

Zürcher Hochschule der Künste  
Vertiefung Industrial Design  
Ausstellungsstrasse 60  
8005 Zürich

Milan Rohrer  
Schaffhauserstrasse 151  
8057 Zürich  
design@milanrohrer.com  
+41 (0)78 677 42 73

# AUTONOMOUS TAXIING

## POTENTIAL EINES EMISSIONSARMEN ROLLSYSTEMS AUF FLUGHÄFEN

Bachelor Theoriearbeit 2014, 6. Semester  
BDE-BDE-T-VS-6001.14F.001  
Dozierende: Franziska Nyffenegger, Claude Lichtenstein

Abgabedatum: 26. Februar 2014  
Zeichenanzahl (inkl. Leerzeichen): 27'989



## Inhaltsverzeichnis

READY FOR PUSHBACK	Einleitende Worte	3
	Themenfeld	3
	Fragestellung	4
	Methodische Herangehensweise	4
FASTEN YOUR SEATBELT	Entwicklung der Flughäfen	5
	Trimmung auf Effizienz	6
	Pushback-Vorgang	7
TAKEOFF	Abbild der Quellenlage	7
	Analyse der bestehenden Lösungsansätze	8
	· Single Engine Taxi	8
	· Elektrisch betriebenes Fahrwerk (Wheeltug)	9
	· Full Towing	9
	· Autonomes Full Towing (Taxibot)	10
	· Pushback am Hauptfahrwerk (PowerPush)	11
	· Pushback durch Umkehrschub (PowerBack)	11
· Optimierung durch Planung	11	
CAPTAIN SPEAKING	Emissionsarmes Rollsystem	13
	Infrastrukturelle Massnahmen	13
TOUCHDOWN	Beantwortung der Forschungsfrage	14
	Ausblick	14
BIBLIOGRAFIE	Primärquellen	15
	Sekundärliteratur	15
	Internetquellen	16
	Videoquellen	17
	Abbildungsverzeichnis	17
ANHANG	Interview 1: Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport)	18
	Interview 2: Hersteller Pushback-Fahrzeuge (Goldhofer)	23
	Interview 3: Betreiber (Flughafen Zürich)	24

## Einleitende Worte

Vor ungefähr hundert Jahren suchten die ersten «abgebrühten Sporttratten oder technische Spekulanten»<sup>1</sup>, wie Hermann Hesse sie betitelt, mit ihren Flugapparaten nach der Grenzenlosigkeit des Himmels. Ein Jahrhundert stetiger Triumphe und Weiterentwicklungen hat nun längst die Intelligenz über die Materie siegen lassen.<sup>2</sup> Nicht mehr grösser, schneller und bequemer, sondern effizienter, rentabler und umweltfreundlicher heissen die heutigen Fortschrittsziele der Luftfahrt. Entwicklungen werden vorwiegend von Ingenieursarbeit dominiert und designhistorisch ist die Passagierluftfahrt bisher kaum untersucht worden. Designer gewichten jedoch andere Aspekte, die das technische Denken zu neuen Ideen führen kann.<sup>3</sup> Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag, um die Luftfahrt effizienter zu gestalten und liefert die theoretische Grundlage, um im anschliessenden praktischen Teil einen konkreten Lösungsansatz auszuarbeiten.

## Themenfeld

«Ready for Pushback» erklingt im Kopfhörer des Chauffeurs eines 1360 PS starken Pushback-Fahrzeuges. Er hebt den 500 Tonnen schweren A-380 an, schiebt ihn rückwärts aus dem Standplatz und setzt ihn auf dem Rollfeld wieder ab.<sup>4</sup> Ein aufwendiges Spektakel, um diese kurze und simpel wirkende Aufgabe auszuführen. Der Grund dafür ist einfach: Flugzeuge können nicht selbständig rückwärts fahren und benötigen deshalb ein externes Hilfsmittel – ein Pushback-Fahrzeug. Sobald das Zurückstossen beendet ist, rollt das Flugzeug, angetrieben durch die Triebwerke, zur Piste. Je nach Grösse des Flughafens und Position des Standplatzes nimmt dieser Vorgang einige Zeit in Anspruch und verbraucht mit laufenden Triebwerken Unmengen an Treibstoff. Im Verhältnis zum gesamten Energieaufwand in der Luftfahrt<sup>5</sup> erscheint dies bedeutungslos, doch um dem Verlangen der CO<sup>2</sup>-Reduktion<sup>6</sup> nachzukommen, ist jede Einsparung förderlich. Ein übliches Passagierflugzeug ist pro Tag ungefähr dreieinhalb Stunden rollend unterwegs.<sup>7</sup> Summiert man diese Bewegungen aller Flughäfen und Fluggesellschaften, ergibt dies einen CO<sup>2</sup>-Ausstoss von jährlich 150 Millionen Tonnen.<sup>8</sup> Um diesen Emissionsausstoss zu senken, muss sich der bestehende Ablauf ändern und mit einem System ersetzt werden, das ein treibstoffärmeres Rollen ermöglicht.

---

1 Hesse 1994, S.29.

2 Hesse 1994, S.31.

3 Von Vegesack 2004, S.6.

4 Schweizer Radio und Fernsehen: Flughafen Zürich, Hochbetrieb zum Ferienstart, 5. Oktober 2013 (2:22:22).

5 Die Luftfahrt verbraucht weltweit jeden Tag ungefähr eine Milliarde Liter Treibstoff (Globo Meter: Die Welt in Zahlen).

6 Kohlenstoffdioxid (CO<sup>2</sup>) entsteht beim Verbrennen fossiler Brennstoffe und gilt, da es zum Treibhauseffekt beiträgt, als schädliche Emission. Fliegen zählt unter den Verkehrsmitteln zum grössten Verursacher von CO<sup>2</sup>-Emissionen.

7 Dies wurde anhand eines Airbus A-320 untersucht (Aviation Week, 01.04.2011, S.69).

8 Zu dieser Zahl existieren unterschiedliche Angaben: 18 Millionen Tonnen CO<sup>2</sup> (Ricardo 2009, S.2), 60 Millionen Tonnen CO<sup>2</sup> (Airbus) und 150 Millionen Tonnen CO<sup>2</sup> (Johnson).

## Fragestellung

Die vorliegende Arbeit untersucht die potentiellen Optimierungsmöglichkeiten, welche sich den Flughäfen und Fluggesellschaften anbieten, um in der kommerziellen Fliegerei Treibstoff einzusparen. Das Augenmerk liegt insbesondere auf der Effizienzsteigerung rollender Flugzeuge und der Optimierung von Taxiways<sup>9</sup>.

Diesen Prozess versuche ich entlang der folgenden Forschungsfrage zu analysieren: Inwiefern ist ein emissionsarmes Rollsystem sinnvoll und welche Anforderungen werden daran gestellt, um dem Ziel, die kommerzielle Luftfahrt umweltfreundlicher zu gestalten, näher zu kommen?

## Methodische Herangehensweise

Zu dieser Thematik existieren bereits unterschiedliche Lösungsansätze. Diese frage ich zusammen, um die Erkenntnis daraus zu gewinnen, welche Lösung am effektivsten Emissionen reduziert und optimal umsetzbar ist. Um anschliessend die Thematik aus möglichst unterschiedlichen Sichtweisen zu beleuchten, setze ich mich mit den Fluggesellschaften und den Flughafenbetreibern auseinander. Sie haben den grössten Einfluss auf potentielle Veränderungen. Aus der jeweiligen Sicht dieser Betrachtungsgruppen versuche ich, Optimierungspotential zu erkennen. Dazu dienen als Primärquellen qualitative Leitfadenterviews mit Vertretern der jeweiligen Bereiche.<sup>10</sup> Eine breite Anzahl einschlägiger Sekundärliteratur<sup>11</sup> half mir zudem, das Thema zu verstehen und auf bereits geleisteter Arbeit aufzubauen. Die einleitende thematische Verortung zeigt auf, wie die heutigen Vorgänge der Bodenabfertigung auf den Flughäfen entstanden sind. Anschliessend erläutere ich, gestützt auf bestehende Studien, mögliche Lösungsansätze und zeige deren Vor- und Nachteile auf. Die abschliessenden Erkenntnisse legen die Grundlage zur Umsetzung eines emissionsarmen Rollsystems im Hinblick auf den praktischen Teil dieser Arbeit.

---

9 Taxiway ist der englische Begriff für Rollfeld und bezeichnet die Strassen auf dem Flughafen, auf denen sich Flugzeuge bewegen. Taxi bedeutet Rollen auf dem Taxiway.

10 Vgl. Anhang, S.18.

11 Vgl. Bibliografie, S.15.

## Entwicklung der Flughäfen<sup>12</sup>

Flughäfen sind Orte, die sich ständig wandeln und versuchen, sich den verändernden, gegenwärtigen Bedürfnissen anzupassen. Eine optimale Flughafenstruktur, die allen Anforderungen gerecht wird, existiert jedoch bis heute nicht. Der Architekturhistoriker Koos Bosma schreibt dazu: «Eine ganz und gar adäquate Planung von Flughäfen ist unmöglich, nicht nur weil technische und logistische Aspekte die primären Determinanten sind, sondern auch weil sich unvorhersehbare geopolitische Komplikationen sowie wirtschaftliche Entwicklungen auf den Flughafenentwurf auswirken.»<sup>13</sup> Die Anordnung der Flugzeugstandplätze zeigt exemplarisch diese ständige Weiterentwicklung. Die Platzierung der Flugzeuge hat sich von anfänglich freistehenden zu immer komplexer werdenden Positionen an den Terminals verschoben. Auf grossen Flughäfen wird heute vorwiegend in der Nose-in-Position<sup>14</sup> parkiert, um ein schnelles Ankommen zu garantieren. Unabdingbar ist dazu ein Push-back-Fahrzeug, um das Flugzeug beim Abflug wieder aus der Standposition zu schieben.

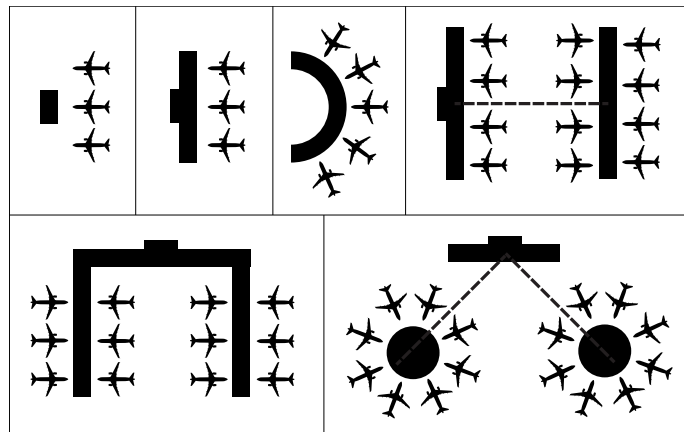


Abb. 1: Varianten von Terminals und deren Flugzeugpositionen.

- 12 Ein Flughafen ist ein Ort, an dem grosse Passagierflugzeuge Starten und Landen und die kommerzielle Fliegerei betrieben wird. Kleinere Orte, an denen Sport- und Militärfliegerei betrieben wird, nennt man Flugplätze.
- 13 Bosma 2004, S.64.
- 14 Nose-in-Position bedeutet aus dem Englischen übersetzt «mit der Nase voran». Damit wird die Position bezeichnet in der das Flugzeug am Gate steht.

## Trimmung auf Effizienz

Infolge kontinuierlicher Steigerung der Passagierzahlen verdichten sich zunehmend die Platzverhältnisse auf den Flughäfen und die dadurch entstehende Beschleunigung der Bodenabfertigung fordert eine zügige Abwicklung des Pushback-Vorgangs. Anfänglich ist das Flugzeug durch eine Stange mit dem Fahrzeug verbunden worden. Dieser Vorgang war umständlich, da einerseits jede Flugzeugklasse eine eigene Stange benötigte und andererseits das An- und Abkoppeln viel Zeit beanspruchte.<sup>15</sup> Im Gegensatz dazu werden seit 1987 die heute weit verbreiteten stangenlosen Flugzeugschlepper eingesetzt.<sup>16</sup> Diese verbinden sich mit dem Flugzeug, indem sie das Bugfahrwerk einklemmen und anheben, um rückwärts zu fahren. Seit dieser Innovation haben sich Pushback-Fahrzeuge kaum verändert und sehen noch immer gleich aus. Sie sind lediglich grösser und leistungsfähiger geworden, um der heutigen Flugzeuggeneration gerecht zu werden.



Abb. 2: Pushback-Traktor mit Stange, Kloten, 1983.



Abb. 3: Der erste stangenlose Prototyp von Goldhofer: AST-1, Kloten, 1992.

15 Salamone, Michael: Use of towbarless tractors at airports 2012. [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp\\_rrd\\_015.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rrd_015.pdf) (abgerufen am 25.02.2014).

