

Interreg



EUROPÄISCHE
UNION

Österreich-Tschechische Republik

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

LOGISTIK UND TRANSPORT

Lufttransport- management und -technologie



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EUROPÄISCHE UNION

INHALT

1. Die Bedeutung des Lufttransports	4
1.1. Lufttransport.....	4
1.2. Grundlegende Charakteristika des Lufttransports	5
1.3. Grundlegende Klassifikation des Lufttransports.....	6
2. Die Geschichte des Lufttransports	7
2.1. Die Anfänge des Fliegens	7
2.2. Der Ursprung von Starrflüglern	7
2.3. Die Entstehung des Lufttransports	8
2.4. Nachkriegsentwicklung des Lufttransports.....	8
2.5. Die moderne Luftfahrt.....	9
3. Internationale Kooperation, Lufttransport-abkommen und -vorschriften	10
3.1. Internationale Kooperation	10
3.2. Nationale Gesetzgebung.....	11
3.3. Die Zivilluftfahrtverordnung	12
4. Lufttransportorganisationen.....	13
4.1. Internationale Lufttransportorganisationen.....	13
4.2. Wichtige Regierungsorganisationen.....	13
4.3. Wichtige nichtstaatliche Organisationen mit globalem Geltungsbereich	14
4.4. Wichtige nichtstaatliche Organisationen mit regionalem Geltungsbereich.....	14
4.5. Staatliche Verwaltungsbehörden (Tschechische Republik).....	15
4.6. Staatliche Unternehmen in der zivilen Luftfahrt	15
5. Klassifikation von Fluggeräten und Grundlagen der Flugphysik	16
5.1. Definition von Fluggeräten	16
5.2. Klassifikation von Fluggeräten	16
5.3. Klassifikation von Transportflugzeugen	17
5.4. Erzeugen von Luftkraft	18
6. Grundlegende Baumuster von Flugzeugen	19
6.1. Flugzeugkomponenten.....	19
6.2. Flugzeugrumpf.....	19
6.3. Auftriebsflächen	20
6.4. Funktionelle Flächen auf Flügeln	20

6.5.	Schwanzflächen	21
6.6.	Die Flugzeugbewegung im dreidimensionalen Raum	22
7.	Vortriebssysteme von Flugzeugen	23
7.1.	Vortriebseinheit.....	23
7.2.	Strahltriebwerke	23
7.3.	Bypass-Triebwerk	24
7.4.	Propellerturbine	25
8.	Lufttransportprozess.....	26
8.1.	Einchecken von PassagierInnen.....	26
8.2.	Eincheck-Verfahren	26
8.3.	Flugzeugbetrieb am Boden.....	28
9.	Geschäftsmodelle von Fluglinien.....	29
9.1.	Geschäftsmodelle von Fluglinien: Grundlegende Gliederung.....	29
9.2.	Konzepte von Flugroutennetzwerken	29
9.3.	Traditionelle Passagierfluglinien.....	30
9.4.	Billigfluggesellschaften (LCCs)	31
9.5.	Charterflüge	31
9.6.	Frachtfluglinien: Gesamte Flugzeugkapazität für den Frachttransport	32
9.7.	Globale Bündnisse von Fluglinien.....	32
10.	Lufttransportinfrastruktur	33
10.1.	Klassifikation von Flughäfen	33
10.2.	Bewegungsflächen auf Flughäfen	34
10.3.	Betriebseinrichtungen auf Flughäfen.....	35
10.4.	Flughafenterminals	36
10.5.	Luftverkehrskontrolle	36
10.6.	Luftraum	37
11.	Luftfrachttransport	38
11.1.	Hauptarten von Luftfrachtbeförderung.....	38
11.2.	Annahme von Gütern für den Lufttransport.....	38
11.3.	Luftfrachtbrief (AWB)	39
11.4.	Air Cargo Tariff and Rules (TACT)	39
11.5.	Unit Load Devices (ULDs)	40
11.6.	Frachtterminals auf Flughäfen	41

12.	Luftfrachtlieferungen.....	42
12.1.	Luftfracht: Arten von Sendungen.....	42
12.2.	Lieferungen besonderer Natur	42
	Literatur.....	45

I. DIE BEDEUTUNG DES LUFTTRANSPORTS

„We Are Taught To Fly in the Air Like Birds, and To Swim in the Water Like the Fishes; But How To Live on the Earth We Don't Know.“

G. B. Shaw

I.1. Lufttransport

Der Lufttransport ist ein integraler Bestandteil der Transportinfrastruktur und ein wichtiger Wirtschaftsbereich. Der internationale Lufttransport hat auf zwei Ebenen einen großen Einfluss auf die Entwicklung internationaler Beziehungen und Kooperationen:

- Sozio-politisch;
- wirtschaftlich.

