



Flugzeugentwurf für kostenoptimierte Abfertigung

1 Einleitung

Durch den Anstieg der Kraftstoffpreise stehen Fluggesellschaften unter Druck die Kosten zu senken, um trotzdem Gewinne zu erwirtschaften. Einen großen Einfluss auf die Kosten konnten die Fluggesellschaften nehmen bei der Gestaltung der Abfertigungsprozesse am Flughafen. Die Hersteller haben mit dem Flugzeugentwurf neuer Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge begonnen. Dadurch soll eine noch stärker kostenoptimierte Abfertigung ermöglicht werden. Weiterhin sollen die neuen Flugzeuge weniger Kraftstoff verbrauchen und umweltfreundlicher werden.

Die Abfertigung berücksichtigt die vielen Tätigkeiten an einem Passagierflugzeug zwischen dem Eintreffen des Flugzeuges am Terminal und dem anschließenden Abrollen. Die Abfertigungszeit (turn around time) ist die Zeit, die das Flugzeug am Terminal steht. Diese Zeit soll möglichst kurz sein. Die Abläufe und Einzeltätigkeiten der Bodenabfertigung haben einen großen Einfluss auf die Abfertigungszeit und die Kosten der Abfertigung.

Fluggesellschaften haben unterschiedliche Geschäftsmodelle. Traditionelle Fluggesellschaften bieten einen gewissen Standard bei üblichen Preisen. Im Gegensatz dazu versuchen so genannte Billigfluglinien (Low Cost Airlines, LCA) die Kosten stark zu reduzieren, auch wenn dies erhebliche Einschränkungen im Komfort bedeutet. Alle Fluglinien versuchen immer kürzere Abfertigungszeiten zu erreichen. Dies führt zu weniger Zeit am Flughafen und mehr Zeit in der Luft. Damit wird eine höhe-

re Auslastung der Flugzeugflotte erreicht.

Bekannte Beispiele für Billigfluglinien (LCA) sind u.a. Ryanair, Easy Jet, German Wings und Air Berlin. Die erste LCA in Europa wurde im Jahr 1985 mit Ryanair gegründet. Seit ihrer Gründung hat sich die Anzahl der von Ryanair beförderten Passagiere pro Jahr konstant um 27% erhöht. Diese Wachstumsrate an beförderten Passagieren ist deutlich größer als die Erhöhung der jährlich beförderten Passagiere mit Flugzeugen weltweit, die bei 5% liegt. Die LCA fliegen Kurz- und Mittelstrecken und verwenden dafür vornehmlich die Boeing B737 und Flugzeuge aus der A320 Familie von Airbus.

Heute gibt es einen Bedarf für neue entworfene Flugzeuge, die die Anforderungen der LCA (noch) besser berücksichtigen als dies bisher der Fall war. Der Grund dafür ist dieser: Das Konzept der Boeing B737 wurde in den 60er Jahren entwickelt, der Airbus A320 wurde in den 80er Jahren entwickelt. Zu dieser Zeit gab es noch keine LCA, folglich konnten deren Anforderungen auch noch nicht im Entwurf berücksichtigt werden. Wenn jetzt über einen Nachfolger zur B737 und zur A320 nachgedacht wird, dann sollen die Anforderungen der LCA erstmals von Anfang an berücksichtigt werden.

2 Bodenabfertigung

Unter der Bodenabfertigung versteht man eine Abfolge verschiedener Tätigkeiten rund um das Flugzeug am Vorfeld. Dabei müssen bestimmte Vorschriften und Randbedingungen berücksichtigt werden. Viele Vor-

schriften regeln das Betanken, das in den meisten Fällen ein Flugzeug ohne Passagiere an Bord voraussetzt (Bild 1).

verfahren beschrieben werden. Danach werden Abfertigungsverfahren dargestellt, die auf LCA abgestimmt sind.

