

Landside/airside – Airports als Schnittstelle für die Energie- und Verkehrswende in der Luftfracht?

Heinz Dörr

(Dipl.-Ing. Dr. Heinz Dörr, arp-planning.consulting.research, 1090 Wien, Postfach 15, heinz.doerr@arp.co.at)

1 ABSTRACT

Der hochurbane Charakter einer Airport City hat viele Facetten auch in Hinblick auf die Mobilitätsformen angenommen. Die landseitige Verkehrsanbindung ist eine laufend thematisierte Angelegenheit, weil sie als infrastrukturelle Vorleistung die Attraktivität des Flughafenstandortes wesentlich vorausbestimmt. Gewonnen wird die Wettbewerbsfähigkeit für die verschiedenen Kundenkreise sowohl auf den traditionellen Kernmärkten der Luftfahrt als auch auf den Sekundärmärkten der Forwarding-Logistik, der Immobilienansiedlungen, des Einzelhandels, der Gastronomie und der Landverkehrsdienste. Somit ergibt sich ein Kerngeschäft und nicht minder wichtig stellen sich mittlerweile die Geschäftsfelder der Annexeinrichtungen dar. Sie machen die Airport Cities sowohl für die mit dem Luftfahrtbetrieb verbundenen Beschäftigten als auch für jene in Geschäftsfeldern, die die Standortgunst der globalen Erreichbarkeit genießen, zu einem bunten Arbeitsplatzschwerpunkt. Dem Flughafen benachbarte Wirtschaftsparks übernehmen als ausgelagerte Business Centres Teilfunktionen der Inner Cities im Ballungsraum. Für die Raumordnung ist die Airport City daher ein hochrangiger Zentraler Ort der regionalen wie auch der globalen Funktionsteilung. So mancher Tower signalisiert als Landmarke die Bedeutung der Airport City.

Ein Flughafen ist nur so attraktiv, wie sein Hinterland es ist. Daher ist dieses in Hinblick auf seine airaffinen Stärken und Schwächen ständig zu „beackern“. Dies gilt umso mehr, als es eine sehr hohe Dichte an Airports in Kerneuropa gibt – u.a. als ein Erbe des Kalten Krieges des vorigen Jahrhunderts, deren Luftwaffen-Flugplatzstandorte keine ökonomisch motivierte Wahl waren. Die Road Feeder Services (Straßenersatzverkehre mit Flugnummer) für Air Cargo haben mittlerweile ein die „Hinterländer“ übergreifendes Netz ausgebildet. Die Ausgangsflughäfen im Schwerpunkt von Wirtschaftsregionen bedienen oft hauptsächlich mit ihren Air Cargo Centres eine Umschlagfunktion im Land-Land-Verkehr. Denn „Belly Load“ (im Unterdeck der Pax-Flugzeuge) wird von den Fluggesellschaften, denen es um die Knapphaltung der Turn-around-Zeiten ihrer Passagier-Flüge geht, nicht so gerne mitgenommen, auch weil sie am interkontinentalen Hub-Airport, das Ground Handling Aircraft to Aircraft eher vermeiden wollen.

Eine verkehrslogistisch-organisatorische Voraussetzung ist des Weiteren, dass es sich zumeist um Kontraktlogistik handelt, die regelmäßige Air Cargo-Transportketten durch spezialisierte Expeditionen auf den Land- und Luftweg bringt. Das ist ein wichtiger Ansatzpunkt, weil dabei auch die Luftfrachtkunden ein Wörtchen mitzureden haben. Im kontinental-europäischen Luftfrachtverkehr spielt der Landweg jedenfalls eine immer größere Rolle, was die Transportweite und die Dichte der Fuhren hauptsächlich im Autobahnnetz betrifft.

Keywords: New2Air, H2-Trucks, Landverkehr, Air Cargo, Airport City

2 DER FLUGHAFEN ALS „GLOBAL-ZENTRALER ORT“

2.1 Die Airport City als unvollständige Stadt

Der hochurbane Charakter einer Airport City hat viele Facetten auch in Hinblick auf die Mobilitätsformen angenommen. Die landseitige Verkehrsanbindung ist eine laufend thematisierte Angelegenheit, weil sie als infrastrukturelle Vorleistung die Attraktivität des Flughafenstandortes wesentlich vorausbestimmt. Gewonnen wird die Wettbewerbsfähigkeit für die verschiedenen Kundenkreise sowohl auf den traditionellen Kernmärkten der Luftfahrt als auch auf den Sekundärmärkten der Forwarding-Logistik, der Immobilienansiedlungen, des Einzelhandels, der Gastronomie und der Landverkehrsdienste. Somit ergibt sich ein Kerngeschäft und nicht minder wichtig stellen sich mittlerweile die Geschäftsfelder der Annexeinrichtungen dar. Sie machen die Airport Cities sowohl für die mit dem Luftfahrtbetrieb verbundenen Beschäftigten als auch für jene in Geschäftsfeldern, die die Standortgunst der globalen Erreichbarkeit genießen, zu einem bunten Arbeitsplatzschwerpunkt. Dem Flughafen benachbarte Wirtschaftsparks übernehmen als ausgelagerte Business Centres Teilfunktionen der Inner Cities im Ballungsraum. Für die Raumordnung ist die Airport City daher ein hochrangiger Zentraler Ort der regionalen wie auch der globalen Funktionsteilung. So mancher Tower signalisiert als Landmarke die Bedeutung der Airport-City.

So gesehen ist die Airport City eine unvollständige, jedoch hochspezialisierte Stadt jenseits der üblichen Siedlungshierarchie. Denn sie ist ein Arbeitsplatzmagnet als hochgradiges Einpendlerzentrum ohne ständige Wohnfunktion und mit nur wenigen Wohnfolgeeinrichtungen und fungiert als Inkubator für die Regionalentwicklung in ihrem Umkreis, die so manche Disparitäten in der Wirtschaftsentwicklung der umgebenden Regionen abseits des namensgebenden Ballungsraumes auszugleichen vermag. Längst clustern sich nicht nur direkt mit der Luftfahrt verbundene Wirtschaftszweige im Windschatten der Einflugschneisen und Luftfahrtsicherheitszonen rund und auch inmitten der Airport City, die die Führungsvorteile, das Standortimage und die indirekt wirkenden Umgebungsfreiheiten (großzügige Flächenangebote außerhalb des Wohnbaulandmarktes und der lokalen Bewohnersensibilitäten) nützen.