Allgemein kann man argumentieren, dass der Lufttransport wesentlich zum BIP eines Landes beiträgt, insbesondere durch die damit einhergehende Entstehung neuer Dienstleistungen und der Raumfahrtindustrie, welche zu neuen Arbeitsplätzen führen und die sichere und schnelle Beförderung von Personen und Gegenständen über längere Strecken.

Der Lufttransport in Zahlen

Der Lufttransport zeichnet sich für die tägliche Beförderung von 9,5 Millionen Menschen verantwortlich (so viel wie im gesamten Jahr 1947) und benötigt pro Jahr ungefähr 56 TWh Energie.

Es gibt mehr als 49.000 Flughäfen auf der Welt, die meisten davon (umgefahr 15.000) liegen in den Vereinigten Staaten. Pro Sekunde befördern bis zu 4.000 Flugzeuge an die 61.000 PassagierInnen auf dem Luftweg. Die geschäftigsten Flughäfen befinden sich in Städten wie Atlanta, Chicago, London, Tokyo, Los Angeles, Dallas und Paris.

Der Lufttransport ist eine der sichersten Transportarten überhaupt: 2008 starben 539 Menschen bei einem Flugzeugunglück, womit es im Schnitt auf 1,3 Millionen Flügen genau eine tote Person zu beklagen gibt. Es starben in besagtem Jahr weniger Menschen bei Flugzeugabstürzen als infolge eines Unfalls auf tschechischen Straßen.

1.2. Grundlegende Charakteristika des Lufttransports

- Anders als bei Transporten auf dem Landweg, ist der Luftweg dreidimensional und nutzt einen großen Teil der Troposphäre.
- Transportmittel des Luftverkehrs (Flugzeuge) führen ihre Flüge mithilfe des Auftriebs durch, welcher auf die Trägerflächen des Fluggeräts wirkt (meist Tragflächen).
- Er ermöglicht den schnellen Transport von Personen, Gütern und Tieren über lange Strecken.
- Darüber hinaus erlaubt er den Transport von Personen, Gütern und Tieren, welcher über den Landweg unmöglich wäre.
- Es handelt sich hierbei um eines der sichersten Transportsysteme.
- Andere Einsatzzwecke des Lufttransports: Medizinische Eingriffe, aus der Luft durchgeführte Arbeiten in der Landwirtschaft (zB Ausbringung von Schädlingsbekämpfungsmitteln), Fotografie aus der Luft, Brandbekämpfung und -lokalisierung, aktiver und passiver Tourismus, Sportfliegen usw.

Zu den grundlegenden Elementen des Flugtransportsystems gehören:

- **Flugzeuge** und
- **die Flugtransportinfrastruktur:**
 - Flughäfen und technische Einrichtungen
 - kontrollierter Luftraum
 - Luftverkehrskontrolle

1.3. Grundlegende Klassifikation des Lufttransports

- **Militärische Luftfahrt** basiert auf den Anforderungen an die Landesverteidigung und wird von militärischen Vorschriften und Vorgaben des Verteidigungsministeriums geregelt.
- **Zivile Luftfahrt** ist der Gegenstand einer Reihe internationaler Abkommen und umfangreicher internationaler Kooperationen. Unter ziviler Luftfahrt versteht man alle in der Tschechischen Republik mittels zivilen Luftfahrzeugen und zu zivilen Zwecken durchgeführten Luftoperationen sowie alle Aktivitäten, welche von tschechischen Flugzeugen zu zivilen Zwecken im Ausland durchgeführt werden. In der zivilen Luftfahrt unterscheidet man zwischen zwei Transportarten:
 - Kommerziellem Lufttransport
 - Allgemeine Luftfahrt

Kommerzieller Lufttransport

Der kommerzielle Lufttransport ist der wichtigste Teil der zivilen Luftfahrt und stellt Flugzeuge für den Transport von Personen, Gütern und Post gegen Bezahlung zur Verfügung. Man unterscheidet ihn nach verschiedenen Aspekten:

- Nach der Transportart: Personen- oder Frachttransport.
- Nach der Betriebsfrequenz: regelmäßig oder unregelmäßig.
- Nach der Reichweite: national und international.
- Nach der Betriebsart: kleiner und großer kommerzieller Lufttransport.

Allgemeine Luftfahrt

Die allgemeine Luftfahrt ist Teil der zivilen Luftfahrt und umfasst:

- **Luftfahrtaufgabe:** Der Einsatz von Flugzeugen gegen Bezahlung;
- **Luftfahrtaktivitäten gemäß staatlicher Erfordernisse:** Flüge für Abgesandte;
- **Luftfahrtaktivitäten für den persönlichen Gebrauch:** geschäftliche oder andere Aktivitäten gemäß spezieller Vorschriften;
- **Erholungs- und Sportflüge,** nicht-gewinnorientiertes Fliegen;
- **Öffentliche Flugshows und -rennen.**

2. DIE GESCHICHTE DES LUFTTRANSPORTS

2.1. Die Anfänge des Fliegens

Die erste Person, die sich wissenschaftlich mit dem Fliegen auseinandersetzte, war Leonardo da Vinci (1452-1519).