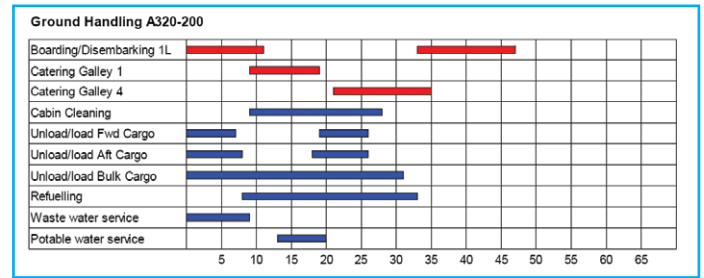


Bild 1: Zeitlicher Ablauf eines Abfertigungsprozess

Die Bodenabfertigung soll zügig und effizient erfolgen. Die Bodenabfertigung beinhaltet insbesondere diese Tätigkeiten:

- Bereitstellung der Fluggastbrücke, von Treppen und Bussen,
- Be- und Entladen von Gepäck, Post und Frachtgut,
- Betanken,
- Service der Bordküchen,
- Service der Abwasser und Frischwassertanks,
- Versorgung des Flugzeugs mit Sekundärenergie (Elektrik, Pneumatik, Hydraulik) oder klimatisierter Luft,
- Enteisung,
- Zurückschieben (push back) und Schleppen (towing) des Flugzeugs.

Um dies alles zu gewährleisten stehen den Fluggesellschaften verschiedene Abfertigungsgeräte (Ground Support Equipment, GSE) auf dem Vorfeld zur Verfügung. Diese Spezialgeräte müssen in Bezug auf die Frachtladetore und Anschlüsse am Flugzeug positioniert werden.

Bei einer Betrachtung der Prozesse der Abfertigung können die Unterschiede zwischen konventioneller Fluggesellschaften und Billigfluglinien herausgearbeitet werden. Zunächst sollen konventionelle Abfertigungs-

2.1 Konventionelle Abfertigungsverfahren

Bild 2 zeigt ein Layout eines Abfertigungsprozesses am Beispiel eines Airbus A320, das in Kombination mit dem zeitlichen Ablauf (Bild 1) folgendes Szenario beschreibt, welches im Folgenden beschrieben werden soll.

Nachdem das Flugzeug die Parkposition erreicht hat und Bremsklötze vorgelegt wurden beginnt das Aussteigen (deboarding) der Passagiere. Das Ein- bzw. Aussteigen der Passagiere kann entweder mittels einer Fluggastbrücke (auch Finger genannt) oder einer Lufttreppe erfolgen. Zuerst genanntes verbindet das Flugzeug direkt mit dem Abfertigungsgebäude und ist mit Hilfe eines Gelenkes schwenkbar. Die Lufttreppe hingegen ist bewegbar, höhenverstellbar und gewöhnlich mit einem eigenen Antrieb ausgestattet. Als eine weitere Option sei hier die Bordtreppe angeführt die bei speziellen Kurzstreckenflugzeugen (A320, B737) verfügbar ist. Wird das Flugzeug nicht in unmittelbarer Nähe zum Abfertigungsgebäude geparkt werden situationsbedingt Lufttreppen sowie Busse notwendig um die Passagiere weiter zu befördern.

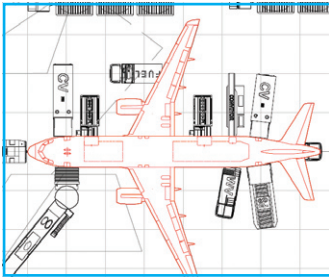


Bild 2: Layout eines Abfertigungsprozesses

Zeitgleich mit dem Aussteigen der Passagiere wird mit dem Be- und Entladevorgang begonnen. Dieser Prozess wird durch einen Förderbandwagen (belt loader), der an die Frachtluke herangefahren wird, unterstützt. Diese Vorgehensweise ist typisch bei kleineren Flugzeugen wo Gepäckstücke als Stückgut (bulk cargo) verladen werden. Das entladene Gepäck wird mit Hilfe von Gepäckwagen und einer Zugmaschine zum Zielort auf dem Flughafengelände befördert. Die Zugmaschinen sind wesentlicher Bestandteil der Bodenabfertigung. Sie befördern Hilfsmittel die sich nicht eigenständig fortbewegen können wie z.B. mobile Klimaanlage, Druckluftstarter, Toilettenwagen oder die bereits zuvor genannten Gepäckwagen. Im Gegensatz zur Vorgehensweise mit Förderbandwagen werden für ein schnelleres Be- und Entladen von Gepäck und Frachtgut Container verwendet die im Laderaum von größeren Flugzeugen Platz finden. Für das Be- und Entladen des Flugzeugs mit Containern wird eine Hebevorrichtung benötigt.