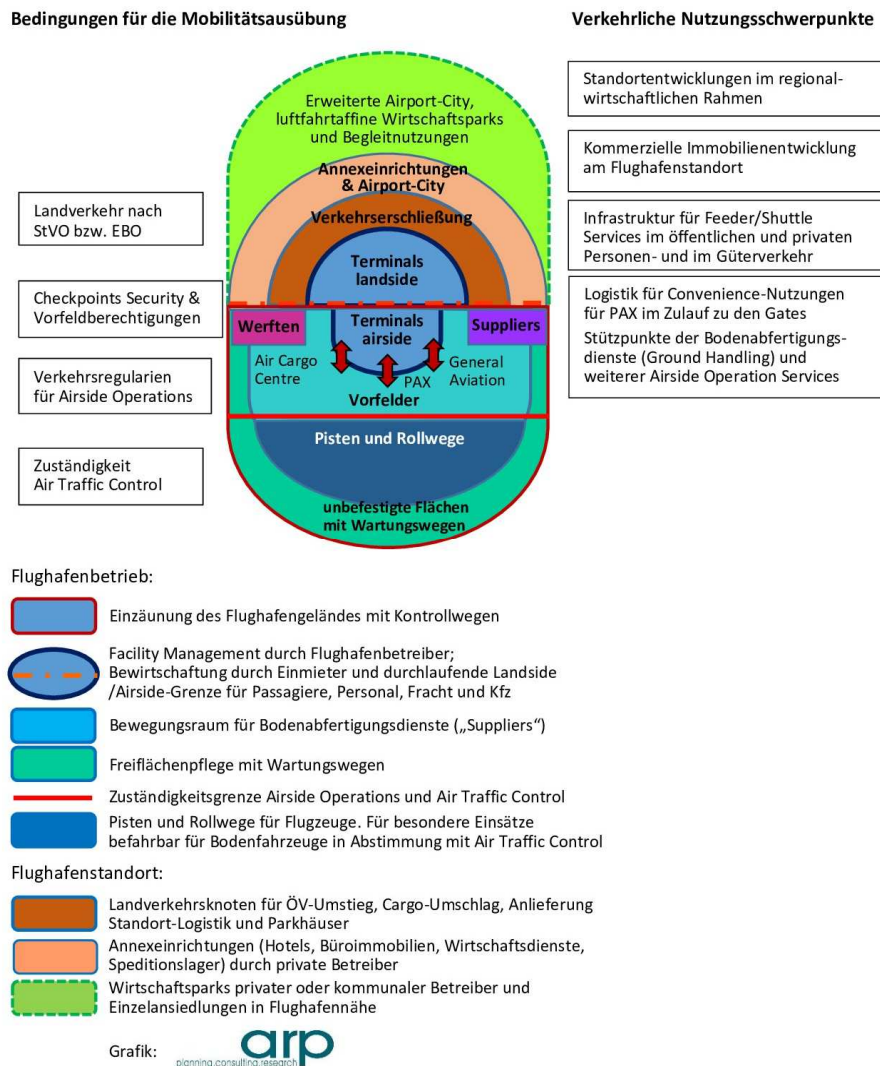


Abb. 1: Flächenorganisationsmodell eines Hub-Airports nach Sicherheitszonen und Verfügungsrechten (Quelle: Romstorfer/Dörr, 2018)

2.2 Zonierung in Funktionsstandorte nach Sicherheitsanforderungen

Ausgehend von der Kernfunktion der Luftfahrt stellt sich die Airport City als „Inselgruppe“ mit Grenzübertritten zwischen heterogenen abgestuften Sicherheitszonen dar, wie sie heutzutage zum „Werksschutz“ vieler Betriebe gehören, wodurch die öffentliche Zugänglichkeit kontrolliert und kanalisiert wird. Der funktionell hochangereicherter Standort, der ein vielfältiges globales Eingangstor (Gateway) bildet, macht hohe Sicherheitsstandards unabdingbar, die die Raumorganisation, die Zugangsberechtigungen und Kontrollmechanismen determinieren. Diese betreffen insbesondere auch das Air-Cargo-Business, wozu zu gewährleisten sind, die:

- Sicherheit vor terroristischen Angriffen (auf Personal, Passagiere, Fracht, Infrastruktur, Fluggeräte)
- Sicherheit vor kriminellen Eingriffen (Diebstahl, Schmuggel, Drogen, Erpressung)

- Sicherheit vor Einschleppungen (von Krankheitserregern, Insekten u.ä.)
- Sicherung der Funktionalitäten des Betriebes (Funkverkehr, Ground Handling, Air Operations)

Diesbezüglich haben sich zur Security verschiedene Berufsbilder behördlicherseits (wie Polizei oder Zoll), und als private Dienstleister (Objektschutz, Personencheck) ausgeprägt. Die Airport City ist von ihrer Kernfunktion der Luftfahrt ausgehend ein streng reglementierter öffentlicher Ort, die sie von einer traditionellen Inner City unterscheidet und die Aufenthaltsqualität beeinflusst. Eine gewisse Hektik ist meistens spürbar. Als Treffpunkt der Ethnien und Kulturen ist sie einzigartig, aber dennoch ein sehr flüchtiger Ort. Auch, wenn manches Airport-Hotel als globaler Ort für geschäftliche Zusammenkünfte und Tagungstreffen aus allen Himmelsrichtungen sich positioniert hat. Abbildung 1 stellt in einem generellen Flächenfunktionsmodell eines Hub-Flughafens die Innovationsfelder für die Dekarbonisierung (nicht nur) der Mobilität je nach Verfügungs- und Nutzungsrechten dar.

2.3 Der Flughafen als Potenzialstandort

Betrachtet man jeden Flughafen – unbeschadet der Konkurrenzverhältnisse – als Standort für sich, so kann das Potenzial für den Luftfrachtverkehr eines Verkehrsflughafens mit drei Dimensionen beschrieben werden, nämlich durch:

(1) das Hinterlandpotenzial der Nachfrage der luftfrachtaffinen Wirtschaft, (2) das Destinationspotenzial des Angebotes an Flugverbindungen des Flughafens als Hub (s. Abb. 2), (3) das Standortpotenzial (Kapazitätsangebot und Dienstleistungsqualität) des Flughafens in räumlicher und verkehrlicher Hinsicht als Hub und Konsolidierungszentrum.