Die ersten ernsthaften Versuche wurden im 18. Jahrhundert in Europa durchgeführt, und zwar mit Heißluftballonen der Gebrüder Montgolfier (1783).

Das erste bemannte Flugschiff wurde 1852 von Henri Giffard gebaut, aber dessen Dampfmaschine konnte nicht genug Energie für dessen Betrieb erzeugen.

Mit der Erfindung des Verbrennungsmotors ergaben sich gänzlich neue Möglichkeiten: Das erste steuerbare Flugschiff besaß einen brasilianischen Verbrennungsmotor von Albert Santos Dumont und hob damit 1898 ab.

2.2. Der Ursprung von Starrflüglern

Ende des 19. Jahrhunderts bauten Luftfahrtpioniere verschiedene Konstruktionen von Segelfliegern mit starren Flügeln. Der bekannteste unter ihnen war Otto Lilienthal.

Der **Jungfernflug** des ersten motorbetriebenen Flugzeugs wurde 1903 in den USA durchgeführt – und zwar von **Wilbur and Orville Wright**.

In Europe zählt vor allem **Louise Bleriot** zu den Pionieren der Luftfahrt, welcher mit seiner Maschine des Modells XI am 25. Juli 1909 den Ärmelkanal überquerte.

In der tschechischen Provinz Böhmen führte **Ing. Jan Kašpar** in Pardubice den ersten Flug mit einem Flugzeug von Blériot durch.

2.3. Die Entstehung des Lufttransports

Die ersten Fluglinien wurden 1919 in Europa gegründet. Zunächst wurde die Technologie für die Herstellung von Militärflugzeugen und Flugschiffen genutzt, ehe man mit dem Bau von Flugzeugen begann, welche rein zu Transportzwecken dienten.

Im Jahr 1924 schlossen sich zahlreiche britische Unternehmen zur Gesellschaft Imperial Airways zusammen. Zwei Jahre später gab es einen ähnlichen Zusammenschluss deutscher Unternehmen, deren Gesellschaft den Namen Deutsche Lufthansa bekam.

Die erste tschechoslowakische Fluglinie wurde 1923 unter dem Namen tschechoslowakische Staatsfluglinien gegründet.

Die Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg kann als die Ära der großen Propellertransportflugzeuge bezeichnet werden.

2.4. Nachkriegsentwicklung des Lufttransports

Ein großer Durchbruch im kommerziellen Lufttransport wurde mit der Entwicklung des Jetmotors während des Zweiten Weltkriegs erzielt.

Der erste Flugjet für den zivilen Lufttransport war das britische Flugzeug Comet, welches 1949 abhob. Durch den Einsatz des Jetmotors wurde der Lufttransport deutlich beschleunigt.

Der Lufttransport erlebte, vor allem in den 1960er und 1980ern, einen rasanten Anstieg des Transportvolumens bedingt durch neu entwickelte Flugzeuge.

2.5. Die moderne Luftfahrt

Die Concorde war das erste zivile Überschalllinienflugzeug. Aktuell wird auf den Überschalltransport eher verzichtet.

Großraumflugzeuge werden sowohl für die Beförderung von PassagierInnen als auch für den Frachttransport gebaut.

Der globale Lufttransportmarkt wächst immer noch (was die Anzahl der zu befördernden PassagierInnen betrifft).

Das größte Wachstum des Lufttransportmarktes wird in den nächsten Jahren in Asien erwartet.

Man geht davon aus, dass es 2034 7,3 Milliarden Menschen geben wird, welche per Lufttransport befördert werden.