16 Bammel 2005, S.14.

## Pushback-Vorgang

Der Vorgang des Pushbacks gehört zum kritischen Pfad der Bodenabfertigung. Während diesem Vorgang werden keine weiteren Arbeiten an der Flugzeugabfertigung vorgenommen, wodurch die benötigte Zeit einen direkten Einfluss auf die Effizienz hat. Sind alle Türen des Flugzeuges geschlossen, begibt sich das Pushback-Fahrzeug in Position, um bei der Startfreigabe sofort mit dem Zurückschieben zu beginnen. Das Bugfahrwerk wird vom Fahrzeug gepackt, wodurch der vordere Teil des Flugzeuges hydraulisch angehoben wird. Der Pilot erteilt dem Pushback-Fahrer per Funk die Rollfreigabe und übergibt ihm damit die Kontrolle über das Flugzeug. Das Flugzeug wird rückwärts auf das Rollfeld gestossen und vor dem Start der Triebwerke vom Fahrzeug wieder abgesenkt. Nach der Entkoppelung wird der Steering-pin<sup>17</sup> abgezogen und die Kontrolle dem Piloten zurückgegeben. Der Pushback-Vorgang ist nach durchschnittlich eineinhalb Minuten<sup>18</sup> beendet und das Flugzeug fährt angetrieben durch die Triebwerke zur Piste. Damit das Starten der Triebwerke im Zeitplan weiter nach hinten zu geschoben werden kann, um Treibstoff einzusparen, sind bereits verschiedene Lösungsansätze entwickelt worden. Untersucht wurde beispielsweise, wie und ob ein Starten der Triebwerke in Pistennähe möglich wäre und welche Konsequenzen daraus resultieren würden. In den 1980er-Jahren entwickelte die Air France einen Flugzeugschlepper, der die dreifache Geschwindigkeit der bisherigen Fahrzeuge erreichte. Bereits zu dieser Zeit existierte der Gedanke, Flugzeuge mit einem solchen Schlepper an den Start der Piste zu bringen, um Treibstoff einzusparen.<sup>19</sup> Aufgrund der dadurch entstehenden Investitionskosten wurde diese Idee bisher nie umgesetzt.

## TAKEOFF

### Abbild der Quellenlage

Die folgenden Beispiele legen eine seit Jahren andauernde Suche nach neuen Lösungen zu diesem Thema offen. Ich werde die jeweiligen Ansätze erläutern und mich dabei vorwiegend auf eine Forschungsarbeit der Hochschule für Angewandte Wissenschaft in Hamburg stützen. Mitarbeiter des Departements für Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau haben während drei Jahren zum Thema Flugzeugdesign für tiefe Kosten bei der Bodenabfertigung geforscht. Die grundlegende Erkenntnis aus dieser Arbeit lautet, dass Flugzeuge so kurz wie möglich auf dem Boden stehen sollen, denn mit stehenden Flugzeugen erwirtschaften Fluggesellschaften keine Einnahmen. Durch verkürzte Bodenabfertigungszeiten kann in der Luft langsamer geflogen werden, denn das Drosseln der Triebwerke hat enorme Auswirkungen auf den Treibstoffverbrauch. Alle Änderungsvorschläge dieser Studie versuchen diese Erkenntnis zu berücksichtigen.<sup>20</sup> Dwayne Raes untersuchte speziell den Pushback-Vorgang und fokussierte dabei auf die Machbarkeit einer jeweiligen Anpassung.

17 Der Steering Pin ermöglicht die freie Bewegung des Bugfahrwerkes durch das Pushback-Fahrzeug. Wird dieser nach dem Pushback nicht abgezogen, ist das Flugzeug für den Piloten nicht steuerbar.

18 Dwayne 2008, S.18.

19 Mouat, Lucia: Towing airplanes: Will it save fuel? The Christian Science Monitor 1981. <http://www.csmonitor.com/1981/0108/010857.html> (abgerufen am 16.12.2013).

20 Scholz, Dieter: ALOHA, Aircraft Design for Low Cost Ground Handling. <http://aloha.profscholz.de> (abgerufen am 18.02.2014).

Eine weitere Arbeit der amerikanischen Purdue University, die den autonomen<sup>21</sup> Betrieb von Pushback-Fahrzeugen untersucht hat, unterstützt mich vor allem im Hinblick auf den praktischen Teil dieser Arbeit. Das Konzept liefert relevante Details zur nötigen Ausstattung und den Anforderungen eines autonom betriebenen Pushback-Fahrzeuges.<sup>22</sup>

Um die Lösungsansätze bewerten und einschätzen zu können, habe ich Fachpersonal aus den jeweiligen Betrachtungsgruppen mit den Erkenntnissen konfrontiert. Zuerst analysierte ich den Betrieb der Swissport, dem grössten Anbieter eines Pushback-Services auf dem Flughafen Zürich, und führte mit dem zuständigen Betriebsleiter ein Interview. Beim süddeutschen Pushback-Fahrzeug-Hersteller Goldhofer blieben die erhofften Informationen aus, da das Unternehmen keine eigene Forschung betreibt. Dennoch konnte ich in Erfahrung bringen, welche Anforderungen an ein zukünftiges Fahrzeug gestellt werden. Als dritter und aufschlussreichster Interviewpartner traf ich den für die Abläufe und Systeme zuständige Projektmanager der Flughafen Zürich AG. Seine Informationen erweiterten meine Sichtweise mit neuen Aspekten.

## Analyse der bestehenden Lösungsansätze

### · Single Engine Taxi

Eine von diversen Fluggesellschaften bereits praktizierte Methode ist das Single Engine Taxi. Dabei wird nach der Landung ein Triebwerk ausgeschaltet und das Flugzeug bewegt sich auf dem Rollfeld mit nur einem laufenden Triebwerk. Die spanische Fluggesellschaft Iberia wendet dieses Prinzip an und spart laut eigenen Angaben bis 238 Kilogramm Treibstoff auf einem Flug.<sup>23</sup> Aussen Airlines geht sogar einen Schritt weiter und wendet das Rollen mit nur einem Triebwerk auch bei abfliegenden Maschinen an. Das zweite Triebwerk wird erst kurz vor dem Erreichen der Piste gestartet. Auch die Swiss wendet das Single Engine Taxi an, jedoch nur bei der Landung und erst nachdem die zu kreuzende Piste überquert wurde. So wird garantiert, dass nicht mehr angehalten werden muss, denn die Leistung, um das Flugzeug nach einem Stopp wieder in Bewegung zu bringen und um die Haftreibung zu überwinden, ist sehr hoch.<sup>24</sup>

### · Elektrisch betriebenes Fahrwerk (Wheeltug)

Wheeltug ist ein bereits existierendes System, bei dem ein elektrischer Motor in das Fahrwerk eingebaut wird. Das Flugzeug ist dadurch unabhängig von den Pushback-Fahrzeugen und kann sich selbständig vor- und rückwärts bewegen. Nachteile dieses Systems sind einerseits das zusätzliche Gewicht des

---

21 Autonom bedeutet eigenständig funktionierend. Im Zusammenhang mit Fahrzeugen ist das Fahren ohne menschlichen Einfluss gemeint.

22 Kim, Jin Young, Keaton Aktay, Kory Aktay: Automated NextGen Taxi System, West Lafayette, Indiana, Purdue University, 2009.

23 Diese Zahl entstand durch Messungen an einem Airbus A-340-600 (Aviation Pros 2011).

24 Interview Betreiber (Flughafen Zürich), 27:13.



Motors und die dadurch erforderliche Leistungssteigerung der Triebwerke.<sup>25</sup> Andererseits benötigt dieses System zusätzliche Energie, die vom APU<sup>26</sup> gespie- sen wird und ebenfalls zusätzlichen Treibstoff verbraucht.<sup>27</sup> Zudem erfordert dieses System einen beträchtlichen Personalaufwand, denn ein Flugzeug nur durch den Piloten gesteuert rückwärts zu bewegen, ist kaum vorstellbar. So werden mindestens zwei Wingwalker<sup>28</sup> und eine Person am Headset<sup>29</sup> benötigt, um das Geschehen zu kontrollieren. Gerade dieser intensive Personaleinsatz verursacht hohe Kosten im Pushback-Betrieb.<sup>30</sup> Weiter ist der Einsatz eines solchen Systems bei starkem Wettereinfluss problematisch, denn bereits mit heutigen Pushback-Fahrzeugen entstehen Komplikationen bei extremen Wit- terungsverhältnissen.<sup>31</sup> Es kann durchaus vorkommen, dass bei Schnee die zur Orientierung nötigen Bodenmarkierungen verdeckt sind und bei einer gefro- renen Rollbahn die erforderte Bodenhaftung fehlt. Flugzeugreifen besitzen lediglich Längsrillen und keine Querrillen, die zur Traktion des Rades mass- gebend sind.<sup>32</sup>

#### · Full Towing

Full Towing bedeutet, dass die Flugzeuge mit einem Fahrzeug den gesamten Rollweg bis zum Kopf der Piste geschleppt werden. Die Triebwerke starten erst dort, wodurch der Kerosinverbrauch<sup>33</sup> auf dem Rollfeld gänzlich eliminiert wird. Die Umsetzung dieser Idee erfordert infrastrukturelle Anpassungen, um die Flugzeuge an- und abzukoppeln. Starten zudem mehrere Flugzeuge gleich- zeitig, erfordert dies Wende- und Zurückfahrmöglichkeiten für Separationen im Fall von technischen Problemen.<sup>34</sup> Dieser Rückweg muss unabhängig von der entgegenkommenden Rollrichtung befahrbar sein. Für die Schleppfahr- zeuge sind zudem Strassen erforderlich, um nach dem Schleppvorgang vom abgehängten Flugzeug zum nächsten Einsatz zu gelangen. Bestenfalls werden dazu die bestehenden Strassen genutzt. Diese Massnahme erfordert weiter eine Zunahme der verfügbaren Fahrzeuge, da die grösseren Strecken länge- re Fahrzeiten bedeuten. Einer Schätzung zufolge muss zur Umsetzung dieser Methode die Anzahl der Fahrzeuge verdreifacht werden.<sup>35</sup> Die Bilanz dieser Idee wird getrübt, da der APU während diesem Vorgang trotzdem läuft, um die Bordelektronik und die Klimaanlage zu betreiben.<sup>36</sup> Zudem benötigt auch das Schleppfahrzeug Antriebsenergie. Diese ist jedoch mit einer zwölfwachen

25 Dwayne 2008, S.50.

26 Abkürzung für Auxiliary Power Unit. Das Hilfstriebwerk befindet sich meist im Heck des Flugzeuges und liefert Energie, um die Flugzeugausrüstung am Boden zu versorgen, wenn die Haupttriebwerke nicht laufen.

27 Dwayne 2008, S.30.

28 Wingwalker bezeichnet eine Person, die beim Bewegen eines Flugzeuges die Flügelspit- ze beobachtet und bei einer drohenden Kollision interveniert.

29 Ein Headset ist ein Kopfhörer mit einem Mikrophon, das den Kontakt zum Piloten er- möglicht.

30 Interview Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport), 10:14.

31 Interview Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport), 14:07.

32 Interview Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport), 22:12.

33 Kerosin ist der Treibstoff für Flugzeugtriebwerke und wird auch Flugpetrol genannt.

34 Kim 2009, S.6.

35 Dwayne 2008, S.38.

36 Dwayne 2008, S.22.

Reduktion gegenüber laufenden Triebwerken vertretbar.<sup>37</sup> Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass heutige Fahrzeuge die Geschwindigkeit, die ein Flugzeug üblicherweise auf dem Rollfeld fährt, nicht erreichen.<sup>38</sup> Um diesen Problemen entgegenzutreten ist zur Umsetzung des Full Towing eine Neuentwicklung des Pushback-Fahrzeuges notwendig.

#### Autonomes Full Towing (Taxibot)

Für die israelische Luftfahrtindustrie entwickelte die britische Firma Ricardo ein Fahrzeug, welches das Full Towing ermöglicht. Ein Prototyp existiert und wurde bereits getestet. Das Fahrzeug kann vom Piloten gesteuert werden, wobei es in Zukunft autonom fahren soll. Die Erfinder zielen dadurch auf die Minimierung von Treibstoff-, CO<sup>2</sup>- und Lärmemissionen.<sup>39</sup> Swissport reagiert auf die Realisierbarkeit eines fahrerlosen Fahrzeuges skeptisch und konstatiert: «[...] es braucht immer einen Menschen, der dort ist und das Ganze kontrolliert.»<sup>40</sup> Dies zeigt, dass der momentane Betrieb ausreichend funktioniert und eine Änderung viele Vorteile aufweisen muss, um sich durchzusetzen.

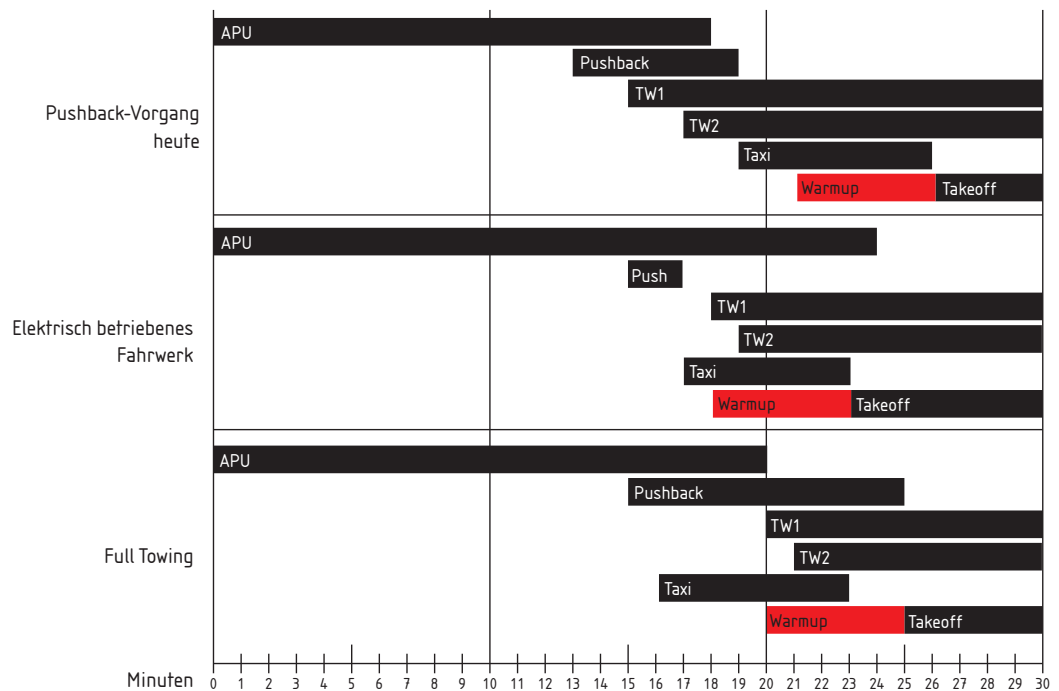


Abb. 4: Vergleich des Zeitbedarfes zwischen dem Ablauf heute, eines elektrisch betriebenen Fahrwerkes und dem Full Towing.