Während das Flugzeug am Boden verweilt, wird es über ein externes Aggregat mit Strom versorgt. Dieses Aggregat ist vereinzelt auch an der Fluggasttreppe montiert, was die Energieversorgung für abseits geparkte Flugzeuge vereinfacht. In besonderen Fällen können auch Aggregate zur Verfügung gestellt werden, die das Flugzeug mit anderen Sekundärenergien versorgt (s.o.). Auf entlegenen Flugplätzen ist eine autonome Versorgung über das

Hilfstriebwerk (auxiliary power unit, APU) möglich.

Erst wenn alle Passagiere die Kabine verlassen haben, darf das Flugzeug betankt werden (in speziellen Fällen ist das Betanken mit Passagieren an Board zugelassen). Die Betankung verläuft entweder mit Hilfe eines Tankwagens oder über ein Zapfstellenfahrzeug. Das Zapfstellenfahrzeug dockt an ein zentrales Leitungssystem an und stellt so den Kraftstoff für das Flugzeug zur Verfügung. Es gibt einen bedeutenden Vorteil des Zapfstellensystem gegenüber dem Tankwagensystem: die Tankwagen müssen, wenn sie leer sind an geeigneter Stelle des Flughafengeländes wieder aufgefüllt werden. Dieser Arbeitsschritt entfällt beim Zapfstellensystem.

Mit dem Ausstieg des letzten Passagiers werden weitere Aktionen gestartet. Die Kabine wird gereinigt, entstandener Müll entsorgt, Lebensmittel für Passagiere und Crew angeliefert, gesammeltes Abwasser über den Toilettenservicewagen abgepumpt und das Trinkwassersystem wieder befüllt. Auf kleineren Flughäfen findet man auch Toilettenservicefahrzeuge, die von einer Zugmaschine gezogen werden müssen.

Nach dem Betanken und dem Reinigen können die Passagiere in das Flugzeug einsteigen. Maßgeblich ist in fast allen Fällen das Ende des Tankvorganges. Das Be- und Entladen des Gepäcks wird weder durch das Ein- und Aussteigen noch durch das Betanken beeinflusst.

Mit allen Passagieren an Board und der erteilten Freigabe der Bodenkontrolle kann das Flugzeug die Parkposition wieder verlassen. Oftmals kann das Flugzeug die Parkposition nur rückwärts verlassen. Für das Zurückschieben (push back) ist ein Schlepper notwendig, weil heute bei fast keinem Flugzeugtyp eine praktikable Möglichkeit

existiert, um das Flugzeug mit eigener Kraft rückwärts rollen zu lassen. Manche Schlepper benutzen für das Zurückschieben oder Schleppen (towing) eine Schleppstange, während andere Schlepper das Bugfahrwerk anheben und die Maschine so zurücksetzen. Nach dem Zurückschieben werden die Triebwerke gestartet.

2.2 Abfertigungsverfahren abgestimmt auf Low Cost Airlines

Die LCA haben neue Bodenabfertigungsabläufe entwickelt. LCAs bevorzugen die kleineren Sekundärflughäfen, an denen die Abfertigung schnell, unkompliziert und preiswert möglich ist. Mittels der innovativen Bodenabfertigungsabläufe, kombiniert mit der Auslagerung der Flugzeugwartung, können die Low Cost Airlines bis zu 70% der entsprechenden Kosten einsparen (Gross 2007).

Wie in Bild 3 zu erkennen ist, wird die Abfertigungszeit (turn around time) bei LCA im Vergleich zur Abfertigungszeit bei konventionellen Prozessen um etwa 25 Minuten verringert und die Anzahl der benötigten Servicefahrzeuge für diese Abfertigung drastisch reduziert.

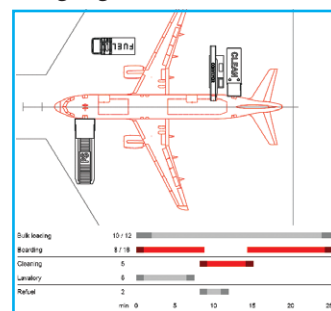


Bild 3: LCA Turn Around

In Bild 4 werden die Hauptunterschiede der Abfertigungsverfahren zwischen einer LCA und einer herkömmlichen Fluggesellschaft dargestellt. Es ist bemerkenswert, dass Anforderungen an die Abläufe der LCA nur auf Sekundärflughäfen berücksichtigt werden, da sich diese Sekundärflughäfen mit ihrer Infrastruktur auf die Bedürfnisse

der einzelnen Fluggesellschaften einstellen können. Dagegen ist an Drehkreuzflughäfen der Ablauf der Bodenabfertigung standardisiert und es bleiben nur wenige Modifikationsmöglichkeiten für Fluggesellschaften offen.