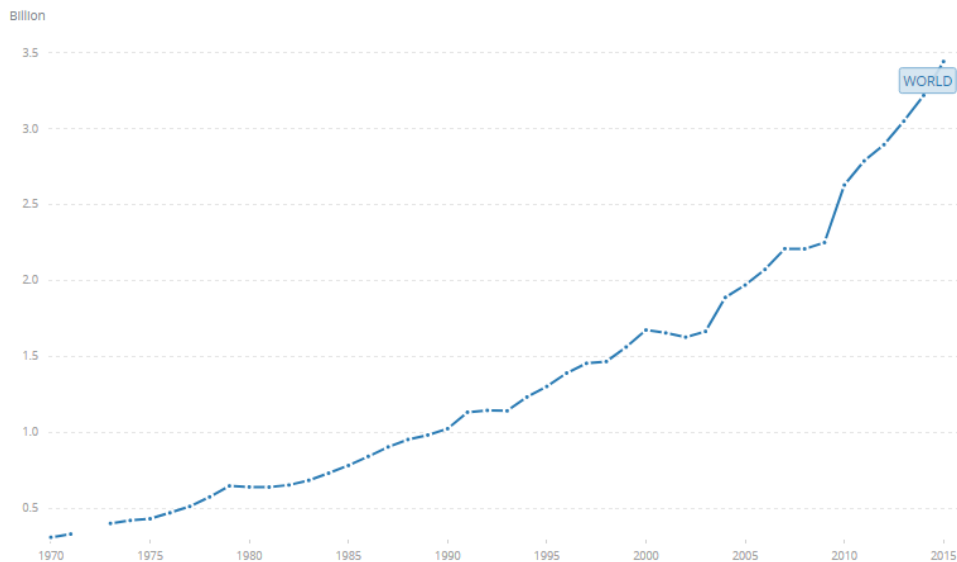


Abb. 1: Das Wachstum der Anzahl an per Lufttransport beförderten PassagierInnen (in Milliarden). Quelle: ICAO

3. INTERNATIONALE KOOPERATION, LUFTTRANSPORT-ABKOMMEN UND - VORSCHRIFTEN

„ WHEREAS the future development of international civil aviation can greatly help to create and preserve friendship and understanding among the nations and peoples of the world, yet its abuse can become a threat to the general security; and WHEREAS it is a desirable to avoid friction and to promote that cooperation between nations and peoples upon which the peace of the world depends; THEREFORE, the undersigned governments having agreed on certain principles and arrangements in order that international civil aviation may be developed in a safe and orderly manner and that international air transport services may be established on the basis of equality of opportunity and operated soundly and economically; Have accordingly concluded this Convention to that end.“

Präambel des Chicago-Abkommens über die Internationale Zivilluftfahrt

3.1. Internationale Kooperation

Wichtige internationale Vereinbarungen und Meilensteine internationaler Kooperationen in einem bestimmten historischen Kontext werden nachfolgend gezeigt:

- Am 13. Oktober 1919 unterzeichneten 26 Staaten das "**Pariser Abkommen**", mit welchem unter anderem Regeln für die Nutzung des Luftraums eingeführt wurden.
- Zudem wurde 1919 die freiwillige International Air Transport Association (**IATA**) in Den Haag (Holland) gegründet.
- Am 12. Oktober 1929 wurde das "**Warschauer Abkommen**" aufgesetzt, welches sich auf den internationalen Transport von Personen, Gepäck und Gütern gegen Bezahlung bezog.
- Am 7. Dezember 1944 unterschrieben 54 Staaten das "**Chicago-Abkommen**" in den USA.
- 1945 wurde die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (**ICAO**) gegründet.
- 1952 wurde das "**Rom-Abkommen**" unterschrieben. Darin sind Regeln betreffend den Schadenersatz enthalten, welcher Dritten oder Ländern infolge von Schäden durch den Betrieb eines fremden Flugzeugs entstehen.

- 1953 wurde das **“Genfer Abkommen”** aufgesetzt. Darin wurden internationale Regeln betreffend die Anerkennung von Flugzeugrechten festgehalten, um Rechtsstreitigkeiten zwischen einzelnen Staaten zu vermeiden, welche eine Vertragspartnerschaft eingehen.
- 1954 wurde die Europäische Zivilluftfahrtkonferenz auf Betreiben des Europäischen Rats hin gegründet, um die sichere Entwicklung des europäischen Lufttransportsystems zu fördern.
- 1955 wurde das **“Den Haag-Protokoll”** unterschrieben, welches als Ergänzung zum Warschauer Abkommen dient: Dies war notwendig, um die Anforderungen an den Lufttransport und dessen Bedingungen an die Erfordernisse der Nachkriegszeit anzupassen.
- 1960 gründete die Europäische Gemeinschaft im Zuge des **EUROCONTROL-Abkommens die Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt** (EUROCONTROL).
- 1963 wurde das **“Tokio-Abkommen”** unterschrieben. Dieser Vertrag legt die Verfahren fest, welche im Falle des „Kampfes gegen Angriffe und bestimmte andere Taten, welche an Board eines Flugzeugs begangen werden“ zum Einsatz kommen. Dies war durch die Situation in den 1960er-Jahren notwendig geworden, als sich die Entführungen von Flugzeugen und PassagierInnen zu häufen begannen.
- Seit 1970 schaffen die Joint Aviation Authorities (JAA) europäischer Staaten die Bedingungen für die Umsetzung der Joint Aviation Regulation (JAR).
- In den 1990ern entwickelte die ECAC das European Air Traffic Control Harmonization and Integration Program (EATCHIP) und setzte dieses auch um.

3.2. Nationale Gesetzgebung

Als Folge internationaler Kooperationen auf höchster Ebene gibt es mittlerweile eine Reihe von Vorschriften, Dokumenten und Standards, zu dessen Einhaltung sich einzelne Länder (ICAO-Mitglieder) und deren Linienfluggesellschaften bekannt haben.