37 Diese Schätzung richtet sich am Treibstoffverbrauch einer Boeing 757 (Hilkevich, Chicago Tribune 2008).

38 Kim 2009, S.7.

39 Ricardo: Engineered vehicle concept aims to reduce aircraft fuel costs, CO<sub>2</sub> emissions - and noise 2009. <http://www.ricardo.com/en-GB/News-Media/Press-releases/News-releases1/2009/Ricardo-engineered-vehicle-concept-aims-to-reduce-aircraft-fuel-costs-CO2-emissions-and-noise/> (abgerufen am 16.12.2013).

40 Interview Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport), 28:24.

#### · Pushback am Hauptfahrwerk (PowerPush)

Schopf, eine Tochterfirma der Goldhofer, bietet ein Pushback-Fahrzeug an, das Flugzeuge nicht wie gewohnt am Bugfahrwerk, sondern am Hauptfahrwerk schiebt. Der Pilot lenkt das Flugzeug selbstständig und erhält vom Fahrzeug lediglich den Vorschub. Laut eigenen Angaben können dadurch Personalkosten um bis zu 70 Prozent gesenkt werden. Die Sicherheit wird durch dieses System erhöht und die Anschaffungs- und Betriebskosten sind deutlich geringer als bei bisherigen Pushback-Traktoren.<sup>41</sup> Auf den Ausstoss von CO<sup>2</sup> hat dieses System allerdings keine Auswirkungen. Das Prinzip ist in Zürich bereits getestet worden, erwies sich für diesen Flughafen jedoch als unbrauchbar.<sup>42</sup> Das Gefährt eignet sich lediglich für die Abfertigung kleiner Flugzeuge.<sup>43</sup>

#### · Pushback durch Umkehrschub (PowerBack)

Die PowerBack-Methode ist vorwiegend in den USA eingesetzt worden, findet heute jedoch keinen Einsatz mehr. Um die Gebühren des Pushback-Anbieters einzusparen, schob sich das Flugzeug durch den Umkehrschub der Triebwerke selbständig aus dem Standplatz.<sup>44</sup> Aufgrund hoher Lärm- und Umweltbelastungen wird diese Methode heute nicht mehr praktiziert.<sup>45</sup>

#### · Optimierung durch Planung

Ein Flughafen wird nach der Effektivität, der Reibungslosigkeit und der Geschwindigkeit, mit der man vom Land in die Luft befördert wird, beurteilt.<sup>46</sup> Es liegt also im Interesse aller Beteiligten, die Bodenabfertigungszeit möglichst kurz zu halten. Flughäfen, die als Drehkreuze funktionieren erleben schubhafte Zu- und Abnahmen von Flugbewegungen. Regionale Destinationen werden an den Hub<sup>47</sup> geflogen, um von dort die Passagiere auf die Langstreckenflüge zu verteilen. Um die Umsteigezeiten der Passagiere möglichst gering zu halten, kommen die regionalen Flieger zur gleichen Zeit an und die interkontinentalen starten kurz darauf miteinander.<sup>48</sup> Die Bodenabfertiger sind bei verkehrsarmen Zeiten trotzdem vor Ort und verursachen Kosten.<sup>49</sup> Ein weiteres Problem auf Flughäfen sind sich kreuzende Pisten. Diese können dazu führen, dass eine startende Maschine zehn bis fünfzehn Minuten mit laufendem Triebwerk zurückgehalten wird, da der landende Verkehr gegenüber dem startenden Vortritt hat.<sup>50</sup> Weiter wird vorgeschrieben, die Triebwerke fünf Minuten vor dem Abflug warmzulaufen, was bei kleinen Flughäfen dazu führen kann, dass auf die Startfreigabe gewartet werden muss, da diese Zeit noch nicht

41 Schopf: PowerPush, Die einzigartige Pushback-Lösung. <http://www.schopf-gse.com/Schopf-Flugzeugschlepper-PowerPush.html> (abgerufen am 18.02.2014).

42 Interview Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport), 20:58.

43 Interview Hersteller Pushback-Fahrzeuge (Goldhofer).

44 IATA, Reference Manual for Audit Programs (IRM), 4. Edition 2013, S.33.

45 Dwayne 2008, S.16.

46 Bosma 2004, S.37.

47 Hub ist die englische Bezeichnung für ein Luftfahrt Drehkreuz.

48 Vgl. Abb. 5.

49 Interview Betreiber (Flughafen Zürich), 7:04.

50 Interview Betreiber (Flughafen Zürich), 9:58.

erreicht ist.<sup>51</sup> Alle diese Probleme können durch bessere Planung umgangen werden. Der Flughafen Zürich besitzt seit kurzem das Koordinationssystem «Airport Collaborate Decision Making», um unnötige Wartezeiten zu verkürzen. Dieses funktioniert nicht wie bisher nach dem Prinzip «frist come, first served», sondern «best planned, best served».<sup>52</sup> Ein Flugzeug wird erst vom Gate<sup>53</sup> losgeschickt, wenn effektiv ein Slot<sup>54</sup> frei ist. Dabei werden alle Informationen, auch jene aus dem Luftraum und der Zielflughäfen, zentral gesammelt und ausgewertet. Dieses Rechen- und Optimierungssystem ist fähig, über den optimalen Prozessablauf zu informieren. Bei erwarteter Verspätung werden die Operationen zurückgehalten, um den weiteren Betrieb zu entlasten.<sup>55</sup> Momentan existiert dieses System lediglich für den abfliegenden Verkehr, doch der Einsatz für ankommende Flugzeuge ist bereits in Planung.<sup>56</sup>

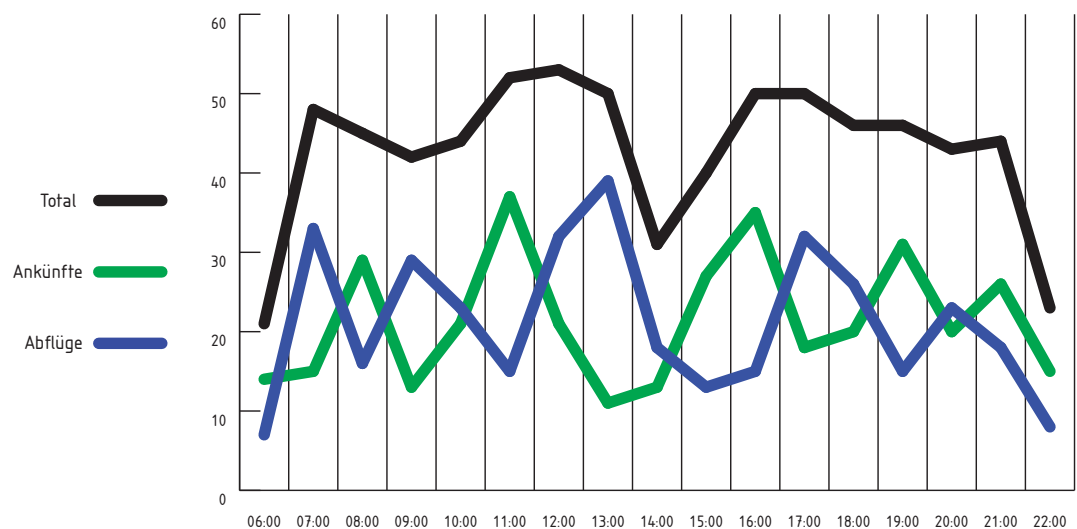


Abb. 5: Durchschnittliche Anzahl Flugbewegungen 2012 auf dem Flughafen Zürich. Erkennlich ist das Wellensystem an den schubhaften Zu- und Abnahmen und den versetzten Peaks der ankommenden und abfliegenden Flugzeuge.

51 Interview Betreiber (Flughafen Zürich), 18:37.

52 Interview Betreiber (Flughafen Zürich), 13:23.

53 Gate bedeutet aus dem Englischen übersetzt Tor. Im Zusammenhang mit dem Flughafen ist damit der Bereich gemeint, in dem die Passagiere das Flugzeug besteigen und verlassen.

54 Slot bedeutet aus dem Englischen übersetzt Schlitz. Damit ist ein vorgegebenes Zeitfenster gemeint, indem das Flugzeug eine gewisse Operation ausführen kann.

55 Kim 2009, S.5.

56 Interview Betreiber (Flughafen Zürich), 15:23.

## Emissionsarmes Rollsystem

Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass eine kompromisslose Lösung noch nicht existiert und es nur selten zur Umsetzung möglicher Optimierungsansätze kommt. Die verheissungsvolle Idee, Flugzeuge mit einem Gefährt in Pistennähe zu bringen und die Triebwerke erst kurz vor dem Abflug zu starten, zieht zwar infrastrukturelle Anpassungen mit sich, senkt die Emissionen auf dem Rollfeld jedoch sehr effektiv. Wäre dieses Fahrzeug zudem autonom unterwegs, könnte der Personalaufwand drastisch reduziert werden. Denkbar ist auch der Einsatz bei ankommenden Flugzeugen, um so die Triebwerke nach der Landung möglichst rasch auszuschalten. Dies bedingt allerdings einen effizienten und fließenden Ablauf, um die Standzeiten sowie Leerfahrten der Fahrzeuge minimal zu halten. Die Erwartungen der Pushback-Betreiber sind hoch, denn ein neues Gerät soll robust und wartungsarm funktionieren, bei jeder Witterung einsetzbar und auf möglichst viele Flugzeugtypen anwendbar sein.<sup>57</sup> Der Hersteller der Fahrzeuge legt den Schwerpunkt hingegen auf kostengünstige, effiziente und sichere Mittel.<sup>58</sup> Gleichzeitig benötigt der Betreiber des Flughafens ein System, das intelligent, hochdynamisch und möglichst eigenständig funktioniert.<sup>59</sup> Würden die Fahrzeuge über das zentrale Rechen-system des Flughafens betrieben, könnten sämtliche Abläufe optimiert werden. Zusammen mit den Optimierungen an den Flugzeugen durch die Hersteller könnte ein enormer Schritt zur effizienteren Luftfahrt eingeleitet werden.

## Infrastrukturelle Massnahmen

Die zur Umsetzung eines Systems, das Flugzeuge zum Kopf der Piste schleppt, birgt infrastrukturelle und materielle Massnahmen<sup>60</sup> und dadurch grosse Hürden. Die Zurückhaltung gegenüber Innovationen widerspiegelt den fragilen Markt. Doch gerade die durch Investitionen entstehenden Einsparungen könnten die Ausgaben langfristig senken. Es soll daher im Interesse der Fluggesellschaften sein, ein neues System zu verwirklichen. Für den Flughafen Zürich hat das Argument der Treibstoffemissionsreduktion auf dem Rollfeld wenig Bedeutung, da die Rollzeiten zu kurz sind, um überhaupt Einsparungen zu erwirken. Erst auf grösseren Flughäfen mit Rollzeiten von über zehn Minuten wird dieses System wirkungsvoll.<sup>61</sup> Die Analyse zeigt aber, dass bisher kaum eine der beschriebenen Massnahme umgesetzt wurde.

---

57 Interview Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport), 10:41.

58 Interview Hersteller Pushback-Fahrzeuge (Goldhofer).

59 Interview Betreiber (Flughafen Zürich), 24:57.

60 Infrastrukturelle Massnahmen sind beispielsweise Platzausweitungen; materielle Massnahmen sind beispielsweise zusätzliche Fahrzeuganschaffung.

61 Dwayne 2008, S.41.

## Beantwortung der Forschungsfrage

Neuerungen in der Luftfahrtindustrie umzusetzen beansprucht viel Zeit. Etablierte Prozesse können nur durch eine in mehreren Aspekten vorteilhafte Lösung und mit dem Willen der Fluggesellschaften revolutioniert werden. Im Flugzeugbusiness ist die Reduktion der Kosten wichtiger als die der Umweltbelastung. Dies hat zur Folge, dass nicht die umweltfreundlichste Lösung als die Beste angesehen wird.<sup>62</sup> Vieles scheitert am Argument, das Alte sei besser, wodurch die Chancen reduziert werden, dass etwas Neues, Innovatives entsteht. Ein emissionsarmes Rollsystem besitzt genügend Potential, um den bestehenden Prozess abzulösen. Die Investitionskosten sind dabei allerdings möglichst klein zu halten. Die aus einem emissionsarmen Rollsystem folgenden Einsparungen sind zwar gering, doch durch die Summe aller Verbesserungen können die gewünschten Ziele erreicht werden. Um wirkungsvoll Emissionen einzusparen, soll nicht nur Bestehendes optimiert, sondern ganzheitlich gedacht werden. Immer noch funktionieren Abläufe nach teilweise 20-jährigen Mustern. Inwiefern allerdings dem Aspekt der Umweltfreundlichkeit in der Luftfahrt Relevanz zukommt, ist fragwürdig. Flugzeuge entwickeln sich mit jeder neuen Generation zu weniger schädlichen Verkehrsmitteln, wodurch die Umweltkomponente bedient wird.<sup>63</sup> Mein ursprünglicher Gedanke, durch eine Anpassung auf dem Rollfeld Treibstoff zu reduzieren, ist mit der Erkenntnis erweitert worden, dass dadurch auch Kosten reduziert werden können.