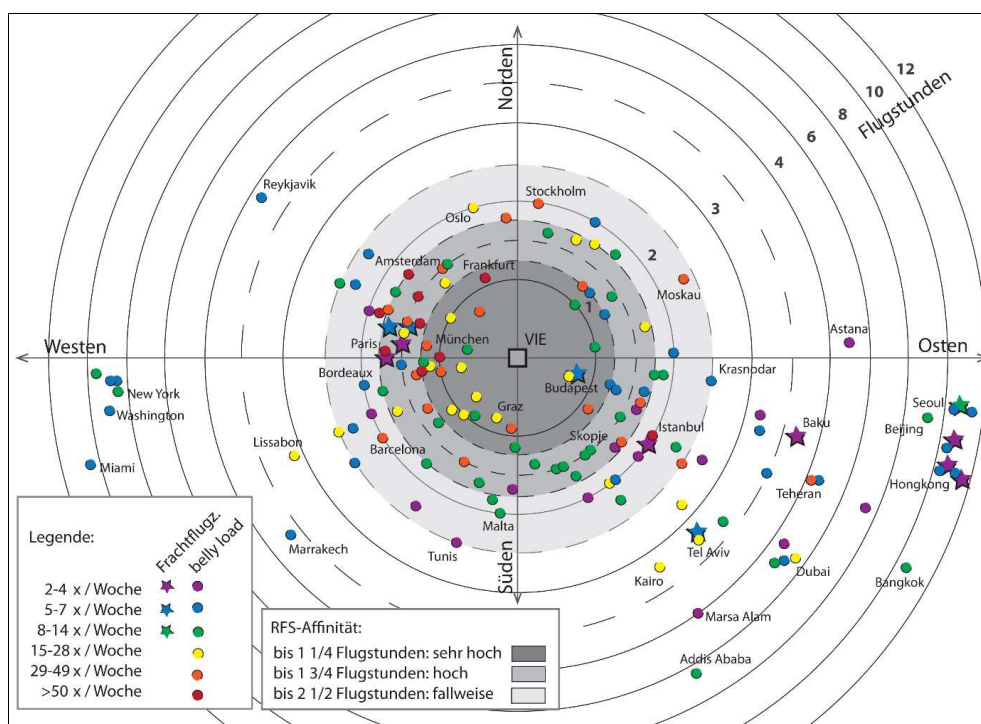


Abb. 2: Destinationen und Flugdistanzen am Beispiel Vienna Airport (VIE) (aus ACCIA, 2016, Grafik: Y. Toifl, Quelle: VIENNA AIRPORT: Flugpläne des Flughafens Wien 2015/2016)

Es hat sich herausgestellt, dass nicht mehr unbedingt von einer besonderen Affinität von Branchen oder Warengruppen ausgegangen werden kann, auch wenn es Leitkundschaft gibt, die Kontraktlogistik an Luftfrachtpediteure als Integratoren vergibt, wie die Elektronik- oder die Pharmaindustrien, die für eine Grundauslastung in nachgefragten Relationen sorgen. Selbst geringwertige, verderbliche oder verwelkende Güter, wie Blumen, werden über tausende Kilometer eingeflogen. Sogar der Transport lebender Tiere zwischen den Kontinenten ist durchaus üblich geworden. Dazu kommt, dass Luftfracht – nicht zuletzt durch E-Commerce – für alle Bevölkerungsgruppen und alle Wirtschaftszweige gleichermaßen zugänglich ist. Selbst in so manchem Lastenfahrzeug stecken Päckchen mit Luftfrachtsendungen. Spotmärkte im B2B-Bereich sind ebenso zum alltäglichen Geschäft geworden wie Spontanversendungen im B2C-Bereich. Die

große Vielfalt der Luftfrachtgüter und der Sendungsgrößen macht die Luftfrachtprozesse anspruchsvoll und kompliziert in der Abwicklung, womit das Engagement der involvierten Personale gefordert ist.

3 DIE VERKEHRSLOGISTIK DER LUFTFRACHTTRANSPORTKETTE

3.1 Die Sequenzen im Landverkehr und im Luftverkehr

Die Luftfrachttransportketten sind von einer Vielzahl an Akteuren, einem hochkompetitiven Marktumfeld und einer Vielfalt von logistischen Qualitätsanforderungen seitens der Kunden geprägt. Als Luftfracht werden heutzutage nahezu alle Güter geflogen, sofern sie nicht die Massenleistungsfähigkeit der Luftfahrzeuge übersteigen. Die versendende und empfangende Luftfrachtkundschaft ist branchenmäßig und regional breit gestreut, wiewohl sich Leitverlader mit hohem Sendungsaufkommen mittels Kontraktlogistik geradezu symbiotisch mit Spezialisten aus der Speditionswirtschaft und mit Fracht-Fluggesellschaften zusammenfinden. Damit hat die Frachtbeiladung (Belly Load) im Unterdeck der Passagierflugzeuge ebenso wie die Beförderung in Frachtflugzeugen ihre wirtschaftliche Zweckmäßigkeit, dabei bedienen erstere auch Destinationen abseits der globalen Wirtschaftsschwerpunkte und erlauben spontane Sendungswege. Allerdings sind die Fluggesellschaften vor allem im Kurz- und Mittelstreckenverkehr bestrebt, die Turn-around-Zeiten auf den Flughäfen kurz zu halten und nehmen daher nicht immer Luftfrachtsendungen als Belly Load mit, die dann stattdessen auf dem Landweg entweder als Road Feeder Service das Air Cargo Center wiederum oder als Zulaufverkehr zu einem Hub-Airport den Speditionsstützpunkt verlassen.