Einzelne Länder stimmen diesen Abkommen und bilateralen Vereinbarungen zu und etablieren basierend darauf nationale Standards und Gesetze, in deren Entwürfen sie jedoch noch eigene Nachschärfungen, Besonderheiten und Anforderungen berücksichtigen.

3.3. Die Zivilluftfahrtverordnung

Die Zivilluftfahrtverordnung wurde in der Tschechischen Republik unter **der Geschäftszahl 49/1997** proklamiert und seitdem mehrfach ergänzt.

In dieser Verordnung finden sich auch die Vorgaben internationaler Abkommen über die Internationale zivile Luftfahrt sowie anderer internationale Abkommen.

Die Anhänge 1 bis 18 des Chicago-Abkommens (ICAO Anhänge) beschreiben die Aktivitäten und Standards der internationalen Luftfahrt im Detail. Das Transportministerium der Tschechischen Republik hält diese in Form von sogenannten Luftfahrtvorschriften fest. Die wichtigsten Luftfahrtvorschriften finden sich in den Bestimmungen L1 bis L18.

4. LUFTTRANSPORTORGANISATIONEN

4.1. Internationale Lufttransportorganisationen

Der internationale Charakter des Lufttransports hat zu bestimmten Vorgaben betreffend die Vereinheitlichung des Flughafenbaus, der Luftverkehrskontrolle, des Eincheckens von PassagierInnen und andere mit dem Lufttransport in Zusammenhang stehenden Aktivitäten geführt.

Es gab zw. gibt bis heute viele Organisationen in der Luftfahrtindustrie. Diese lassen sich nach dem Charakter der einzelnen Mitglieder unterscheiden:

- **Regierungsorganisationen** (deren Mitglieder sind einzelne Regierungen)
- **Nichtstaatliche Organisationen** (deren Mitglieder sind juristische oder natürliche Personen)

4.2. Wichtige Regierungsorganisationen

ICAO: Internationale Zivilluftfahrtorganisation: Diese Organisation wurde 1944 im Rahmen der Zivilluftfahrtkonferenz in Chicago als staatlich finanzierte Agentur der Vereinten Nationen gegründet. Das Hauptziel der ICAO ist es, Richtlinien für die zivile Luftfahrt zu entwickeln, welche auf den der UNO zugrunde liegenden Prinzipien zur Unterstützung der Entwicklung der internationalen Luftfahrt basieren. Jeder Staat, welcher der UNO angehört, kann auch als ICAO-Mitglied zugelassen werden. Deren Hauptquartier liegt in Montreal.

ECAC: Die Europäische Zivilluftfahrtkonferenz wurde 1955 gegründet. Ihr Hauptsitz ist in Paris.

EUROCONTROL: Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt.

EASA: die unabhängige Europäische Agentur für Flugsicherheit wurde 2003 von der Europäischen Kommission gegründet und mit rechtlicher, administrativer und finanzieller Autonomie ausgestattet.

4.3. Wichtige nichtstaatliche Organisationen mit globalem Geltungsbereich

IATA (International Air Transport Association): freiwilliger Zusammenschluss von LinienflugbetreiberInnen.

ACI (Airport Council International): kümmert sich um Angelegenheiten des Aufbaus von Flughafeninfrastrukturen, Verfahren zum Betrieb von Flughäfen und deren Vereinheitlichung, die Bewirtschaftung von Flughäfen usw.

IFALPA (International Federation of Air Line Pilots Associations): vertritt die Interessen von PilotInnen gegenüber Fluglinien und staatlichen Behörden.

ITA (Institut du Transport Aérien): wissenschaftliches Forschungsinstitut mit Sitz in Paris.

International Air Transport Association

Hierbei handelt es sich um eine nichtstaatliche Organisation von LinienfluganbieterInnen, welche regelmäßig internationale Transporte durchführen.

Ihre Hauptziele sind es:

- die Schaffung eines einzigen, globalen Systems des sicheren, regelmäßigen und rentablen Lufttransports zu unterstützen;
- Maßnahmen, welche der Verbesserung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Lufttransports dienen, vorzubereiten und zu koordinieren;
- die Zusammenarbeit zwischen Fluglinien und anderen Organisationen, welche im Lufttransportsektor aktiv sind, sicherzustellen und zu koordinieren;
- mit der ICAO zusammenzuarbeiten und dafür zu sorgen, dass alle Fluglinien die ICAO-Standards in die Praxis umsetzen.

4.4. Wichtige nichtstaatliche Organisationen mit regionalem Geltungsbereich

AEA (Association of European Airlines): Verein europäischer LinienfluganbieterInnen

IACA (International Air Carrier Association): Verein europäischer CharterfluganbieterInnen

ERA (European Regions Airline Association): vertritt die Interessen von AnbieterInnen, welche planmäßig durchgeführte kommerzielle Flüge mit kleinen Flugzeugen anbieten,

FATUREC (Federation of Air Transport User Representatives in the European Community): Schutz der NutzerInnen von Lufttransportdienstleistungen,

AAPA (Association of Asia Pacific Airlines): vertritt die gemeinsamen regionalen Interessen von Fluglinien des Fernen Ostens.