## Ausblick

Die gewonnenen Erkenntnisse haben mir geholfen, die Thematik zu verstehen und mögliche Probleme durch bereits gemachte Untersuchungen frühzeitig zu erkennen. Im Hinblick auf den praktischen Teil dieser Arbeit hat sich die Vorstellung eines solchen Systems geschärft und konkretisiert. Da dieses Thema sehr technisch anmutet, ist die Fragen nach dem Stellenwert des Designs gerechtfertigt. Ich bin überzeugt, dass der Einsatz von Design die bestehenden Lösungsansätze durch neue Ideen erweitern kann und durch das divergente Denken neue, innovative Ideen entstehen. Die visionäre Denkweise auf konzeptioneller Ebene bringt in jeglicher Hinsicht einen Mehrwert. Neben den genannten Aspekten gibt es auf Flughäfen noch weit mehr zu optimieren. Einen perfekten Aufbau gibt es nicht und wird es mit der stetigen Modernisierung der Technologien auch nie geben. Flughäfen bleiben im stetigen Wandel – und damit ein spannendes Arbeitsfeld für Designer.

---

62 Interview Hersteller Pushback-Fahrzeuge (Goldhofer).

63 Neuste Flugzeuge wie der Airbus A-350 oder die C Series des kanadischen Herstellers Bombardier verbrauchen pro Person ungefähr gleich viel Treibstoff wie ein Auto (Swiss Environmental care).

## BIBLIOGRAFIE

## Primärquellen

Rohrer, Milan: Interview 1: Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport) vom 29. Januar 2014.

Rohrer, Milan: Interview 2: Hersteller Pushback-Fahrzeuge (Goldhofer) vom 4. Februar 2014.

Rohrer, Milan: Interview 3: Betreiber (Flughafen Zürich) vom 7. Februar 2014.

## Sekundärliteratur

Aviation Week: Innovation Focuses on A320 Taxi Burn, Penton Media, Ausgabe 01. April, 2011.

Bammel, Michael: Die Goldhofer Geschichte, Memmingen, Heavy-Haulage-History, 2005.

Bosma, Koos: Auf der Suche nach dem perfekten Flughafen. In: Airworld, Design und Architektur für die Flugreise, Weil a.R., Vitra Design Museum, 2004.

Dwayne, Raes: Efficient autonomous pushback and taxiing- a step forward to reducing costs and pollution, Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaft, Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, 2008.

Hesse, Hermann: Luftreisen, Betrachtung, Gedichte und Bilder über das Fliegen, Frankfurt a. M., Leipzig, Insel Verlag, 1994.

IATA: Reference Manual for Audit Programs (IRM), 4. Edition, Montreal, Genf, International Air Transport Association, 2013.

Johnson, J.: Tow that jet. Virgin atlantic airways chief proposes emissions cutting ways. Waste News, 2006.

Kim, Jin Young, Keaton Aktay, Kory Aktay: Automated NextGen Taxi System, West Lafayette, Indiana, Purdue University, 2009.

Schier, Michael, Frank Rinderknecht, Andreas Brinner, Herbert Hellstern: High Integrated Electric Machine for Aircraft Autonomous Taxiing, Stuttgart, German Aerospace Center, Institute of Vehicle Concepts, 2011.

Von Vegesack, Alexander, Jochen Eisenbrand: Airworld, Design und Architektur für die Flugreise, Weil a.R., Vitra Design Museum, 2004.

## Internetquellen

Airbus: Ground Operations. <http://www.airbus.com/innovation/future-by-airbus/smarter-skies/low-emission-ground-operations/> (abgerufen am 16.12.2013).

Aviation Pros: Iberia Airlines Taxiing Program To Reduce Emissions At ORD. <http://www.aviationpros.com/article/10467486/single-engine-taxi-program-will-reduce-emissions-and-save-fuel> (abgerufen am 18.02.2014).

Flughafen Zürich. Pistenbenutzungskonzept. [http://www.zurich-airport.com/~media/FlughafenZH/Dokumente/Das\\_Unternehmen/Laerm\\_Politik\\_und\\_Umwelt/Pistenbenutzungskonzepte\\_2013.pdf](http://www.zurich-airport.com/~media/FlughafenZH/Dokumente/Das_Unternehmen/Laerm_Politik_und_Umwelt/Pistenbenutzungskonzepte_2013.pdf) (abgerufen am 18.02.2014).

Globo Meter: Die Welt in Zahlen. <http://de.globometer.com/flugzeug-kraftstoff.php> (abgerufen am 16.12.2013).

Hilkevitch, Jon: Fuel-saving idea puts airliners in tow. Chicago Tribune. [http://articles.chicagotribune.com/2008-09-19/news/0809180849\\_1\\_american-airlines-jet-fuel-mary-frances-fagan](http://articles.chicagotribune.com/2008-09-19/news/0809180849_1_american-airlines-jet-fuel-mary-frances-fagan) (abgerufen am 16.02.2014).

ICAO: Annual Report of the Council 2012. [http://www.icao.int/publications/Documents/10001\\_en.pdf](http://www.icao.int/publications/Documents/10001_en.pdf) (abgerufen am 16.12.2013).

Mouat, Lucia: Towing airplanes: Will it save fuel? The Christian Science Monitor 1981. <http://www.csmonitor.com/1981/0108/010857.html> (abgerufen am 16.12.2013).

Ricardo: Engineered vehicle concept aims to reduce aircraft fuel costs, CO2 emissions - and noise 2009. <http://www.ricardo.com/en-GB/News-Media/Press-releases/News-releases1/2009/Ricardo-engineered-vehicle-concept-aims-to-reduce-aircraft-fuel-costs-CO2-emissions-and-noise/> (abgerufen am 16.12.2013).

Salamone, Michael: Use of towbarless tractors at airports 2012. [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp\\_rrd\\_015.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_rrd_015.pdf) (abgerufen am 25.02.2014).

Scholz, Dieter: ALOHA, Aircraft Design for Low Cost Ground Handling. <http://aloha.profscholz.de> (abgerufen am 18.02.2014).

Schopf: PowerPush, Die einzigartige Pushback-Lösung. <http://www.schopf-gse.com/Schopf-Flugzeugschlepper-PowerPush.html> (abgerufen am 18.02.2014).

Swiss Environmental care. [http://www.swiss.com/web/DE/about\\_swiss/environmental\\_affairs/Documents/SWISS\\_inside\\_Umweltbericht\\_DE\\_EN.pdf](http://www.swiss.com/web/DE/about_swiss/environmental_affairs/Documents/SWISS_inside_Umweltbericht_DE_EN.pdf) (abgerufen am 18.02.2014).



## Videoquellen

Schweizer Radio und Fernsehen: Flughafen Zürich, Hochbetrieb zum Ferienstart. Regie: Esther della Pietra (Aufzeichnung: 16.12.2013).

## Abbildungsverzeichnis

Titelseite: Pushback-Betrieb, Flughafen Zürich 2014.  
Foto: Milan Rohrer.

Abb. 1: Varianten von Terminals und deren Flugzeugpositionen.  
Grafik: Milan Rohrer, Quelle: Wikipedia. <http://de.wikipedia.org/wiki/Flughafenterminal> (abgerufen am 25.02.2014).

Abb. 2: Pushback-Traktor mit Stange, Kloten, 1983.  
ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz.

Abb. 3: Der erste stangenlose Prototyp von Goldhofer: AST-1, Kloten, 1992.  
ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz (eingefärbt).

Abb. 4: Vergleich des Zeitbedarfes zwischen dem Ablauf heute, eines elektrisch betriebenen Fahrwerkes und dem Full Towing.  
Grafik: Milan Rohrer, Quelle: Dwayne, Raes.

Abb. 5: Durchschnittliche Anzahl Flugbewegungen 2012 auf dem Flughafen Zürich.  
Grafik: Milan Rohrer, Quelle: Flughafen Zürich AG [http://www.flughafen-zuerich.ch/~media/FlughafenZH/Dokumente/Das\\_Unternehmen/Flughafen\\_Zuerich\\_AG/Broschuere\\_Zahlen\\_und\\_Fakten\\_2012\\_de.pdf](http://www.flughafen-zuerich.ch/~media/FlughafenZH/Dokumente/Das_Unternehmen/Flughafen_Zuerich_AG/Broschuere_Zahlen_und_Fakten_2012_de.pdf) (abgerufen am 26.02.2014).

## ANHANG

**Interview 1: Betreiber Pushback-Fahrzeuge (Swissport)**

Interview mit Reto Müller, Betriebsleiter Flugzeugschlepper Swissport. Mittwoch, 29. Januar 2014, Flughafen Kloten.

#00:02:12-7# Wie realistisch sehen sie die Idee, Flugzeug mit einem Fahrzeug an die Startpiste zu bringen?

#00:02:24-8# Also ein Fahrzeug, das Flugzeuge an die Piste führt, sehe ich sehr realistisch. Wäre in meinen Augen auch relativ schnell umsetzbar. Aber ich sehe das Problem der Kosten. Sie wissen das selber, das ganze Airlinebusiness ist in einem sehr harten Preiskampf und das würde bedeuten, dass der, der das macht, deutlich mehr solche Schleppfahrzeuge haben muss, da diese länger unterwegs wären. Man müsste mehr Personal haben, die das machen und irgendjemand muss das bezahlen. Die Tendenz geht eher in die andere Richtung, das kann ich sagen. Der Kostenerfolg der Airlines geben sie gnadenlos an die Zulieferer weiter und da sind wir auch betroffen. Anstatt, dass wir mehr verdienen an unserer Leistung, ist die Tendenz eher umgekehrt. Man könnte das mit den bestehenden Schlepper bereits machen. Das wurde schon einmal überlegt. Wenn man den Flieger dort hinunter zieht, würde das bedeuten, dass man zusätzliche Schlepper kaufen müsste, man müsste unser Tourenschemata aufstocken und das muss jemand finanzieren.

#00:03:44-3# Wenn man es vom Aspekt des Treibstoffeinsparen betrachtet und welche immensen Summen eingespart würden, könnten Sie sich vorstellen, dass man es durch diese Einsparungen decken könnte?

#00:03:57-2# Ich weiss es nicht. Ich sehe da eigentlich eher eine realistische Chance auf Flughäfen, die längere Taxizeiten haben bis zum Pistenkopf. Zürich ist relativ kompakt, es braucht nicht so lange zum Rollen. Auf Flughäfen, wo sie kilometerweise Rollen, zehn Minuten oder eine viertel Stunde, da sehe ich das sicher auch.

#00:04:25-9# Der A-380 benötigt jedoch auch in Zürich sehr lange Zeit vom Start der Triebwerke, bis er effektiv startet. Das zeigt für mich, dass da noch Optimierungspotential vorhanden wäre.

#00:04:40-1# Ein anderer Punkt in dem Zusammenhang ist auch, dass diese Flugzeuge nicht einfach die Triebwerke anlassen und dann starten, also voll Schub geben. Sie müssen auch eine gewisse Aufwärmphase haben.

#00:04:50-3# Drei Minuten, oder?

#00:04:52-4# Ja, je nach Triebwerktyp.

#00:04:55-6# Grundsätzlich sehen sie solch etwas als realistisch. Sehen Sie es denn auch als sinnvoll? Würden sie solch etwas begrüssen, wenn das finanziert werden könnte?

#00:05:06-7# Natürlich. Das sehe ich durchaus auch als sinnvoll an. Wie gesagt, Fuel einsparen, Emissionen reduzieren, das sollte allen ein Interesse sein. Aber es hat einen Kostenpunkt dahinter.

#00:05:24-6# Welche Konsequenzen hätte es sonst noch, für den Flughafen, für den ganzen Betrieb, wenn laufend Fahrzeuge hin und her fahren?

#00:05:31-9# Genau, das ist eigentlich der andere Punkt, den ich auch noch erwähnen wollte. Ein wichtiger Ansprechpartner für Sie in diesem Projekt ist wahrscheinlich auch der Flughafen. Weil er stellt die ganze Infrastruktur zur Verfügung und müsste da ganz sicher je nach System, das man wählt, gröbere Anpassungen vornehmen. Es müsste Strassen geben, wo die Flugzeugschlepper wieder zurückfahren können und so weiter. Es hat ziemlich sicher auch auf dieser Seite grosse Konsequenzen.

#00:06:17-3# Sehen Sie weitere Optimierungsmöglichkeiten auf dem Boden? Wir haben es beim Enteisen gesehen, das ist auch etwas, wo die Triebwerke laufen, wo sie nicht müssten. Gibt es sonst noch Abläufe, wo sie Potential sehen etwas zu verändern?