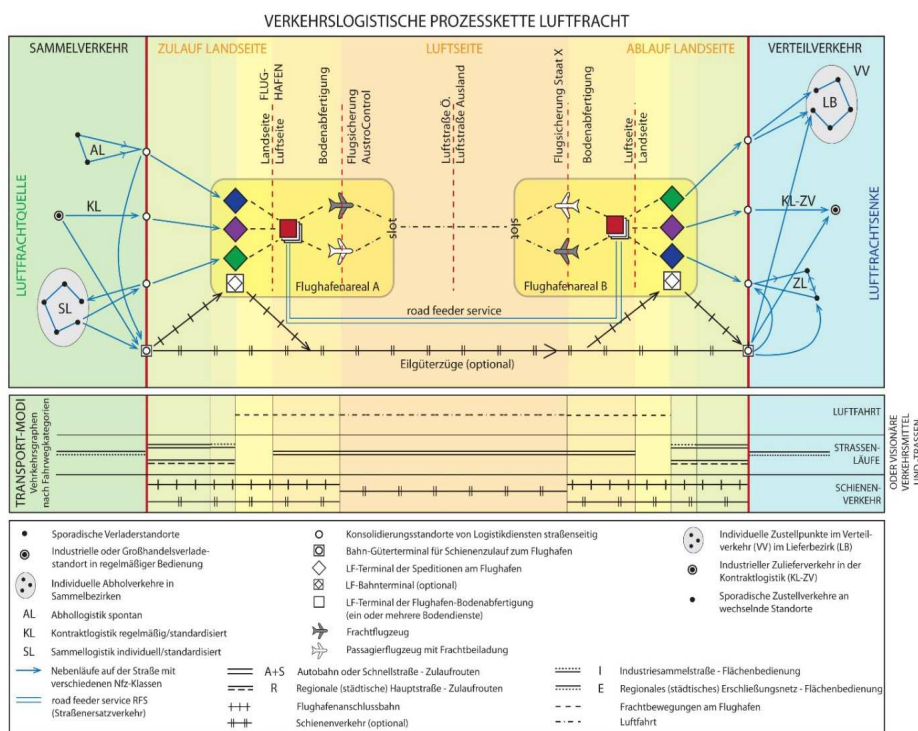


Abb. 3: Die Verkehrslogistik der Luftfrachttransportkette nach Sequenzen (Quelle: ACCIA, 2016)

3.2 Das Air Cargo Center als Verkehrsdrehscheibe

Ein Air Cargo Center ist meist ein vom Passagierterminal und seiner Vorfahrt separierter Teil der Airport City, weil der zu- und abströmende Nutzlastverkehr möglichst nicht den öffentlichen Bus- und den individuellen Autoverkehr zu den Parkhäusern tangieren soll. So kommt es, dass bei vielen Hub-Airports getrennte Autobahnabfahrten für den Cargo-Verkehr angelegt sind und die Cargo-Positionen am Vorfeld samt den Cargo-Empfangshallen einen Flughafen innerhalb des Flughafengeländes bilden. Im Cargo-Centre selbst werden nach Destinationen geordnet die Unit Load Devices auf Blechpaletten aufgebaut bzw. abgebaut oder spezifische an den Flugzeugkörper angepasste Container hergerichtet. Das kann Stunden dauern, sodass Gefahrgüter eigens gesichert zwischengelagert oder temperaturgeregelte Lager(hallen) zur Aufrechterhaltung der Kühlkette, etwa bei Pharmazeutika, frequentiert werden müssen. Bei Importen gilt es nicht nur zollrechtliche Kontrollen durchzuführen, sondern auch phytohygienische Anforderungen (Einschleppungen von Schädlingen oder Pflanzensamen) sind zu überprüfen. Auch Vetrinäre müssen manch-

mal tätig werden. Das Air Cargo Center ist somit ein hoch organisierter Brennpunkt des Welthandels auf vergleichsweise kleinstem Raum. Aber nicht nur interkontinentale Airports, wie sie aus der Passagierluftfahrt prominent sind, sondern auch Airports mit geringerem Passagieraufkommen mischen als Nischen-Player im Cargo-Umschlag zum Luftweg mit. Dabei ist deren Anfahrbarkeit vielleicht nicht so sehr stauanfällig zu Luft und auf der Straße und die Abwicklung vor Ort spielt sich kollegial entspannter ab.



Abb. 4 (links): Zufahrt zum Cargo Center des Flughafens Aachen-Maastricht (MST) im Dreiländereck (D, B, NL). Abb. 5 (rechts): Der Europa-Hub eines KEP-Carriers am Flughafen Köln-Bonn (CGN)

Über die durch die Frequentierung von Air Cargo Centers erzeugten Verkehrsströme gibt es keine veröffentlichten Daten. Zwar könnten an den Gates zu den Rampen Zählungen vorgenommen werden, aber Datenschutz und ein allgemeines Desinteresse schieben dem einen Riegel vor, sodass eine sinnvolle Zuflußsteuerung meist unterbleibt und das Wartemanagement weitgehend den Lkw-Fahrern überlassen bleibt. An unternehmenseigenen Logistikstandorten mag das jedoch anders gehandhabt werden.

Allerdings kann der dem Air Cargo Center zuströmende und abgehende Nutzfahrzeugverkehr modellhaft aus den Daten der Luftfahrtstatistik abgeleitet werden (s. Abb. 4). Dabei müssen die dem Air Cargo Center zuströmenden und abgehenden Tonnagen im Export und im Import auf ein zu bestimmendes Mix von Nutzfahrzeugmustern unter der Berücksichtigung der Besonderheiten von Luftfracht einerseits und den wirtschaftsstrukturellen Eigenheiten des Einzugsgebietes andererseits aufgeteilt werden, wobei unvermeidbare Leerfahrten und einschränkende Auslastungsfaktoren, die mit den Abflugterminen und den Vorlaufzeiten am Flughafen-Cargo-Terminal zusammenhängen, zu bedenken sind.



Abb. 6 u. 7: Die Cargo City Süd für die Speditionswirtschaft im Grüngürtel der Metropolregion Frankfurt-Rhein-Main mit Anschluss an FRAPORT CARGO SERVICES jenseits der Passagier-Terminals mit eigenen Rollwegen zu den Pisten

Zwar ist die Straßenlastigkeit im kontinentalen Landverkehr der Luftfracht unübersehbar, gleichzeitig muss aufmerksam gemacht werden, dass jede Tonne Nutzlast im Straßenverkehr um ein Vielfaches emissionsärmer befördert werden kann als im Lufttransport. So kann es keine ernsthafte Verlagerungsdebatte zum Luftweg geben, es sei denn, dass Belly-Load-Kapazitäten bei Linienflügen regelmäßig unterausgelastet bleiben, aber stattdessen im Landtransport Routen in immissionsträchtigen Siedlungsräumen passiert werden.