4.5. Staatliche Verwaltungsbehörden (Tschechische Republik)

Transportministerium der Tschechischen Republik (MDCR): Die zentrale staatliche Verwaltungsbehörde für alle Transportarten, darunter auch die zivile Luftfahrt.

Zivilluftfahrtbehörde (UCL): Diese organisationelle staatliche Einheit ist direkt dem Transportministerium unterstellt. Ihre Aufgabe ist es, die staatliche Verwaltung betreffend die Belange der zivilen Luftfahrt zu übernehmen.

Institut zur Untersuchung von Unfällen in der Luft (UZPLN): Eine unabhängige organisationelle Einheit des Staates, deren Funktion darin besteht, Unfälle in der Luft zu untersuchen, zu analysieren und Maßnahmen zur Verhinderung von Unfällen umzusetzen.

4.6. Staatliche Unternehmen in der zivilen Luftfahrt

Luftnavigationsdienst der Tschechischen Republik (ANS): Das Leitmotiv der ANS ist es, eine sichere Umgebung für den Luftverkehr sicherzustellen, dafür Sorge zu tragen, dass es keine Zusammenstöße im Luftraum und auf dem Boden gibt und der Luftverkehr schnell, sicher und reibungslos funktioniert. Darüber hinaus ist es die Aufgabe des ANS, flexibel auf die Dynamik der Entwicklung in der zivilen Luftfahrt unter den sich ständig verändernden Luftfahrtbedingungen zu reagieren.

Tschechische Aeroholding, a.s.: Ein Unternehmen, dessen einziger Besitzer der Staat ist, vertreten durch das Finanzministerium der Tschechischen Republik. Dieses Unternehmen betreibt und managt den internationalen zivilen Václav Havel-Flughafen in Prague, welcher hinsichtlich der Anzahl eingereister PassagierInnen der größte Flughafen in der ganzen Tschechischen Republik ist (mehr als 13 Million Fluggäste im Jahr 2016).

5. KLASSIFIKATION VON FLUGGERÄTEN UND GRUNDLAGEN DER FLUGPHYSIK

5.1. Definition von Fluggeräten

Ein Fluggerät ist ein **fliegendes Transportmittel**. Gemäß der Definition des tschechischen Standards bezeichnet man es als: "Ein Gerät, welches von Luftkräften Gebrauch machen kann, die nicht von der Erdoberfläche stammen, um in der Atmosphäre zu bleiben."

Fluggeräte können nach mehreren Aspekten unterschieden werden. Die grundlegende Unterscheidung sieht wie folgt aus:

- **Ein Fluggerät, welches leichter als Luft** ist, nutzt aerostatische Kräfte zum Fliegen;
- **Ein Fluggerät, welches schwerer als Luft** ist, setzt zum Fliegen zumeist auf aerodynamische Kräfte (Auftrieb), welche auf eine bewegliche oder starre (Flügel) Oberfläche wirken.

5.2. Klassifikation von Fluggeräten

- **Fluggeräte, die leichter als Luft sind (Ballone)**
 - mit Vortrieb: zB Luftschiffe;
 - ohne Vortrieb: zB Heißluftballone.
- **Fluggeräte, die schwerer als Luft sind (Luftfahrzeuge)**
 - ohne Vortrieb mit starren Auftriebsflächen (Flügeln): zB Fallschirm, Segelflugzeug;
 - mit Vortrieb mit beweglichen (rotierenden) Auftriebsflächen: zB Helikopter;
 - mit Vortrieb mit starren Flügeln: zB Drachenflieger oder klassische Flugzeuge;
 - mit Vortrieb ohne Auftriebsflächen: zB Raketen.

Es gibt auch Kombinationen aus den oben genannten Varianten, zB ein Wandelflugzeug, welches während des Flugs die Methode zum Aufsteigen ändert.

5.3. Klassifikation von Transportflugzeugen

Nach der Länge ihrer Flugstrecke unterscheidet man:

- Kurzstrecken-Flugzeugen mit einer Reichweite von bis zu 1.000 km, welche manchmal auch als Regionalflugzeuge bezeichnet werden;
- Mittelstrecken-Flugzeuge mit einer Reichweite von 1.000 bis 3.000 km. Diese Flugzeuge werden vor allem für internationale Routen genutzt.
- Langstrecken-Flugzeuge mit einer Reichweite von mehr als 3.000 km kommen für Interkontinentalflüge zum Einsatz.

Nach dem verfügbaren Sitzplatzkontingent unterscheidet man:

- Leichte Flugzeuge, Flugtaxi: 3 bis 10 PassagierInnen;
- Kleine Transportflugzeuge: 10 bis 30 PassagierInnen;
- Mittelmäßige Transportflugzeuge: 30 bis 100 PassagierInnen;
- Große Transportflugzeuge: 100 bis 200 PassagierInnen;
- Großraumflugzeuge: mehr als 200 PassagierInnen.