LCAs stimmen die Bodenabfertigung auf ihre Anforderungen ab und sparen damit Abfertigungszeiten und Kosten ein. Eine Reihe von Maßnahmen werden angewandt die entsprechend positive Effekte haben. Genannt seien insbesondere diese Maßnahmen und Effekte:

- Durch die Nutzung von Bordtreppen entfallen die Gebühren der Lufttreppen.
- Durch Nutzung von Lufttreppen entfallen die Gebühren von Fluggastbrücken.
- Zwei Lufttreppen (am Bug und am Heck) beschleunigen das Ein- bzw. Aussteigen.
- Flugzeuge parken so nahe wie Möglich am Flugsteig. Die Bustransferkosten entfallen da die Passagiere zu Fuß zum Flugzeug gelangen.
- Parallel am Abfertigungsgebäude geparkte Flugzeuge benötigen kein Zurückschieben (push back).
- Die Crew reinigt die Kabine selbst. Dies ist möglich da, nur wenig Speisen und Getränke gereicht werden.
- Angefallener Müll muss nicht nach jedem Flug von Bord gebracht werden.
- Da das Gepäck im Frachtraum mit Hilfe von Gepäcknetzen und nicht in Containern verstaut wird, wird nur das Gepäckförderbandfahrzeug benötigt.
- Bei kurzen Flugzeiten muss nicht bei jeder Zwischenlandung nachgetankt werden (fuel tankering).

3 Bodenabfertigungskosten

Im Bereich der Bodenabfertigung gibt es keine einheitliche Normierung von Kosten. Eine

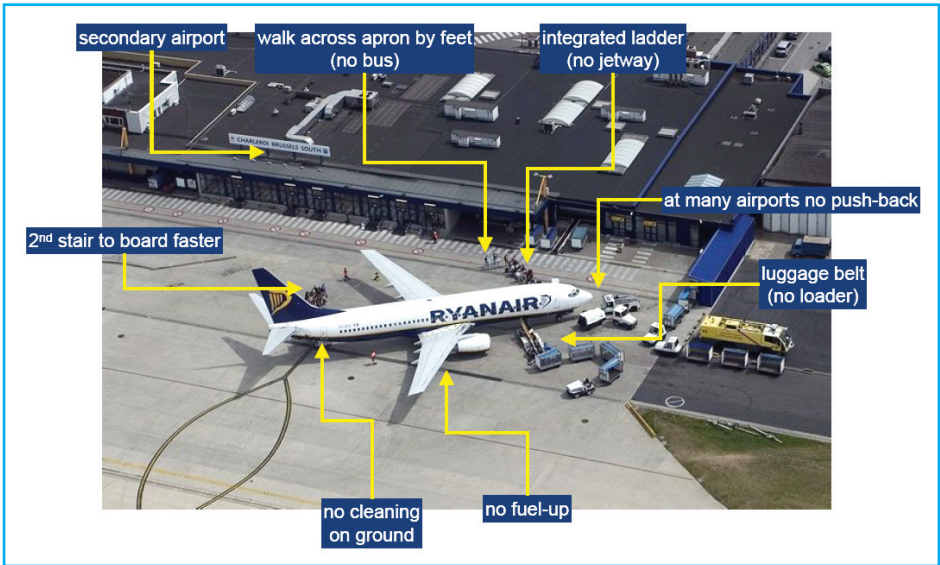


Bild 4: LCA Turn Around Characteristics (Tesch 2007)

Klassifizierung der Kosten ist jedoch möglich. Dabei muss zwischen unterschiedlichen Managementstrategien bzw. Optionen zur Bodenabfertigung unterschieden werden. Die Fluggesellschaft kann die Bodenabfertigung ihrer Flotte

- mit eigenem Gerät selbst durchführen,
- die Abfertigung selbst durchführen, erforderliches Gerät jedoch anmieten,
- die Abfertigung von einem Dienstleister durchführen lassen,
- die komplette Bodenabfertigung auf einen Dienstleister übertragen.