4 ANGRIFFSPUNKTE FÜR DIE DEKARBONISIERUNG DER LUFTFRACHTMOBILITÄT IM LANDVERKEHR

4.1 Luftfrachtransporte im Straßennetz als Nebenläufe

Da die Bahn bzw. sonstige Verkehrsträger bei Luftfrachtransporten im Landverkehr keine erkennbare Rolle spielen, ist es bislang der Verkehrsträger Straßengüterverkehr, der verschiedene Verkehrszwecke zu den Gütersenken der Versender und Empfänger erfüllt. Dazu finden im Wesentlichen folgende vier Arten von Straßenverkehren statt:

- Luftfrachtersatzverkehre (Road Feeder Services, RFS) im Fernverkehr in der Regel zwischen Spoke-Flughäfen und Hub-Flughäfen in Verantwortung einer Fluggesellschaft, manchmal auch direkt vom Standort eines bekannten Versenders zu einem Hub. Solche intermodalen Verkehre sind übrigens von einigen zeitlichen Verkehrsbeschränkungen als Terminalzuläufe ausgenommen.

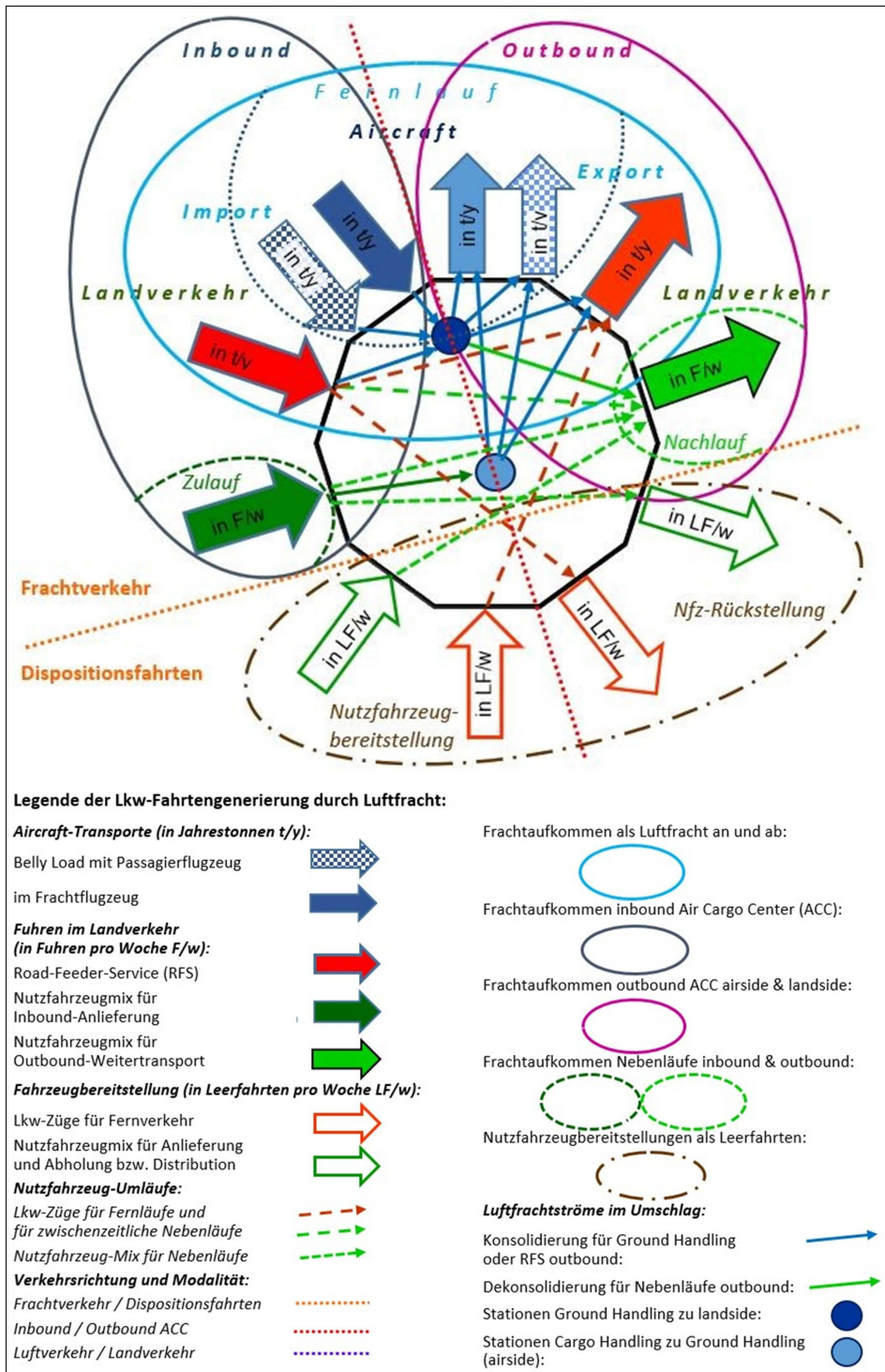


Abb. 8: Die Frachtströme und Verkehrsmiteinsätze eines Air Cargo Centers (Grafik: Dörr, aus ACCIA 2016)

- Zubringer- und Konsolidierungs- sowie Verteilverkehre mit dem Hinterland im herkömmlichen Straßengüterverkehr durch Speditionen im Kundenauftrag B2B
- Konsolidierungs- und Logistik-Pendelverkehre im regionalen Umkreis des Ballungsraumes als Zwischenverkehre zwischen Logistik-Zentren oder als Expressdienste B2C
- Lokale Frachtüberstellverkehre im Flughafengelände auf der Landseite und aus der Nachbarschaft

Die Erfassung dieser Straßenverkehre (RFS und die Nebenläufe) ist gegenwärtig unmöglich, da es keinerlei punktuelle Verkehrszählungen oder Datenerhebungen dazu gibt. Daher bleibt vorderhand nur eine Annäherung über Modellhypothesen unter Verwendung fragmentierter Datenbestände, aus denen solche Verkehre nach Plausibilität abgeleitet und in den Größenvergleich mit amtlichen Verkehrserhebungen gestellt werden, um einen ersten Eindruck von der Verkehrsteilnahme der Luftfrachttransportläufe im Straßenverkehr zu erhalten (s. Abb. 4).