#00:06:32-5# Das hat man auch schon mehrfach untersucht, den Prozess des Deicing auf den Remote-Deicing-Pads, dass man die Flieger allenfalls hereinzieht und dann enteisen und erst nach dem Enteisen Triebwerke startet und fliegt. Aber es hat auch einen Zusammenhang mit den Kunden, die eigentlich grosses Interesse hätten, diese Treibstoffeinsparungen zu machen. Das

hat man aber wieder verworfen, da es den gesamten Prozess behindern, respektive verlangsamen würde. Diese Pads wären länger besetzt, das gäbe einen grossen Rückstau, es gäbe viel grössere Verzögerungen und so weiter. Dann nehmen die Airlines lieber in Kauf, dass sie ein bisschen mehr Most verbrennen, dafür den gesamten Prozess schneller abwickeln.

#00:07:23-2# Ich denke auch für die Passagiere, die im Flugzeug sitzen, die möchten auch möglichst rasch am Ziel sein.

#00:07:30-8# Was spielt der Lärm für eine Rolle? Mir geht es auch darum, durch das Ausschalten der Triebwerke das Rollfeld leiser zu machen. Hat das eine Relevanz? Oder ist es eh viel zu Laut auf dem Flughafen?

#00:07:46-4# Das ist aus meiner Sicht nicht massgebend. Die Flieger starten und landen trotzdem und machen Standläufe und weiss nicht was alles. Der Lärm wäre wahrscheinlich nach meiner Wahrnehmung keine grosse Einsparung.

#00:08:08-1# Aber trotzdem würden die Mitarbeiter, die direkt am Flugzeug arbeiten geschont.

#00:08:17-2# Ja, wenn die Flugzeuge hereinrollen, dann laufen die Triebwerke, aber wenn er einmal da steht, auch wenn er gepusht wird, dann läuft nur das APU hinten oben.

#00:08:32-6# In welchem Zeitraum könnte man das umsetzen, wenn man den Ort und die Kosten ausblendet?

#00:08:49-0# Es steht und fällt mit den Anpassungen der Infrastruktur vom Flughafen. Die Strassen wo man mit den Schleppgeräten wieder zurückfahren muss von den Pistenköpfen aus. Wenn das steht, dann könnten wir das relativ schnell einführen. Also die Flugzeuge mit den Schleppern dort hinunterziehen.

#00:09:16-6# Wie realistisch sehen sie die Untersuchung, die beabsichtigt einen elektrischen Motor in das Fahrwerk einzubauen um das Flugzeug rückwärts zu pushen und wie würden die Sicherheitsfragen geklärt?

#00:09:32-5# Beim zurückstossen wäre der Personalaufwand sicher höher als jetzt. Sie haben es gesehen, wir machen One-Man-Pushs. Das ist ein Mann, der da ist. In einem solchen Fall müssten ganz sicher, ich sage jetzt drei Männer einen Flieger zurückstossen. Einer vorne am Headset, zwei an den Flügeln aussen, Wingwalker. Klar bräuchte es dann keine Schleppgeräte mehr dazu, da der Antrieb der Flieger selbst ist.

#00:10:06-7# Was verursacht in Ihrem Betrieb am meisten Kosten? Sind es die Personen, Lohnkosten?

#00:10:14-4# Das sind wahrscheinlich schon mitunter die Lohnkosten.

#00:10:15-1# Wenn Sie sich vorstellen, dass es ein neues Pushback-Fahrzeug geben würde, welche Anforderungen haben Sie an ein solches? Welche Vorteile gegenüber den Bestehenden würde Sie sich wünschen?

#00:10:41-2# Wir sind mit dem Schleppgerät, das wir besitzen schon ziemlich gut aufgestellt. Wir verwenden Produkte von Goldhofer. Das ist der Rollce-Royce unter den Towbarless-Flugzeug-Schlepper-Hersteller. Sie sind auch mit Abstand am teuersten. Aber es ist die Qualität, die man bezahlt und die sich bezahlt macht. Unsere Schlepper sind zum Teil über 20 jähig und sind heute noch täglich im Einsatz. Suchen Sie einen anderen solchen Towbarless-Schlepper, den gibt es nicht. Aber es gäbe sicher ein paar Sachen, die man zusätzlich einbauen könnte. Wichtig aus meiner Sicht wäre, dass man möglichst alle Flugzeugtypen die es gibt damit bewegen könnte. Dass eine sehr gute und verlässliche Anzeige für den Fahrer besteht, wenn zu hohe Kräfte auf das Bugfahrwerk wirken. Wir haben zwar Overtork-Indikatoren in den Traktoren eingebaut aber wir haben erst kürzlich einen Fall gehabt, wo ich sagen muss, da ist etwas krumm gelaufen. Ein Steering-pin ist zu stecken vergessen worden. Er hat den Flieger zurückgestossen und beim Abdrehen hat es einen lauten Knall gegeben, kapitaler Schaden am Bugfahrwerk. Es war nicht bloss der Zylinder, den man wechseln musste, sondern das ganze Bugfahrwerk ausbauen und ersetzen und das alte in die Reparatur schicken. Das ist ein Thema, das man sicher verbessern könnte, wo sicher noch Potential besteht. Dann kommt die gesamte Beleuchtungsgeschichte. Bei Nebel oder Dunkelheit, schlechter Sicht generell. Dann müssen wir die Flieger beleuchten. Sie haben gesehen, wir haben solche Strobelights, die an den Flügel zünden und flashern. Zusätzlich zwei solche Scheinwerfer die dort hin zünden. Bei Dunkelheit müssen wir zusätzlich noch

eine Heckblitzlampe hinten am Flieger montieren, dass man es noch etwas besser sieht. Und da denke ich, sollte es etwas geben, das dermassen stark flashert, die man hinten unten am Traktor montieren könnte, die auch unter dem Flieger hindurch dermassen flashern, dass jeder andere Flieger ihn auf dem Tarmac sieht. Das, das wir jetzt haben ist ein bisschen eine komische Lösung.

#00:13:34-0# Jetzt sind es einfach Scheinwerfer, die nach hinten zünden?

#00:13:35-8# Genau, das funktioniert und verhält sich bei normaler und guter Sicht, auch bei Nacht, aber sobald es neblig ist oder stark schneit, oder regnet, dann ist das sicher sehr eingeschränkt. Das wäre Etwas, wo ich ein grosses Potential sehe um auch die Sicherheit zu verbessern.

#00:13:58-8# Hans hat noch erzählt, dass im Winter, bei Eis, die Fahrzeuge oft an ihre Grenzen kommen?

#00:14:07-4# Das ist ganz sicher auch ein Punkt. Es gibt Situationen, da Schleppen wir Flugzeuge auf zugeschneiten Taxiways. Wir haben weder eine Centerline als Hilfsmittel, noch... Der Flughafen ist in der Pflicht diese Taxiways gleich wie auch die Pisten und alles innert nützlicher Frist zu räumen, aber er schafft es nicht. Und es gibt auch Situationen wo es die Standplätze verschneit und man dreht dann mit unseren Rädern durch und bringt den Flieger nicht weg. Ölbinder oder Salz streuen oder Schneeschaufeln, den Schnee und Eis weg machen. Also das ist ganz sicher auch ein Punkt.

#00:14:51-4# Wenn etwas passieren würde, wer haftet? Wenn im schlimmsten Fall der Pusher irgendwo hineinfährt.

#00:15:08-0# Die Verantwortung liegt eindeutig beim Pushback-Fahrer. Wir haben schon verschiedene Situationen auf diesem Flughafen gehabt, wo ich dem Airportsecurity angerufen habe und gesagt habe, dass sie jetzt etwas machen müssen. Sonst stellen wir den gesamten Betrieb ein. Wir haben das auch schon gemacht.

#00:15:21-4# Gestreikt?

#00:15:22-3# Nein, nicht gestreikt. Wir haben einfach gesagt, dass es nicht mehr zu verantworten sei. Wir müssen zuerst die Taxiways putzen, sonst können wir nicht mehr schleppen. Das wurde auch akzeptiert auch von den Kunden. Aber eben, das sind Ausnahmesituationen. In den meisten Fällen passt man die Geschwindigkeit den Strassenverhältnissen an.

#00:15:49-9# Wie viele Fahrzeuge stehen bei Ihnen im Einsatz?

#00:15:57-7# Im Moment haben wir 22 Fahrzeuge, wir reduzieren jedoch um zwei Einheiten.

#00:16:06-9# Warum das?

#00:16:08-4# Weil wir mittlerweile einen Stand bei der Flotte erreicht haben und wir nicht mehr solch eine grosse technische Reserve benötigen. Wir haben maximal 12 Leute gleichzeitig da. Die 22 Schlepper waren gut, da wir für jeden Flugzeugtypen Schlepper haben. Zwei AST-3, eine technische Reserve gehabt, da waren wir schon oft froh darüber aber mittlerweile haben wir auch immer wieder neue Fahrzeuge gekauft und die alten ersetzt. Wir sind der Ansicht, dass wir jetzt um zwei Einheiten reduzieren könne.

#00:16:57-0# Was kostet ungefähr ein solches Fahrzeug?

#00:17:04-4# Ich sage mal eine Grössenordnung. Es ist nicht genau dieser Preis den ich ihnen angebe. Ein AST-3, das sind die kleinsten kostet 200'000 Euro, ein AST-2, die Mittleren, kostet eine halbe Million Euro und ein AST-1, das sind die grossen, allerdings auch A-380 fähig, kosten 700'000 Euro, sage ich jetzt mal. Das kommt immer auch auf die Ausstattung an.

#00:17:33-5# Und andere Hersteller. TLD sei günstiger?

#00:17:36-8# Der ist massiv günstiger. Es ist aber wirklich nur eine Maschine, die man zum Pushen einsetzen kann. Er läuft schon nicht so schnell. Wir mussten auch schon den Singapur in die Werft schleppen, da ist man eine halbe Ewigkeit unterwegs und blockiert natürlich den gesamten restlichen Rollverkehr.

#00:18:09-5# Wird bei der Anschaffung eines neuen Fahrzeuges mit dem Hersteller kooperiert

oder nimmt man einfach das was auf dem Markt ist?

#00:18:16-2# Wir haben natürlich die Spezifikationen, die wir beschlossen haben und dort ist man natürlich sehr eng mit dem Hersteller zusammen gewesen. Und jetzt sind das unsere Spezifikationen und so müssen sie uns das zusammenbauen und liefern.

#00:18:32-9# Welche Probleme gibt es mit den Fahrzeugen im Alltag? Hans hat erzählt, dass mal einer gestanden und nicht mehr gelaufen sein.

#00:18:47-8# Das kann es natürlich ab und zu mal geben, dass irgendwas vorkommt, die sind vollgestopft mit Hydraulik, vor allem aber auch Elektronik, dass dort etwas spinnt, die SPS sich aufhängt oder weiss nicht was auch immer. Passiert aber relativ selten. Oder dass mal eine Batterie schwach ist. Dass man am Morgen den Karren überbrücken muss. Das sind eigentlich die Probleme, die wir haben. Dass es mal eine Hydraulikleitung mag, kann es auch geben, dass es ein Hydraulikleck gibt. Aber das kann bei jedem Fahrzeug der Fall sein. Das sind die Probleme, die wir haben.

#00:19:30-4# Da sind Sie auch flexibel, das sofort auszuwechseln?

#00:19:36-3# Die Fahrzeuge sind auch so aufgebaut, dass man auch ohne Motor die Flugzeuge abladen kann, die Ventile hydraulisch, die Notventile hydraulisch betätigt, dass der Flieger freigegeben werden kann.

#00:19:51-1# Was für eine Konsequenz haben die immer grösser werdenden Flugzeuge? Sind es die Fluggesellschaften, die sagen wir brauchen einen neuen Schlepper oder ist es der Flughafen?

#00:20:08-7# Das ist unserer Interesse, dass wir den Kunden unter Vertrag nehmen können, wenn wir ihn unter Vertrag nehmen wollen, müssen wir das passende Equipment haben. Das ist ganz klar, als die Singapur angekündigt haben, dass sie mit dem A-380 nach Zürich kommen, mussten wir einen solchen Schlepper extra wegen dem kaufen.

#00:20:25-2# Der Vertrag läuft direkt mit den Fluggesellschaften? Ist es nicht der Flughafen, der es fordert?

#00:20:30-3# Nein.

#00:20:33-9# Es wird immer am Bugfahrwerk geschleppt. Es gibt auch Tests, wo das Fahrzeug an den Hauptfahrwerken angebracht wird und eine reine Vorwärtsbewegung ausüben. Der Pilot lenkt nachwievordas Flugzeug. Sehen Sie das als vorteilhaft?

#00:20:58-0# Für Zürich völlig unrealistisch, da wir genau dieses Gerät schon da hatten um zu Testen. Wir haben es nach einem Tag wieder zurückspediert.

#00:21:14-6# Wie heisst das Gerät?

#00:21:15-4# Power-Push. Das hat man am einen Hauptfahrwerk befestigt, fuhr hin, hat eine Rolle auf die Reifen gedrückt und das hat dann das Hauptfahrwerk angedreht. Der Pilot musste lenken. Das war die Situation, als noch ein Mann vorne am Headset war. Und zwei Wingwalker. Wie ich Ihnen gesagt habe, haben wir ziemlich komplexe Pushback-Positionen über diverse Rollwege. Sehr sehr langsam, der gesamte restliche Verkehr blockiert während dieser Zeit. Nein, das hat sich nicht bewährt. Wie gesagt, nach einem Tag hat man den Versuch abgebrochen. Unbrauchbar.