Diese Optionen zur Bodenabfertigung haben unterschiedliche Vor- und Nachteile. Die Wahl der Optionen zur Bodenabfertigung hängt vom Geschäftsmodell der Fluggesellschaft ab. Durch z. B. Anmieten von Geräten entfällt der teure Erwerb der Ausrüstung. Langfristig könnte sich die Investition in eine eigene Ausrüstung jedoch amortisieren.

Kosten der Bodenabfertigung sind allgemein die Personalkosten, die Kosten der Ausrüstung und Flughafenengebühren zur Abfertigung.

Die Personalkosten ergeben sich aus dem Lohn des Bodenabfertigungspersonals. Durch die Deregulierung im Lufttransport kann ein Mitarbeiter am Check-in-Schalter, als Crew-Mitglied oder in der Bodenabfertigung eingesetzt werden. Aus diesem Grunde sind diese Kosten nicht einfach zu berechnen.

Die Kosten der Ausrüstung beinhalten die Abschreibung (jährlicher Wertverlust der Ausrüstung) und Wartungskosten, sowie die Betriebskosten, wie z. B. Kraftstoffkosten. Zusätzlich müssen die Kosten für Lehrpersonal, die den Umgang mit der Ausrüstung zeigen, berücksichtigt werden.

Flughafengebühren zur Abfertigung ähneln den Landegebühren. Diese werden normalisiert und veröffentlicht. Es gibt jedoch meist Sonderabkommen zwischen dem Flughafen und den Fluggesellschaften, so dass diese Kosten nicht pauschal zu berechnen sind.

Um die Abfertigungskosten zu untersuchen wurde der Fall einer 100% ausgelagerten Bodenabfertigung zu Grunde gelegt. Informa-

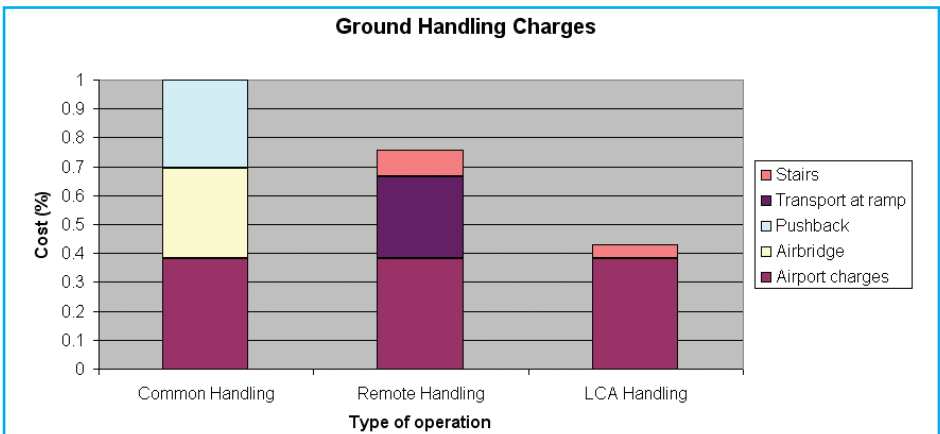


Bild 5: Bodenabfertigungskosten

tionen zu den Abfertigungskosten werden von Flughafenbehörden oder den Bodenabfertigungsfirmen zur Verfügung gestellt und veröffentlicht. Um eine maximale Anzahl von Flughäfen abzudecken, wurde die Gebührenliste des ANEA Netzes (AENA 2008) gewählt. Bild 5 zeigt den prozentualen Unterschied der jeweiligen Kosten für (a) die allgemeine Bodenabfertigung (mit Fluggastbrücke), (b) die Abfertigung abseits des Flugsteigs (remote handling) und (c) der typischen LCA Bodenabfertigung. Einige Kostenelemente (wie z. B. die Kosten für die Reinigung der Kabine) konnten in Bild 5 nicht berücksichtigt werden, da es sich um proprietäre Information handelt. LCA Bodenabfertigungen führen zu einer Einsparung von 50% der Kosten. Dieser Prozentsatz würde sogar noch größer sein, wenn die allgemeinen Aufgaben wie das Reinigen oder das kürzere Beladen des Flugzeuges mit einfließen würde.