Abb 9 u. 10: Das Air Cargo Center landside und airside am Aéroport du Luxembourg (LUX)

4.2 Road Feeder Services (RFS) als landgestützter Luftfrachtverkehr

RFS-Transportläufe sind mit einer Flugnummer eines Ausgangsflughafens (outbound) versehen und bereits sicherheitsmäßig entsprechend behandelt worden. Sie werden daher in der Luftfahrtstatistik erfasst und scheinen daher nicht in der Straßenverkehrsstatistik auf („Flughöhe null“). RFS-Transportläufe können in bestimmten, speziell geeigneten Fällen, wenn es sich um einen sogenannten „bekannten Versender“ handelt, der im Rahmen der Kontraktlogistik mit einem „reglementierten Beauftragten“ Luftfrachttransportketten abwickelt, bereits an einem Versandstandort beginnen. Dazu kann ein ULD-Aufbau auch schon am Versandstandort stattfinden, womit ein zeitsparender ULD-Durchlauf über die Landside-Airside-Grenze zum Ground-Handling des Flugzeugs (meist Frachter) ermöglicht wird. Dadurch bietet sich der Vorteil, die aufeinander eingespielten Akteure in ein Umstellungskonzept einbinden zu können und in der Transportpraxis die Einsparungs-, Entlastungs- und Kosteneffekte einem begleitenden Monitoring zu unterziehen.

Die Zulauf-Ketten bis zum Abflug umfassen verschiedenen Transport-Sequenzen beginnend an einem der vielen Versandorte mit einem beliebigen Straßentransporteur (werkseigene Flotte, beauftragter Transporteur oder Abholverkehr organisiert durch eine Spedition) über ein näher oder ferner des Abflughafens gelegenes Cross-Docking-Lager eines Verkehrsdienstleisters zur flugplangerechten Konsolidierung der Sendungen. Von wo der Weitertransport mit einem Straßentransporteur seiner Wahl oder durch Abholung durch einen Ground Handling Agent zur Anlieferung an ein Air Cargo Center an der Landside-Airside-Grenze zur flugnummerngerechten Bepackung einer flugzeugmustergerichten Palette oder eines Containers („Unit Load Devices“) erfolgt. Sodann werden die Luftfrachtsendungen vom Ground Handling im Rahmen des Load-Mastering (z.B. in Hinblick auf die Ausbalancierung im Flugzeugkörper „weight & balancies“) von einem Ground-Handling-Supplier in den Frachtraum eines Flugzeuges entweder als Belly Load im Unterdeck eines Passagierfluges oder in ein Frachtdeck eines Frachtflugzeuges verbracht.



Abb. 11 u. 12: Die Befrachtung eines Frachtflugzeuges B 747F mit ULDs auf dem Cargo-Vorfeld

4.3 Die Verkehrsbewegungen am Flughafenstandort und am Vorfeld im Ground Handling

Je größer und bedeutender ein Hub-Airport ist, desto weiter sind die flughafeninternen Wege und desto höher sind die erbrachten Verkehrsleistungen, sodass sie auch ein lohnender Angriffspunkt für die Dekarbonisierung darstellen. Wie eingangs erwähnt ergeben sich an einem Flughafenstandort verschiedene

Innovationsfelder in Korrespondenz mit den dort initiativen Akteuren für eine CO₂-neutrale und schadstoffarme Flächen-nutzung und Mobilität. Über die Effekte alternativer Antriebsformen in Hinblick auf die Primärenergie-bilanzen, die Wirkungsgrade und die Einsparpotenziale bei den Emissionen gibt es eine kontroverielle, von Interessen geprägte Diskussion, auf die hier nicht im Detail eingegangen wird. Vielmehr wird das Vorfeld als Mobilitätsraum ins Bild gerückt, das wenig Beachtung findet, weil es zwar intensiv frequentiert, aber nicht öffentlich frei benutzbar ist. Ausgangspunkt der Betrachtung sollen daher die günstigen Randbedingungen für eine Umstellung auf eine nachhaltige Mobilität am Vorfeld sein, ehe die antriebstechnologischen Optionen dann im jeweiligen Einzelfall zu behandeln sein werden. Als vorteilhaft erweisen sich im Vergleich zur Mobilität in den öffentlichen Verkehrsnetzen folgende verkehrslogistische Faktoren:

- Das Vorfeld als Infrastruktur steht in Verantwortung des Flughafenbetreibers
- Es handelt sich um relativ kurze Wege
- Die Relationen führen zu Stützpunkten am Gelände zurück
- Es herrscht eine brauchbare Planbarkeit der Einsätze
- Die Gewichtsscharakteristik der Vorfeldtransporte über kurze Strecken ist im Normalfall im Zentner- bis niedrigen Tonnenbereich angesiedelt.

Alles in allem sind das nahezu ideale bodenbezogene Voraussetzungen für eine Umstellungsstrategie, die man sich anderswo im Ballungsraum wünschen würde. Dazu sind aber viele am Vorfeld sich bewegende Akteure „an Bord“ zu holen, deren Verkehrsmittel eine bunte Vielfalt auszeichnet. Deswegen müssen sowohl die verkehrslogistisch bedingten Bewegungsmuster als auch die Fahrzeugmassen genau erhoben werden, um zu beurteilen, welche Antriebskonfigurationen den Nachhaltigkeitszielen am besten entsprechen. Denn für eine Umstellung sind für den Fuhrparkbetreiber airside die örtlichen Möglichkeiten und Kapazitäten der Energieversorgung ebenso zu bedenken wie die Folgeeinrichtungen für die Wartung und Reparatur.