Nach der Sitzreihenordnung im Flugzeug unterscheidet man:

- Schmalrumpfflugzeuge: nur ein Mittelgang, 2-2 oder 3-3 Sitzreihen nebeneinander;
- Breitrumpfflugzeuge: zwei Mittelgänge, 2-3-2, 3-3-3 oder 3-4-3 Sitzreihen.

Nach ihrem Antrieb unterscheidet man:

- Propellermaschinen (in der Vergangenheit) oder Leichtflugzeuge mit Propeller (Motor mit Kolbenantrieb);
- Propellerjets (Antrieb mit Turbomotor);
- Linienjet (Bypass-Triebwerk oder Strahltriebwerk).

Transportflugzeuge lassen sich jedoch auch nach der Position ihrer Auftriebsflächen, der Anzahl und der Position ihrer Motoren, die Art des Fahrwerks, der Tragflächenform usw. unterscheiden.

5.4. Erzeugen von Luftkraft

Eine Tragfläche erzeugt Auftrieb, indem es nach unten gerichtete Kräfte auf die unter ihr vorbeiströmende Luft ausübt. Gemäß Newtons drittem Gesetz muss die Luft eine gleiche und gegengerichtete (nach oben) Kraft auf die Tragfläche ausüben, welche dem Auftrieb entspricht (vereinfachte physikalische Erklärung).

Bei Flugzeugen, welche schwerer als Luft sind, muss die Luftkraft gleich groß oder größer als das Gewicht des fliegenden Objekts sein.

Um Auftrieb zu erzeugen, ist es notwendig, sicherzustellen, dass die Luft mit einer bestimmten Geschwindigkeit v an den Antriebsflächen (Flügel) vorbeiströmt. Der Flügel muss auch ein bestimmtes Profil (Tragfläche) und eine ausreichende Fläche S haben. Darüber hinaus ist es notwendig, dass die Tragfläche einen effizienten Anstellwinkel hat.



Abb. 2: Die Tragfläche eines Flugzeugs: Wie sieht der Anstellwinkel aus?
Die **Luftkraft Y** wird nach dem folgenden Prinzip erzeugt:

$$Y = c_y \cdot S \cdot \rho \cdot v^2 / 2$$

S – Größe der Auftriebsfläche [m²],

ρ – Luftdichte [kg/m³]

v – Geschwindigkeit des Flugzeugs [km/h]

c_y – "Anstellwinkel α " Funktion: aerodynamischer Koeffizient

6. GRUNDLEGENDE BAUMUSTER VON FLUGZEUGEN

6.1. Flugzeugkomponenten

Was den Grundaufbau betrifft, kann ein Flugzeug in drei relativ voneinander abgegrenzte Einheiten unterteilt werden:

- **Flugwerk;**
- **Antriebseinheit (System);**
- **Ausstattung.**

Die Haupteinheiten lassen sich weiter unterteilen in:

- Baugruppen, welche die Funktion von Haupteinheiten übernehmen;
- Separate funktionelle Kreisläufe;
- Flugzeugsysteme (zB hydraulisches, elektrisches System usw.).

Das **Flugwerk gliedert** sich in:

- Flugzeugrumpf;
- Fahrwerk;
- Auftriebsflächen (Flügel);
- Schwanzflächen.

6.2. Flugzeugrumpf

Dieser zentrale Teil jedes Flugzeugs, welcher in der Regel eine kreisrunde oder ovale Form (Schalenrumpf) hat, dient unter anderem:

- zur strukturellen Verbindung der Hauptauftriebsflächen und Schwanzflächen zu einer Einheit;
- zum Einbau von anderen Flugzeugsystemen, Bordelektronik, anderer Ausrüstung und Aggregaten;
- als Raum für die Unterbringung von PassagierInnen, der Crew und der Fracht: In Flugzeugen ist der Rumpf mit einer druckdichten Kabine ausgestattet (bei Flügen in über 3.000 Metern Seehöhe).
- zur Verlagerung und Verteilung des Ladeguts auf dem Flugzeug.

6.3. Auftriebsflächen

Auftriebsflächen werden gemeinhin mit dem Begriff **Flügel** bezeichnet, wo der Auftrieb Y erzeugt wird.

Der Flügel ist mit Systemen ausgestattet, welche funktionell damit in Verbindung stehen (siehe Abbildung 3).