#00:22:02-1# Sehen Sie die Zukunft eher bei einem im Fahrwerk eingebauten Elektromotor?

#00:22:12-0# Auch dort bin ich skeptisch. Ich weiss nicht, wie weit die Studie oder der Versuch, die sie offensichtlich gemacht haben fortgeschritten sind, aber ich denke gerade auch, was macht man, wenn es Schnee hat. Die Flugzeugreifen haben Längsrillen aber Querrillen, die für die Traktion des Rades massgebend sind, gibt es bei den Flugzeugen nicht. Das Flugzeug würde auf dem Schnee spulen. Und noch viel mehr, als wir mit den Traktoren spulen.

#00:22:44-1# Wenn man sagt, man bleibe bei dem bestehenden Prinzip müsste um all die Anforderungen zu erfüllen, das Fahrzeug grösser, schwerer und robuster werden. Was hat das für Folgen auf das Fahrzeug selbst?

#00:23:08-5# Grösser ja, bestimmt. Wie der AST-1, damit das Bugfahrwerk des A-380 reinpasst. Der wird breiter werden, das ist klar. Es kann auch nicht sein und ist auch nicht realistisch, dass man einen Traktor bauen kann, der vom Fokker 70 bis und mit Jumbo, A-380, alle Flugzeuge bewegen kann. Das ist nicht realistisch. Irgendwann sind an der Technik wahrscheinlich schon auch Grenzen aufgezeigt. Wenn man mit einem 30 Tonnen schweren Fahrzeug solch einen kleinen Flugzeug wie ein Fokker 70 bewegt, dann ist alleine der Druck des Schleppfahrzeuges der kommt zu gross auf das Bugfahrwerk.

#00:24:07-7# Was sind das Kräfte, die da wirken oder was hat das Fahrzeug für eine Leistung?

#00:24:12-9# Das ist natürlich auch abgestuft. Die kleinen Traktoren haben 200PS, die mittleren 400PS und die grossen 5-600PS.

#00:24:29-6# Wenn man sich vorstellt, dass das Flugzeug autonom zum Pistenkopf fährt und erst dort das Triebwerk startet, müsste eine Person vorhanden sein. {...} Ich habe auch schon Ansätze gesehen, wo es eine Plattform gibt, wo das Flugzeug drauf fährt und dann so verschoben wird.

#00:25:22-0# Ja, das ist vielleicht in 300 Jahren (lacht).

#00:25:22-6# Ich denke, wenn sie das Projekt weiter verfolgen wollen, gerade auch Thema Taxibot oder Powerpush, wäre der Flughafen der Ansprechpartner. Die haben auch ein wichtiges Wort einzureden. Die müssen auch den gesamten Rollverkehr auf dem Flughafen managen. Und sind verantwortlich für die Sicherheit.

#00:26:10-6# Sie stellen das zur Verfügung, was vom Flughafen gefordert wird. Sie als Swissport könnten nicht die Initiative ergreifen und sagen, wir wollen ein Taxibot-System?

#00:26:26-4# Nein, ich denke dieser Druck müsste von den Kunden kommen. Von den Airlines mit dem Hintergrund Fuel einzusparen. Dann könnte sich der Flughafen sicher nicht verschliessen aber ich denke zuerst müsste der Druck kommen.

#00:26:42-1# Aber Taxibot ist ja auch so, dass der Pilot das Fahrzeug steuert. Aus welchem Aspekt kam diese Idee?

#00:26:57-1# Ich weiss es nicht. Genau das gleiche könnten wir mit den bestehenden Fahrzeugen machen. Da braucht es nicht ein neues Konzept wo der Pilot ganz normal wie mit selfpower herumrollt. Ich weiss es nicht. Aber mit dem Konzept könnte man natürlich Fuel einsparen. Aber es braucht genau gleich einen Mann, der mitfährt, der das Flugzeug am Pistenkopf ablädt und mit dem Fahrzeug wieder zurückfährt. Dann kommt das mit den Fahrstrassen wieder. Es ist schon ein sehr komplexes Thema.

#00:27:47-7# Ja, das ganze System ist ein Kreislauf.

#00:27:46-5# Dann kommt noch hinzu, dass Pushback und hereinziehen von Flugzeugen das eine ist, aber es finden auch noch Schleppmanöver statt. Wer macht denn diese? Wie funktioniert das? Kann man auch wie vor solch konventionelle Schleppgeräte brauchen? (...) Dort sehe ich noch gar keine Möglichkeit, wie das automatisiert werden könnte.

#00:28:24-9# Ich glaube es braucht immer einen Menschen, der dort ist und das ganze kontrolliert. Dass das ganz autonom funktioniert ist im Moment noch ziemlich utopisch.

#00:28:45-7# Ich finde es gut, dass solche Überlegungen gemacht werden, die können ja auch dazu führen, dass bestehendes verbessert werden kann.

#00:28:52-7# Ich gehe es nicht aus dem technischen Background her an. Aber in der Schule sind Aspekte wie die Benutzung, die Wartung, Freundlichkeit, das Äussere, Schnittstelle Maschine-Mensch ein grosser Aspekt. Als Beispiel ist beim Aussteigen das Fahrzeug der Rückspiegel genau auf Kopfhöhe, wo man den Kopf anschlägt. Das sind Sachen, die man als Industriedesigner zu verbessern versucht.

#00:29:29-6# Ja, das ist ein Thema, vor allem auf der Beifahrerseite. Das ist ein völliger Mist. Ich muss es wirklich immer erwähnen.

## Interview 2: Hersteller Pushback-Fahrzeuge (Goldhofer)

Interview mit Jürgen Dittrich, Konstrukteur Flugzeugschlepper Goldhofer. Dienstag, 4. Februar 2014, per Telefon.

- Welche Möglichkeiten stehen einem Flughafen zur Verfügung, um die Bodenabfertigung auf ihre Effizienz zu verbessern?

Sehe mich nicht befugt, diese Frage zu beantworten.

- Wie sieht ein Flughafen bezüglich Bodenabfertigung für Sie in Zukunft aus?

Kann diese Frage nicht beantworten.

- Welches Potential sehen Sie, um auf dem Rollfeld Treibstoff der Flugzeuge einzusparen?

Kann nichts ändern. Macht nur das, was der Markt verlangt. Goldhofer kann sich keine Studien leisten.

- Welche Möglichkeit sehen Sie, Flugzeuge auf dem Rollfeld ohne laufende Triebwerke zu bewegen?

Mit einem Pushback-Fahrzeug.

- Wie realistisch sehen Sie den Betrieb mit einem elektrischen Motors im Fahrwerk des Flugzeuges um dies selbständig zu bewegen? (electrical driven nose gear)

Ich weiss, das dies getestet wird, mehr nicht.

- Welche Vor- und Nachteile sehen Sie im TaxiBot System?

Platzbedarf und Ablauf sind noch offene Fragen. TaxiBot konnte nur entwickelt werden, da die Flugzeugindustrie dahinter steht. Die Aufsichtsbehörde muss dies erst bewilligen.

- Welche Probleme entstehen beim Pushback mit einem PowerPush Fahrzeug?

Operationelle Probleme. Ist nur für kleine Flieger geeignet. Grosse Flieger können damit nicht gepusht werden.

- Wie realistisch sehen Sie die Idee, Flugzeuge mit dem Pushback-Fahrzeug direkt an die Piste zu bringen und erst dort das Triebwerk zu starten?

Für kleine Flughäfen wie Zürich macht dies keinen Sinn, da die Rollzeiten unter drei Minuten sind. Triebwerke brauchen fünf Minuten zum Aufstarten.

- Welche Anforderungen werden an ein neues Pushback-Fahrzeug gestellt?

Kostengünstig, effizient und sicher. Das, was der Markt verlangt.

- Welche Entwicklung ist von Goldhofer in naher Zukunft im Bereich neuer Pushback-Fahrzeuge zu erwarten?

Keine revolutionäre Neuentwicklung erwartet. Wir betreiben keine Forschung. Es wird das übliche Produktupdate geben. AST-2 wurde vor fünf Jahren entwickelt. Keine Neuentwicklung in Sicht.

- Wie behauptet sich Goldhofer gegenüber der Konkurrenz?

Der normale Wettbewerb.

- Weshalb werden Flugzeuge überhaupt vorwärts einparkiert?

Frage an den Flughafen, da der Pilot die Verantwortung über das Flugzeug hat, bis die Triebwerke ausgeschaltet werden. Aufbau der Flughäfen. Zusammenspiel Airside/Groundside.

- Weitere Bemerkungen:

Den Airlines ist der Slot wichtiger als der Fuel. Bodenabfertigung hat sich seit 20 Jahren nicht grundsätzlich geändert. Stange/stangenlos duales System wird beibehalten. Stange ist berechtigt. Gewicht bedeutet Treibstoffverbrauch.

### Interview 3: Betreiber (Flughafen Zürich)

Interview mit Fabian Brühwiler, Betriebsleiter Flugzeugschlepper Swissport. Freitag, 7. Februar 2014, Flughafen Kloten.

#00:00:15-1# Einführung ins Thema

#00:02:51-7# Wie sieht für dich ein Flughafen in der Zukunft aus? Fokus auf die Bodenabfertigung.

#00:03:05-0# Bei der Bodenabfertigung? Ich dachte, du sagst einen optimalen Flughafen der Zukunft, dann hätten wir ein paralleles Landesystem, hätten nur noch Parallelpisten.

#00:03:16-7# Das kann durchaus auch ein Aspekt sein.

#00:03:18-0# Das ist historisch so gewachsen, da kann man nichts mehr daran ändern. Das ist jetzt so. Du kannst nur noch ausbauen in Sachen Länge aber nicht einmal das zu hundert Prozent. In Sachen Bodenabfertigung? Wir in Zürich haben das Problem mit den Taxiways, die haben zum Teil Einschränkungen. Du kannst nicht mit jedem Flugzeugtyp überall hinrollen. Ein gutes Thema ist der A-380, der im Bereich Apron Süd, das ist die Aufteilung, Trennlinie ist die Piste 28. Alles was südlich davon ist, ist im Zuständigkeitsbereich vom sogenannten Apron Süd und in diesem Bereich darfst du mit dem A-380 gar nicht rollen, da er nicht zugelassen ist auf diesem Ground-Movement-Chart. Da müsste man Schilder versetzen und und und. Es gibt zwar einen Prozess dazu, wie man das trotzdem umgehen kann, beziehungsweise sauber abhandeln, wenn das doch einmal der Fall sein soll. Zum Beispiel bei einer Landung auf der Piste 16. Das grösste Problem, das wir in Zürich haben ist der Platz. Wir haben von den Standplätzen her, man sieht es jetzt gut, da haben wir das Dok B, da das Dok A, die Standplätze sind leer. Wir hätten momentan Airport Slots zu vergeben bis zum geht nicht mehr, also wir sind eigentlich leer. Aber da wir das Wellensystem haben, ist zu Peakzeiten alles voll und da hast du zum Teil zu wenig Platz. Dann musst du schauen, dass der andere wirklich Off-Block geht und da kommt der Punkt, dass man eigentlich, ich rede jetzt aus der Sicht ATC, Flightoperations, dass wir etwas haben sollten, beziehungsweise voraussagen können, wann der Turnaround-Prozess fertig ist, wann das Flugzeug den Standplatz verlässt, also das relativ genau, der hätte wirklich alle Passagiere an Board, dann ist das Gepäck verladen, dann ist der gesamte Turnaround abgeschlossen und der Flieger kann gehen. Dass wir diese Zeit besser planen können. Wir haben einen Approach für das, das nennt sich ACDM und das funktioniert eigentlich relativ gut. Aber trotzdem um die Peaks abzudecken und das unvorhersehbare kannst du nicht planen. Dort wäre sicher Verbesserungspotential vorhanden.

#00:05:30-6# Was ist der Grund des Wellensystems?

#00:05:32-8# Der Ursprung ist, dass man die ganzen Verkehrsflüsse international timen muss. Wir haben das hub-spoke-Prinzip, dass du schaust, was mache ich mit dem Flughafen, bin ich ein Hub und mache lokales Feeding und gehe dann auf Langstrecken und Rückwärts oder mache ich einfach nur Point-to-Point und sage, du ist mir eigentlich gleich, du fliegst von A nach B und dann nicht mehr weiter. Und Zürich ist auch einen von denen, der absolut ein Hub-Airport ist. Er ist auch angewiesen auf den Interkontinentalverkehr und man will gescheite Zeiten anbieten, dann bist du automatisch bei dem. Dann hast du deine Feederflights, die eigentlich deine Leute bringen sollten, die danach auf die Langstrecke gehen und die willst du alle über Zürich abwickeln. Am besten gleich noch aus einer Hand, sprich Swiss. Das ist der Grund, dass es diese Wellenbewegung gibt und das ist am Morgen und Mittag. Also es gibt halbe Wellen und die volle Welle.

#00:06:32-5# Die grösste ist am Morgen?

#00:06:34-9# Ja, am Morgen die Outbound-Welle, das ist eine grosse, die um sieben geht, das ist innereuropäisch. Weil um 6 landen die ersten Interkontinental. Das ist eine Inbound-Welle. Die liefert die Leute, um dann innereuropäisch zu verteilen oder dann noch weiter.

#00:06:54-5# Aber wieso macht niemand Flüge am Nachmittag?

#00:06:56-4# Es ist nicht attraktiv. Es gibt schon solche, die diese Slots nutzen, die sagen, ja gut, jetzt kann ich sie günstig haben.