4.4 Antriebskonzepte je nach Einsatzzweck

Die Nachhaltigkeitsziele sind mit den betrieblichen Zielen der Operabilität für den jeweiligen Flughafen abzuwägen, womit sich nicht automatisch eine Verteufelung herkömmlicher fossiler Antriebe verbindet. So ist für bestimmte Bodendienste die verlässliche jederzeitige Einsatzfähigkeit (Pusher, Enteisierung, Winterdienst, Feuerwehr, Guidance) sicherzustellen, weil solche Spezialfahrzeuge auch nicht in Überzahl vorgehalten werden können. Schließlich sind auch widrige Witterungsverhältnisse mit zu bedenken.

In der Hauptsache stehen folgende Antriebskonzepte zur Auswahl, wobei die externe Energieversorgung der Fahrzeugflotte und die Energiespeicher im Fahrzeug immer dazugehören:

- Diesel- oder Benzin betriebene Verbrennungskraftmotoren (VKM)
- Erdgasbetriebene Verbrennungskraftmotoren (CNG, LNG)
- Batteriebetriebene Elektrofahrzeug (BEV)
- Wasserstoffbetriebene Elektrofahrzeuge (FCEV)
- Hybride Kombinationen dieser Antriebe

Erdgasgestützte Fahrzeuge erfreuen sich einer gewissen Beliebtheit, weil zu ihnen reichliche Betriebs- erfahrungen vorliegen. Ihr Betrieb reduziert die klimaschädlichen Emissionen geringfügig. Sie kommen außerdem in hybriden Antriebskombinationen in Frage, was für den Landeinsatz in der erweiterten Airport-City-Region spricht.

Bei der reinen Elektromobilität ist der lokale Entlastungseffekt klarerweise am höchsten, die Knackpunkte liegen beim Lastmanagement der Stromversorgung und der Einrichtung einer genügenden Anzahl von Ladestationen, die am Gelände dezentralisiert werden könnte. Zudem ist unter günstigen Umständen die konduktive Ladetätigkeit (über Kabel oder Pantograph) um induktive Standplätze (also berührungsfrei über Magnetspulen) indoor oder an Abstellplätzen ergänzbar. Die Reichweite sollte über den Tageseinsatz am Vorfeld oder in der Airport City gewährleistet sein. Die Anfahrzugkraft ist je nach Einsatzzweck ein Thema, das faktische Geschwindigkeitsniveau entspricht dem einer Wohnanliegerzone und von der Rekuperation der

Bremsenergie darf nicht allzuviel erwartet werden. Die zentralen Stützpunkte erlauben ferner einen raschen Batterientausch, sodass nicht unbedingt schnell oder langdauernd das BEV-Fahrzeug geladen werden muss.

Bei der Brennstoffzelle (Fuel Cell) ist der Entlastungseffekt wie vorhin. Der Knackpunkt liegt bei der Anlage der aufwändigen Wasserstofftankstelle, die aber an der Landside-Airside-Grenze zur Betankung beiderseits positioniert werden kann, sodass sie von der Auslastung des allgemeinen Landverkehrs profitieren könnte. Aufgrund der Reichweite des H₂-Tanks sind die Erreichbarkeit und die Frequenz der Tankvorgänge kein Problem. Die Sicherheit gilt heute als gewährleistet. Übrigens kann Wasserstoff auch in einem VKM eingesetzt werden, was eine Adaptierung im Bestand erfordert, die technische Reife hat aber noch nicht den Markt erreicht. Die den Einsatz limitierenden Faktoren der batteriegestützten Elektrofahrzeuge stellen sich bei den H₂-betriebenen Fahrzeugen nicht ein, sodass sie ein breiteres Anwendungsspektrum abdecken.

Je näher die benötigten Fahrzeugmuster an der Marktnachfrage angesiedelt sind, desto leichter fällt eine Investitionsentscheidung zugunsten CO₂-reduzierter bzw. -neutraler und schadstoffarmer bzw. -freier Bodenfahrzeuge bei der Nachbeschaffung. Dabei können auch hybride Antriebslösungen ihre Chance bekommen, wenn analoge Fahrzyklen im Landverkehr, was regelmäßige Tagesfahrleistungen, etwa von Taxi-, Shuttle- und Liefer-Services, anbelangt, zum Vergleich herangezogen werden können. Koordinierte Beschaffungen der Fuhrparkbetreiber innerhalb des Flughafenstandortes oder im Flughäfen-Verbund könnten günstigere Konditionen erzielen und nach außen die Umstellung positiv signalisieren.

4.5 Umstellung im Überlandverkehr als Perspektive

Eine Umstellung im Landtransport auf emissionsfreie Antriebe, wie auf Wasserstoff-Brennstoffzellen, könnte viel früher und einfacher zu bewerkstelligen sein als auf dem Luftweg. Die Flugzeugmuster für emissionsgeminderte Triebwerke, sei es durch synthetische Treibstoffe oder biogene Beimischungen zum Kerosin, sind noch im Experimentierstadium, ganz abgesehen von der Entwicklung spezieller Fluggeräte nur für Air Cargo. Derzeit ist die Nachnutzung bzw. der innere Umbau von in die Jahre gekommenen Passagier-Fliegern noch üblich (wie „747-F“). Da der Lkw-Transport im RFS-Modus, erstens ein spezielles Equipment im Trailer braucht (Roller beds), zweitens aber die Nutzlast der Luftfracht in ULDs (ca. 9 t NL gesamt) verladen kaum an die Nutzlastgewichtsgrenze der Lkw heranreicht, steht für die Unterbringung der Energiespeicher (H₂-Tank, Batterien für Rekuperation, allenfalls Range Extender) genügend Spielraum für die Truck- und Trailerentwicklung der nächsten Fahrzeuggeneration offen. Die Verkehrslogistik bietet folgende Vorteile:

- Die Routen sind durch die vorherrschende Kontraktlogistik zwischen den Airports und den zugeordneten Cargo-Logistik-Stützpunkten gut planbar.
- Die Sammel- und Verteilverkehre der Luftfrachtsendungen im Vorlauf und Nachlauf können auf geeignete emissionsarme Verkehrsmittel verlagert werden. Dabei sollte auch die Bahn auf Dauer in der Transportkette nicht außer Acht bleiben, wenn es sich um Punkt-zu-Punkt-Zugläufe handelt.
- Die Nutzfahrzeuge im Überlandverkehr bilden spezielle Flotten, die mit der turnusmäßigen Fuhrparkerneuerung umgestellt werden können, sofern auch Flughäfen als Infrastrukturpartner für die Betankungsstationen sorgen und eine Auswahl an H₂-Trucks am Markt angeboten werden.

