Zeitverluste müssen durch das Flugzeug aufgeholt werden



Balance von Zeit- und Energieaufwand optimiert die Flugreise

Durchgängige Transportketten

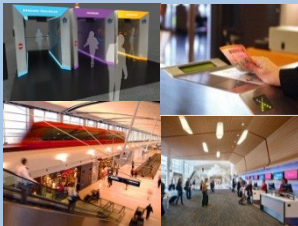
Das Flugzeug ist nur ein Teil der gesamten Transportkette



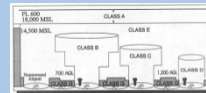
Flightpath 2050

Die **Tür zu Tür Reisezeit** von 90% aller innereuropäischen Reisenden soll **4 Stunden nicht überschreiten**

Flughafen



Luftverkehrsstrukturen – und Prozesse



Fluggesellschaft



Flugzeuge sind **Teil einer Transportkette**.

Es gilt, ein **balanciertes Optimum** zu finden, das die Belange aller Elemente berücksichtigt. Nur so können die Herausforderungen für das Flugzeug der Zukunft gemeistert werden.

Zusammenfassung

- **Mobilität** der Zukunft muß mit **weniger Verkehr** die gleiche oder **mehr Transportleistung** erbringen
- Luftfahrt sollte künftig **mehr auf qualitatives denn auf quantitatives Wachstum** ausgerichtet werden
- Ein **Blended Wing Body** basierter Lufttransport hat gutes Potential für weniger Energiebedarf, weniger Emissionen und Lärm bei **gesteigerter Transporteffizienz**
- Schlüsseltechnologien der Luftfahrt liegen in den **Antriebs- und Kommunikationstechnologien**
- Nur **interdisziplinäre und integrierende Forschung** hebt die Potentiale für ökologischen und wirtschaftlichen Lufttransport
- Für grüne und effiziente **Lufttransportforschung** ist die gesamte Lufttransportkette inkl. **Aller Stakeholder** zu betrachten
- **Grüner Lufttransport ist Prozess orientiert und Teamwork** und weniger Stakeholder bezogen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wissen für Morgen



Standort

Channel Hamburg (Harburg)

Univ. Prof. Dr.-Ing. Volker Gollnick

Phone: +49 (0)40 42878-4197

Fax: +49 (0)40 42878-2979

Zimmer: R06

E-Mail: volker.gollnick@dlr.de

Adresse: Deutsches Zentrum für Luft- u. Raumfahrt (DLR)

Luftransportsysteme

Institut für Luftransportsysteme der TUHH

Blohmstraße 18

D-21079 Hamburg

TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg



DLR

● Hamburg