#00:07:04-4# Ist es dann wirklich günstiger?



#00:07:04-2# Es ist eine Preisfrage, ja. Wir wären noch so froh. Jetzt hätten wir Kapazität zum vergeuden und auch die Handling-Agents, die stehen jetzt da herum und haben nichts zu tun und du musst die Leute trotzdem bezahlen, da sie da sind.

#00:07:24-9# Du hättest die Frage des Flughafens der Zukunft erwartet, wie hätte das ausgesehen? Du hast gesagt ein paralleles Pistensystem?

#00:07:33-6# Ein paralleles, unabhängiges Pistensystem, damit du gleichzeitiges an- und abfliegen kannst. Das würde die Abflugplanung massiv vereinfachen. Hinsichtlich dieser Arbeit, der Emissionsminimierung, dann ist es mit einer Parallelpiste einfacher. Wir haben kreuzende Pisten und wir haben Auflagen, die wir erfüllen müssen, die ein Konzept ziemlich erschweren um zu betreiben. Ein einfaches Beispiel: Bei einem Start auf der Piste 16 hast du das Noise-Appointment-Procedure, dann musst du einen Leftturn fliegen. Du machst also eine grosse Linkskurve, du kannst nicht geradeaus. Das heisst, jeder Start, musst du mit der Landung auf der Piste 14 koordinieren.

#00:08:19-7# Weil diese durchstarten können müssen?

#00:08:19-7# Ja genau, wegen dem Go-Around-Procedure, da hat es einmal einen Vorfall gegeben. Und weil sich die beiden Wege kreuzen, musst du dies koordinieren.

#00:08:26-4# Weshalb kann man auf dem 16 nicht gerade heraus? Wegen der Stadt?

#00:08:31-6# Ja, wegen der Stadt. Das ist ein lärmtechnisches, politisches Thema. Wir hätten das natürlich noch so gerne. Die ATC so oder so. Und es wäre eigentlich auch sicherer, weil du machst jetzt bei 1400 Fuss eine Linkskurve. Die musst du machen. Du kannst schon gerade aus aber dann hast du ein One-Engine-Out oder sonst ein technisches Problem, dann ist etwas anders. Oder du hast Gewitterwolken. Das haben sie zwei dreimal sogar bewiesen, dass sogar ein Rechtsturn geht. Also gerade hinaus und dann rechts über Zürich weg. Und interessanterweise hat es in Zürich nicht einmal jemand gross bemerkt, da der Stadtlärm so gross ist.

#00:09:00-9# Ja, das überlege ich mir auch. In der Stadt ist es eh laut. Und ob jetzt da noch ein Flieger drüber fliegt oder nicht.

#00:09:06-3# Aber eben, das sind politische Themen, da kann man keinen Einfluss nehmen. Aber eben, wenn du das entkoppeln könntest, dann könntest du auch die Startzeiten relativ genau sagen. Jetzt haben wir das Thema, gerade im Hinblick auf Emissionen, dass es sein kann, dass auf der Piste 16 ein Flieger steht, meistens noch ein Langstreckenflieger, der zehn Minuten warten muss, bis der Inbound-Verkehr abgehandelt ist. Und im Anflug genug lange ein so grosses Loch ist, du brauchst elf Meilen für einen Abflug, dass dies gegeben ist. Bei der ATC ist es so, dass die Flugzeuge, die bereits in der Luft sind, also fliegender Verkehr Vortritt vor dem Verkehr auf dem Boden hat. Der landende Verkehr hat Vortritt vor dem startenden.

#00:09:54-6# Was ja auch Sinn macht.

#00:09:58-2# Dann kann es sein, dass er zehn oder sogar fünfzehn Minuten im Extremfall, das sollte nicht vorkommen aber es kann, dort oben steht. Das ist genau so ein Thema.

#00:10:42-4# Die Frage der Gates. Im Laufe der Zeit hat sich die Anordnung der Gates immer wieder geändert. Gibt es da etwas Optimales?

#00:11:06-4# Wir haben den Vorteil, dass die Rollzeiten auf die Standardstartpiste 28 relativ kurz sind. Taxitime sind auf anderen Flughäfen immens. Amsterdam ist ein gutes Beispiel. 03 left, die hinterste Bahn bist du zwanzig Minuten oder noch länger am rollen. Das haben wir da nicht. Wegen den Gates. Da ist immer das Thema Schengen, Non-Schengen. Wie flexibel will man sein. Entweder ein komplettes Schengen oder ein komplettes Non-Schengen Gate und hast dementsprechend die Security. Oder ein Mixbetrieb, wie wir das mit dem Dok B haben. Eine Etage ist Schengen, die andere Non-Schengen. Je nachdem kann man die Passagiere aus oder einsteigen lassen und je nachdem sogar übers Kreuz, dann hat man die Flexibilität. Man muss sich jedoch gut überlegen von wo der Flug kommt. Optimale Gateaufstellungen gibt es nicht. Vielleicht wenn man keine Standplatzeinschränkungen hat. Wir haben Standplätze nur für kleine Flugzeuge und solche wo man alles nehmen kann. Man bräuchte mehr Platz, dass man einfach alles draufstellen kann. Ich habe das Gefühl, das ist nicht so schlecht. Das einzige was schlecht ist, wir haben einen Taxiway in der Mitte, der Rollweg November und wir haben das Dok B und das Dok A Südseite, das sind alles Pushback-Plätze. Beim Wellenprinzip sind alle Plätze voll und alle wollen zur gleichen Zeit gehen. Die Feeder-Flights sind gekommen, haben alle Leute abgeliefert,

das heisst, die werden alle bereit. Dann haben wir ein Problem. Da blockt die Pushback-Position, wie man so schön sagt.

#00:12:59-3# Zürich ist nicht der optimale Flughafen für diese Arbeit. Dennoch: Welche Möglichkeiten habt ihr, um die Effizienz zu verbessern? Wo könnt ihr Emissionen einsparen?

#00:13:23-4# Da haben wir sogar etwas. Ich habe es vorhin kurz angetönt, das sogenannte ACDM. Das heisst Airport Collaborate Decision Making. Das ist ein europäischer Ansatz, das ist ein Kind der Eurocontrol, zusammen mit der EU-Kommission und der Eurocontrol ist das aufgestellt worden. Es geht darum, dass man ein best-planned, best-served Prinzip verfolgt. Nicht einfach first come, first served, was früher der Fall war. Das Prinzip ist relativ simpel. Früher hat man das Flugzeug sobald es bereit war einfach an die Piste gestellt, egal ob die Kapazität gereicht hat von der Piste. Man hat vielleicht zehn Flieger vor sich gehabt und der hinterste hat einfach fünfzehn Minuten warten müssen. Hauptsache er steht dort vorne, ist off-block und die Standplätze sind frei. Emissionstechnischer Gugus. Das kann es eigentlich nicht sein. Es geht dann noch weiter. Im Luftraum auch, wenn man irgendwie, unkoordiniert hineinspült, dann ergibt das automatisch Delay. Man wollte das durchgeplant haben oder ein frühes Commitment. Wenn man weiss, dass du schon so und soviel Verspätung hast, kann man das nicht irgendwie schon früh timen? Es geht dann noch weiter wegen Separationskriterien. Zum Beispiel Ost-West-Abflüge, wenn du immer einmal Ost, dann West abfliegen lässt, kannst du diese schneller hintereinander starten lassen, als wenn du zweimal West machst. Dann hat man ein System aufgelegt, das dies berechnet. Das sagt dann, wie die optimale Departure-Sequenz ist. Auch miteinkalkuliert, wann das Flugzeug bereit ist und wann ist der Pushback-Traktor da ist. Das wird immer wieder aufgerechnet und aufdatiert.

#00:15:11-5# Das wird laufend gespiesen und mit Informationen aktualisiert.

#00:15:14-4# Das ist der sogenannte Departure Manager im System.

#00:15:19-9# Das ist nur für Departure?

#00:15:23-7# Das kommt dann auch noch. Das ist die nächste Stufe. Jetzt haben wir mal den Departure Manager. Der Flughafen ist auch verlinkt mit Brüssel, dort ist die zentrale Stelle, die Kalkulation der Sektoren in der Luft macht. Hat man zu viele Flüge in einem Raum, muss ich die Flüge sogenannten beslotfen. Dann hast du ein Startfenster zur Verfügung. Wenn du vorher kommst, dann hast du irgendwo auf deiner Route einen Stau. Früher sind die Regulationen einfach so herausgegeben worden und gar nicht geplant. Dann hast du jeweils eine Regulation für einen Flug erhalten, dann hast du eine Stunde am Boden warten müssen, da du dein Fenster dann gehabt hast. Das Fenster hat es gar nie gebraucht, da die Kapazität gar nie ausgeschöpft war.

#00:16:21-8# Das ist im Grunde eine Verbesserung durch Organisation?

#00:16:23-4# Durch kontinuierliche Reorganisation, durch Kapazitätsplanung von Anfang an über die Piste bis in die Luft, bis zum Zielflughafen. Also jetzt erst Innereuropäisch. Das soll auch dazu beitragen, dass auch die Taxi-Times, das rechnet alles auf, dieser Flieger hat von diesem Standplatz so lange, dann rechnet es dies alles auf, damit er zur rechten Zeit am rechten Ort ist, damit es aufgeht. Da kann man Treibstoff sparen, da nicht mehr als zwei drei Flieger vor der Piste stehen sollten. Und in einem flüssigen Intervall gestartet werden kann.

#00:17:16-7# Das hat effektiv Auswirkungen auf Treibstoffeinsparungen?

#00:17:19-9# Es ist schwer zu messen. Du kannst die Average-Taxi-Time vom Flug nehmen und dann mit der Stoppuhr nebendranstehen und schauen, wie lange er effektiv gebraucht hat. Man kann Messungen machen, wenn du einfach mal alles nach vorne schickst und dann schaust wie lange es ginge, bis der letzte in der Luft ist. Dann kannst du dem seine Average-Taxi-Time anschauen, dann hast du eine Differenz, ein Delta. Dann kriegt man eine Zeit, wie lange man ihn am Dok zurückhalten hätte können, da er eh nicht früher gehen konnte. Dort macht es Sinn.

#00:17:50-7# Im Grunde genommen siehst du Potential da etwas einzusparen und diese Thema überhaupt anzugehen?

#00:18:02-7# Absolut. Es ist ja nicht nur auf dem Rollfeld Treibstoff einsparen, man kann auch Kapazität und Platz einsparen. Wenn die Flieger zu weit hinten stehen, blockieren sie andere Rollwege und andere Pushback-Positionen. Es hätte einen Rattenschwanz daran, wo man auch eingeschränkt wird.

#00:18:22-6# Siehst du es als realistisch, Flugzeuge mit einem System an die Piste zu bringen und erst dort das Triebwerk anzulassen?

#00:18:37-0# Es gibt, wie du gesagt hast, mehrere Studien zu diesem Thema. Wir haben es in Zürich auch schon angeschaut. Das momentane Problem ist immer noch die Warmup-Time der Triebwerke.

#00:18:54-3# Das ist fünf Min oder?

#00:18:55-9# Genau. Wenn du jetzt fünf Minuten dort vorne stehst, haben wir den Platz nicht. Du müsstest einen riesen Platz haben. Dann würde es Sinn machen. Aber wenn du eine Departure-Sequenz hast, hast du das 1, 2 und 3 und das 3 kann das 1 nicht überholen, da es das Triebwerk nicht starten kann, aus einem technischen Grund, dann vergibst du immense Kapazitäten. Das gäbe einen riesen Aufschrei. Die Swiss würde innert Kürze reklamieren. Das geht schlussendlich um Minuten. Sie haben ja selbst schon die Idee gehabt mit Single-Engine-Taxi. Beim Inbound wird das bereits gemacht, beim Outbound haben sie es genau wegen der Warmup-Time, wegen den kurzen Rollzeiten, nicht gemacht. Auf andere Flughäfen wird das bereits praktiziert. Ich weiss zum Beispiel Aussian-Airlines ist in diesem Bereich schon sehr fortschrittlich. Die haben an ihren Destinationen Fixpunkte definiert, wo sie genau wissen, wenn du diese Tafel überrollt hast, musst du das Triebwerk starten, damit du noch Zeit hast, die Check-Listen abzuarbeiten und noch Zeit und du bist vorne genau bereit. Du hast einfach Plus noch etwas spatzig, falls etwas schief gehen soll. Das sind geografische Trigger-Punkte. In New York würde das auch Sinn machen, wenn du 40 Minuten Taxi-Time hast. Die machen das nicht mit dem Best-Planned.

#00:20:14-0# Du sprichst jetzt vom Rollen mit einem Triebwerk?

#00:20:17-0# Ja, die rollen ja immer noch selbst, Einfach nur mit einem Triebwerk.

#00:20:23-1# Kennst du einen Flughafen, wo sie das System mit dem Elektromotor praktizieren?

#00:20:25-9# Nein, das ist mir nicht bekannt. Nur zu Testzwecken.

#00:20:34-3# Also für Zürich ist das nicht sinnvoll, aber für grössere Flughäfen durchaus?

#00:20:38-2# Ja, ich denke definitiv. Wenn du Kapazität und Platz dazu hast, dann würde ich behaupten, könnte das durchaus eine Option sein. Die einen sagen, man baue das direkt im Fahrwerke ein, wo der Flieger selbst rollt mit den Elektromotoren aber dann hast du wieder mehr Gewicht. Das ist auch nicht optimal.