So bildet sich eine Transport-Prozesskette heraus, deren Sequenzen auf Angriffspunkte für klimafreundliche Restrukturierungsmaßnahmen hin untersucht werden sollte. Freilich ist dabei immer Bedacht auf die Energieerzeugungskette der Kraftstoffe zu nehmen, damit nicht die Elektrolyse für die Wasserstoffproduktion aus der Braunkohleverstromung gespeist wird. Ein Unsicherheitsfaktor darf nicht unbeachtet bleiben und das ist der Preis für einen Kilogramm Wasserstoff. Die Preisentwicklung wird vermutlich eng mit jener der anderen Energieträger korreliert sein, aber davon abgekoppelte Erzeugungsstrukturen wären denkbar.

Die Betriebskosten in der Kette der Vorleistungserbringung Well to Tank, sprich Windenergie – Elektrolyse – Zwischenspeicherung – Tankstellenbelieferung, sind dabei heikle Punkte, wenn die Betreibermodelle dafür nicht als Vorfragen abgeklärt werden. Die aufwendige Errichtung der Tankstellen – diesfalls als Infrastrukturanlagen der Flughäfen – kann mit öffentlichen Förderungen bedacht werden. Die Tankstellen können sodann für die Versorgung air-affiner wie auch anderer Kundenkreise geöffnet werden, wenn sie an der Schnittstelle und Grenze zwischen Landside und Airside eingerichtet worden sind.



Abb. 13, 14 und 15: Windkraft als Primärenergie, H₂-Trucks als Verkehrsmittel (Prototyp gesehen bei der ITS-World Conference 2021 in Hamburg 2021) und flaches Autobahnnetz in Mitteldeutschland

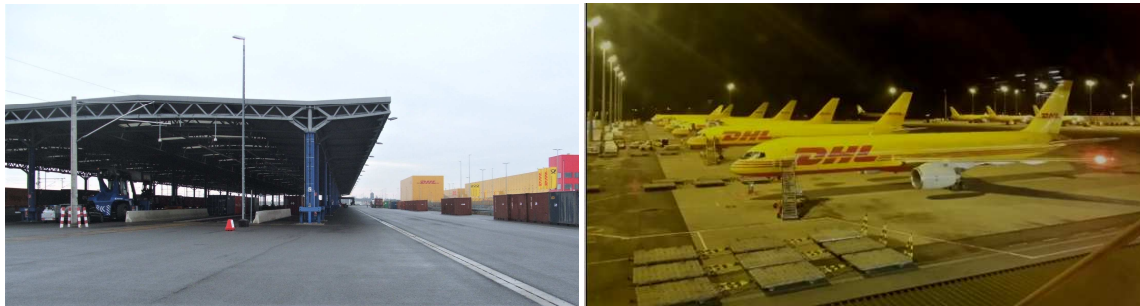


Abb. 16 u. 17: Noch wenig für Air Cargo genutzter Luftfrachtbahnhof im Vorfeld des Europa-Hubs von DHL Global Forwarding am Flughafen Leipzig-Halle (LEJ)

4.6 Ausblick auf eine Projektinitiative NEW2AIR (No Emissions on the Way to the Aircraft)

Die Abbildungen 12-16 sollen einen ersten Eindruck von der angedachten Projektinitiative NEW2AIR vermitteln, wofür die Zeit nun reif wäre. Die Börden Norddeutschlands (hier bei Magdeburg) liefern den durch Windenergie erzeugten Strom für die „grüne“ Elektrolyse zur Wasserstoffbetankung der Fuel-Cell-Trucks. Das flache Autobahnnetz begünstigt hohe Reichweiten und erlaubt vielleicht das Platooning (automatisiert verkettetes Fahren im Konvoi) zur Steigerung des Wirkungsgrades, da die Routen und Ankünfte inbound klar ausgewiesen werden können. Fuhrpark-Umstellungen werden auf mittelfristige Sicht vorbereitet, sobald der Fahrzeugmarkt überzeugende Angebote macht. Für gebündelte Transporte zu den Logistiklagern sollte auch die Bahn ins Visier genommen werden. Jedenfalls ist ein „Vieleck“ von operativen Akteuren an Bord zu holen, die versuchen wollen, solche zukunftsfähigen Transportketten aufzubauen.

5 QUELLENHINWEISE

ACCIA (2016): F&E-Potenziale in den Luftfrachtprozessen in Österreich. Forschungs- und Entwicklungs-dienstleistung für das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), bearbeitet von arp-planning.consulting.research (H. DÖRR, V. MARSCH, A. ROMSTORFER, Y. TOIFL), DHL Global Forwarding Austria (R. FRIEDREICH, A. PACESKI, O. THUNHART) und der Flughafen Wien AG (P. DE LEEUW, S. PETERA). Verfügbar unter: www.researchgate.net oder www.ffg.at

DÖRR, H.; MARSCH, V. und ROMSTORFER, A. (2017a): FTI-Potenziale an Schnittstellen für Air Cargo. Schnittstellen zwischen Logistik, Landverkehr und Luftfahrt entlang der Air Cargo Transportketten. In: Internationales Verkehrswesen (69) 2 /2017. 28-32

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM (ITF): (2021): “Decarbonising Air Transport: Acting Now for the Future”, International Transport Forum Policy Papers, No. 94, OECD Publishing, Paris

ROMSTORFER, A.; DÖRR, H.; MARSCH, V. (2017b): RTI-Capabilities of Air Cargo Transport Chains by Evaluating Processing Interfaces and Actor’s Responsibilities. In: 4th Internationale Physical Internet Conference IPIC 2017 in Graz. Edited by University of Technology Graz

ROMSTORFER A.; DÖRR, H. (2018): Die Airside-Mobilität eines Hub-Flughafens. Innovationspotential am Vorfeld für nachhaltige Mobilität. In: Internationales Verkehrswesen (70) 4 / 2018. S. 44-48

Alle Grafiken vom arp-Team. Alle Bilder von © Dörr im Beisein autorisierter Personen aufgenommen.