4 Verbesserung der Bodenabfertigung

Da auch LCAs Drehkreuzflughäfen anfliegen müssen und der Ablauf der Bodenabfertigung standardisiert ist wird nach anderen Lösungen gesucht um die Abfertigungszeit und die Kosten zu verringern. Das Bestreben ein autonomeres Flugzeug zu entwickeln gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Die Einführung von Systemen für autonomes Zurücksetzen von Flugzeugen (Autonomous Pushback Systems, APS) können zur Kosteneinsparung in der Bodenabfertigung führen (Raes 2008, Wheel Tug 2008), da weder Fachpersonal noch Zugmaschinen bei der Abfertigung benötigt werden. Roll- und Abfertigungszeit werden reduziert. In

Bild 6 werden solche Konzeptlösungen vorgestellt.

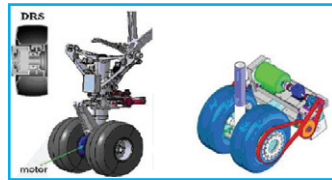


Bild 6: Konzept für ein autonomes Zurückschieben (push back) (Delft 2007, WheelTug 2008)

Autonome Bordtreppen (on-board stairs) (Bild 7) haben einen großen Vorteil gegenüber beweglichen Lufttreppen (air stairs): Sie verlangen kein qualifiziertes Fachpersonal für das Aufstellen und Befestigen und müssen auch nicht zum Flugzeug bewegt werden. Schäden die beim Rangieren von Lufttreppen des Öffneren entstehen könnten dabei ebenso ausgeschlossen werden.



Bild 7: Bordtreppe und Lufttreppe

Das Be- und Entladen von Fracht mittels eines Containers könnte sich positiv auf die Be- und Entladezeit auswirken, denn der Container kann schon vorab beladen werden. Erreicht das Flugzeug die Parkposition müssen die Container nur getauscht werden. Jedoch sind die Kosten für geschultes Personal und Ausrüstung höher als beim Verladen von Stückgut (bulk cargo). Ebenso wird eine bessere Arbeitsumgebung für die Mitarbeiter der Bodenabfertigung benötigt:

- Die Ladekantenhöhe (sill height) hat einen großen Einfluss auf Be- und Entladezeiten. Eine niedrige Ladekan-

te sorgt für einen schnelleren Ablauf der Be- und Entladung.

- Der Ort der Servicestationen (service panels) und des Tankstutzens bestimmen die Position der Bodenabfertigungs-ausrüstung.



Bild 8: Laden von Stückgut (bulk cargo)

Francisco Gómez Carrasco,
Dieter Scholz

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Forschungsgruppe Flugzeug-
entwurf und -systeme

Literaturverzeichnis

AENA 2008

Aeropuertos españoles y navegación aérea. Spanish Airports and Air Navigation. Schedules of charge 2008. Madrid: 2008

Delft 2007

Slingerland, Ronald: Low Fare Airline Optimized Aircraft. Design Synthesis Exercise AE3-001. TU Delft, 2007

Gross 2007

Gross, Sven: Handbook of Low Cost Airlines. Strategies, Business, Processes and Market Environment. Berlin: Eric Schmidt Verlag, 2007

Raes 2008

Raes, Dwayne: Efficient autonomous Pushback and taxiing - a step forward to reducing costs and pollution. HAW Hamburg, 2008

Tesch 2007

Tesch, Werner: Turnaround and Ground Handling Aspects. Presentation for Universität Stuttgart. Praxis-seminar, Stuttgart, 2007.

WheelTug 2008

WheelTug: WheelTug Company Website – URL: <http://www.wheeltug.gi/>

Zusammenfassung

Der Entwurf neuer Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge wird unter anderem durch kostenoptimierte Abfertigung geprägt. Speziell Billigfluglinien haben großes Interesse daran Bodenabfertigungskosten einzusparen um weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben. Ganz nach dem Motto „keep it simple“ nutzen Billigfluglinien bereits heute angepasste Verfahren, um die Abfertigungszeit und die damit verbundenen Kosten zu minimieren. Dieses Einsparpotential kann durch neue Technologien weiter ausgebaut werden.

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg - Forschungsgruppe Flugzeugentwurf und -systeme



Aero – Aircraft Design and Systems Group
Berliner Tor 9 • 20099 Hamburg
Telefon: +49.40.42875-7902
E-Mail: info@ProfScholz.de
<http://Aero.ProfScholz.de>

Forschungsprojekt:
ALOHA
Aircraft Design for
Low Cost Ground
Handling