#00:20:56-2# Ich habe eine Studie, die alles durchgerechnet hat und die beste Lösung zeigt.

#00:21:03-1# Ich nehme an, es ist diese mit dem Traktor?

#00:21:01-4# Ja, es ist sogar eine Kombination.

#00:21:16-6# Zukunftsmusik ist es definitiv. Wenn man jetzt noch einen Schritt weiter geht und sich die Antriebstechnologie ändert. Eine neue Generation von Triebwerken, dann sieht das gleich mal anders aus.

#00:21:30-4# Soviel brauchen die Triebwerke gar nicht, oder? Eine Sache ist noch, dass der APU eh läuft und auch Most säuft.

#00:21:46-0# Ja, die Stromversorgung musst du auch haben an Board. Den APU musst du laufen lassen. Ausser du hast dort auch noch einmal etwas Neues erfunden.

#00:21:56-2# Ja, zum Beispiel externe Stromspeisung. Aber irgendwo muss die Energie herkommen.

#00:22:10-3# Was würde das infrastrukturell gesehen für den Flughafen für Veränderungen haben? Braucht es zusätzliche Strassen, um die Fahrzeuge wieder zurückzuholen?

#00:22:18-6# Wir haben schon relativ ein komplexes Fahrstrassennetz am Flughafen. Ich denke mit den Holdingpoints wäre das nicht ein grosses Problem, da eigentlich alles mit Fahrstrassen erschlossen ist, jedoch nicht alle darauf fahren dürfen. Das ist jedoch nur eine Frage der Ausbildung und der Berechtigung. Das ginge sicher. Infrastrukturell was Fahrstrassen anbelangt müsste man nicht extrem viel machen. Es ist eher der Platz, wie man die Flieger dann dorthin

stellt. Und wie kommt man weg und man muss schauen, dass man am anderen nicht in die Quere kommt.

#00:22:51-8# Am besten nebeneinander oder?

#00:22:51-8# Ja genau.

#00:22:57-4# Es hat ja auf dem 16 De-Icing-Pads, die nebeneinander aufgesplittet werden.

#00:23:02-2# Ja genau, also das De-Icing-Pad Foxtrott, das ist auf dem Rollweg Foxtrott, das wird momentan auch für Separationen verwendet. Also wenn du am Enteisen bist, dann kann es durchaus sein, dass ich ihm eine Clearance via Taxiway Foxtrott gebe und der Rollweg Echo geht nebenan vorbei, dann machst du ein Overtake. Der wäre eigentlich besser von der Abflugroute, dann kannst du wieder eine Minute sparen. Dann haltest du den noch künstlich zurück, dass der andere überholen kann und dann fädeltst du den anderen wieder ein. Solange das bei uns noch Abhängig vom Inbound-Verkehr ist, macht das überhaupt keinen Sinn. Weil dann lässt du die Triebwerke laufen und dann heisst es, ah sorry, kann dir das Loch erst in fünfzehn Min machen. Dann stehst du auch wieder herum.

#00:23:45-8# Es sind im Grunde genommen andere Probleme?

#00:23:52-1# Angenommen du hättest Parallelbahnen und viel Platz und das vorne so bewirtschaften kannst, dann würde ich behaupten, wäre das durchaus eine Option.

#00:24:01-7# Siehst du dies auch machbar mit einem autonomen, fahrerlosen Fahrzeug?

#00:24:18-6# Definitiv nicht morgen aber in einem optimalen Umfeld ja. Aber so wie es jetzt hier läuft, die Rollverkehrsführung ist hoch dynamisch und flexibel. Es ist ein laufendes Schachspiel. Du machst Reroutings, du rollst jetzt so, weil du mir das blockierst, wie willst du das am Traktor beibringen? Das dürfte schwer werden.

#00:24:46-2# Der müsste auf all diese Informationen zugreifen können. Er wüsste laufend, wo wo ist.

#00:24:57-6# Das fängt schon an mit den Pushback-Positionen. Die werden laufend dem Verkehr angepasst. Das ist alles nicht standardmässig, sondern hoch dynamisch. Ein normaler Pushback ist so, du stösst gerade nach hinten, drehst neunzig Grad ab und stellst den Flieger hin und startest die Triebwerke. Wenn du das machst, kannst du das genau mit zwei Fliegern machen. Einen hinten und einen vorne, damit er nicht gleich den Jetblast auf der Nase hat und dann ist fertig. Wenn du aber da zehn und da nochmal acht hast, die gehen wollen. Wenn du das bei jedem so machen willst, hat der letzte schon fünfzehn Minuten Delay bis der los rollt. Und der Zweite hat garantiert noch technisch. Du kannst aber das strategische Spiel machen und gleich ganz heraus Pushen. Dann hast du eine völlig neue Ausgangslage. Das entscheidest du auf Grund, geht es grad, was ist mit dem Inbound, der auf diesen Standplatz muss. Das musst du auch wieder timen. Muss zuerst dieser heraus, dass der andere herein kann und solche Spässe. Das automatisch abzuhandeln dürfte schwer werden. Ich sage nicht, dass es unmöglich ist. Wir haben ein solches Simulationstool, das eigentlich für Baustellen gedacht ist, wo du den gesamten Verkehr eines Tages simulieren kannst und schauen was passiert, wenn ich irgendwo einen Klotz hereinsetze. Sprich ich habe den Taxi nicht mehr verfügbar, was passiert? Gibt es Stau, wie viel Delay gibt es im Average? Dieses System kann die Pushback-Positionen auch nicht definieren. Es kann einfach neunzig Grad heraus. Es pusht einfach nicht dann, wenn einer kommt. Das macht eine ganz eigenartige Rollverkehrsführung. Eben halt mathematisch. Es kann zu wenig auf Dynamik reagieren. Aber wenn du das genug weit entwickelst, ist das sicher möglich.

#00:26:42-8# Weshalb werden Flugzeuge eigentlich vorwärts parkiert?

#00:26:49-1# Weshalb sie vorwärts parkiert werden?

#00:26:50-6# Klar, damit sie nahe am Gate sind aber da gäbe es auch andere Lösungsansätze. Früher standen sie auf den Plätzen draussen und man ist mit den Bussen dorthin und dann sind sie eingestiegen. Aber theoretisch könnte man alles unterirdisch machen und die Passagiere über eine versenkbare Treppe einsteigen lassen.

#00:27:13-3# Weshalb sie jetzt vorwärts stehen ist relativ simpel, Jetblast. Wenn du sie umgekehrt hereinstellen würdest, bläst du alles um, das ist nicht zu unterschätzen, wie stark das ist. Vor allem der sogenannte Brake-Away-Power. Du musst die Haftreibung des Flugzeuges über-

winden. Ich glaube max. 40% dürfen sie geben. So steht es in den Büchern aber es gibt Beispiele wo das nicht so gemacht wird. Da ist schon einiges umhergeflogen. Da hast du eine riesen Kraft. Also wenn du da rückwärts parkieren würdest, das Handlingmaterial, man sieht es, wir haben sonst schon keinen Platz, würdest du alles wegblasen.

#00:27:49-6# Ich meine nicht rückwärts, sondern zum Beispiel seitwärts. Der gesamte Terminal ist im Boden und die Flieger sind obendrauf.

#00:27:57-9# Also völlig... ok.

#00:28:07-4# Man hat den Terminal unterirdisch, das Flugzeug obendrauf, wenn das Flugzeug kommt, fährt eine Treppe hoch und die kann man wieder einfahren.

#00:28:26-3# Wenn du soweit bist, kannst du alles mögliche machen. Du musst eine Unterflurbefankungsanlage haben, du brauchst Strom, Klima, also all die Anschlüsse musst du haben, wo du sie integrieren kannst. Ist ja jetzt auch schon so.

#00:28:45-3# Mir kam die Frage, weshalb die Terminals überhaupt so gebaut, damit man dranhin fahren muss? Warum nicht seitwärts, damit sie wieder losfahren können.

#00:28:57-7# Dann hat man das Problem mit der Spannweite und Jetblast. Aber... es ist eigentlich eine gute Frage. Das hat sich so etabliert. Wahrscheinlich, weil solche Lösungen nicht gegangen sind, ist das das Einzige, was noch übriggeblieben ist. Und halt die gesamte Infrastruktur. Ja gut, das ist eine Möglichkeit.

#00:29:21-2# Dann hat man kein Tageslicht mehr zum Arbeiten.

#00:29:24-1# Ja gut, da kommen noch andere Auflagen.

#00:29:30-7# Was hat der Lärm für eine Rolle? Würden die Flugzeuge an die Piste geschleppt, würde es hier beim Gate leiser. Hat das Einfluss?

#00:29:45-7# Es ist eh laut. Du hättest weniger Lärmemissionen, das kann man messen, das ist klar. Aber es spielt eigentlich keine Rolle. Das ist nicht so wahnsinnig viel Krach. Von dem her spielt es daherum definitiv keine Rolle.

#00:30:30-1# Hast du weitere Bemerkungen?

#00:30:33-3# Ich sehe, du denkst da in anderen Kategorien, völlig losgelöst.

#00:30:33-5# Bei uns ist es so, dass wir im Design auch etwas spinnen dürfen. Die Techniker berechnen alles.

#00:30:39-7# Ja, genau das braucht es, sonst gibt es keine Innovation, sonst bleibst du stehen.

#00:30:44-8# Bei uns ist immer der Konflikt zwischen Ingenieure und uns. Sie sagen es geht nicht und wir sagen doch. Es gibt für alles Negativpunkte aber wenn du immer nur auf dem Alten fixiert bist, kommst du nicht weiter.

#00:31:05-3# Ich denke, wenn du komplett einen neuen Flughafen konzipieren würdest und unendlich Platz hast, ich kann das so designen, wie ich will, dann wird es garantiert nicht mehr so aussehen, da bin ich überzeugt. Da würdest du garantiert etwas anderes machen. Du kannst noch weiter gehen und das Flugzeug auch noch umdesignen. Da gibt es auch noch eine neue Generation. Es ist eigentlich idiotisch, so wie es jetzt aussieht. Es gäbe viel bessere Studien und aerodynamischere Profile.

#00:31:28-9# Da hat man auch Sachen probiert und doch gemerkt, dass das Alte doch besser ist. Man weiss es nie recht.

#00:31:36-2# Sobald man eine neue Antriebstechnologie hat, dürfte das eine Veränderung bringen. Das ist wie das Jetzeitalter, als das kam hat es auch eine ganz neue Generation Flieger gebracht. Jetzt musst du noch einmal mit etwas Neuem kommen, dann sieht es wieder anders aus.

#00:31:47-8# Ja, im Grunde sind diese Flieger fünfzig Jahre alt.

#00:31:50-8# Es ist so. Man macht Finessen, ein paar Wingtips, versucht Fueffizienter zu sein,

versucht möglichst Leichtbauweise. Aber eigentlich hat die grosse Innovation nicht mehr statt gefunden.

#00:32:05-1# Ich sehe, dass das in der nächsten Zeit kommt. Airbus hat eine Innovationsseite, dort sind fünf verschiedene Szenarien wo Veränderungen gemacht werden können. Dieses Thema ist auch dort drin. Und auch wie das Flugzeug der Zukunft aussieht.

#00:32:27-9# Die haben sicher auch einen Blended-Wing-Body?

#00:32:32-6# Ja, oder einen Block-Wing. Ist aber immer auch eine Frage der Kosten, wie man das umsetzt. Ich staune, wenn man die neuen A-350 oder 787 anschaut, was die bereits an Energie einsparen nur durch ein paar Verbesserungen.

#00:32:53-6# Das ist viel.

#00:32:55-8# Im Grunde ist es das gleich Flugzeug, nur die Finessen angepasst.

#00:32:59-0# Ja. Man hat viel dazugelernt. Man kämpft dafür mit dem Newcomerproblem, die Kinderkrankheiten, wie beim 787. Der 350er ist anscheinend zu klein geraten, es ist nicht das Bedürfnis, was der Markt wollte, sie wollen jetzt einen leicht Grösseren. Es seien noch ein paar Sitzreihen mehr gekommen, er sei sonst zu klein und der 787 die bessere Wahl.

#00:33:19-1# Aber sie haben ihn bereits vergrössert. Als sie ihn vorgeführt haben, haben die Kunden gesagt, nein er sei zu klein und haben ihn auf das vergrössert.

#00:33:30-2# In der Lage wollen sie auch noch was schrauben.

#00:33:38-7# Ist extrem, was da optimiert wird.

#00:33:52-0# Ein gutes Beispiel ist das Abfertigungssystem, das DCS, departure control system, ist uralt, läuft noch über Telex-Nachrichten, da bist du im Steinzeitalter der IT. Aber es funktioniert weltweit und es kann es niemand anfassen, da du nicht einfach mit etwas Neuem kommen, dann geht es bei den anderen nicht mehr. Du müsstest eigentlich auf einen Schlag über Nacht weltweit ersetzen. Das hat bis jetzt noch niemand geschafft und ist jetzt noch weltweit das System.

#00:34:22-1# Das ist mit dem Thema das selbe, wenn du es mit einem Flughafen machst, und der andere es aber nicht hat. Wenn du einen Elektromotor im Fahrwerk hast und bei einem Flughafen es nicht zugelassen ist.

#00:34:34-1# Das ist dann das nächste, wenn du eine Mixed-Operation hast, dann wird es noch komplizierter. Du versuchst eigentlich überall an Komplexität herauszunehmen. So einfach wie möglich wäre das Beste. Das ist in der Luftfahrt nicht ganz einfach.