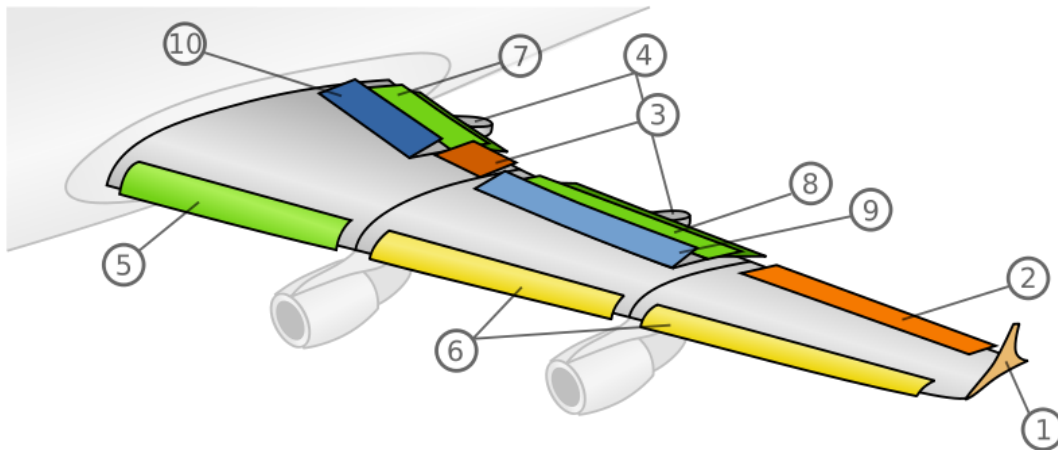


Abb. 3: Flügel eines Flugzeugs (Autor: Arne Nordmann (user:norro), 2006, Illustration basierend auf der Illustration von Image:PlaneWing.png of Piotr Jaworski (PioM), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1390944>)

Flügelmechanisierung: Ein System beweglicher Elemente welche entweder von einem Piloten/einer Pilotin oder automatisch gesteuert werden. Andere funktionelle Oberflächen, welche auf dem Flügel angebracht sind, werden durch diese Mechanisierung gesteuert.

6.4. Funktionelle Flächen auf Flügeln

Winglets (1): Hierbei handelt es sich um Verlängerungen des starren Flügels, welche eine effizientere Verwendung des Auftriebs am Ende des Flügels ermöglichen.

Querruder (2,3): Dies sind ausklappbare Flugsteuerungsflächen, welche paarweise verwendet werden, um das Flugzeug beim Rollen zu steuern (oder die Bewegung um die Längsachse des Flugzeugs).

Klappen der Düsenaggregate (4): Schürze für Klappenwegmechanismen.

Krueger-Klappen (5): Geräte zur Verbesserung des Auftriebs, welche in die Vorderkante des Flugzeugflügels eingepasst werden können.

Vorflügel (6): Aerodynamische Flächen an der Vorderseite der Tragflächen von Starrflüglern, welche, wenn sie zum Einsatz kommen, für einen höheren Anstellwinkel des Flügels sorgen.

Klappen (7, 8): Verstellbare Flächen auf dem Flügel eines Flugzeugs, welche bei niedriger Geschwindigkeit dazu dienen, an Höhe zu gewinnen – vor allem in der Start- und Landephase eines Flugs.

Störklappen (9): Eine aufklappbare Platte auf der oberen Fläche des Flügels, welche dazu dient, den Auftrieb kontrolliert zu verringern. Indem sie das macht, sorgt die Störklappe für ein kontrolliertes Abreißen der Strömung des hinter ihr befindlichen Tragflächenteils, wodurch der Auftrieb dieses Tragflächenteils stark reduziert wird. Störklappen sind besonders beim Landeanflug nützlich, da sie das Fahrwerk ausfahren und aufgrund des geringeren Auftriebs dazu beitragen, dass das Flugzeug sanfter auf dem Rollfeld aufsetzt.

Aerodynamische Bremse (10): Erhöht die aerodynamische Bremswirkung des Flugzeugs (ähnlich wie die Störklappe).

6.5. Schwanzflächen

Diese bestehen aus:

- horizontalen Schwanzflächen;
- vertikalen Schwanzflächen.

Horizontale Schwanzflächen bestehen aus:

- einem festen Teil (**Stabilisator**): sorgt für Stabilität und Kontrolle über das Flugzeug;
- ausklappbarer Achterfläche (**Höhenruder**): steuern die Steigung des Flugzeugs und damit den Anstellwinkel und den Auftrieb des Flügels.

Vertikale Schwanzflächen bestehen aus:

- einem festen Teil (**Seitenleitwerk**): der vertikaler Stabilisator dient zur Verringerung des aerodynamischen Schleuderns und dazu, dem Flugzeug Richtungsstabilität zu geben;
- Ausklappbare Achterfläche (**Seitenruder**): ermöglicht es dem Piloten/der Pilotin, die Gierbewegung um die vertikale Achse zu steuern.

6.6. Die Flugzeugbewegung im dreidimensionalen Raum

Vereinfacht ausgedrückt wird ein Transportflugzeug im dreidimensionalen Raum mithilfe einer Kombination aus drei Steuerflächen kontrolliert:

- **Querruder:** Neigt das Flugzeug um dessen Längsachse;
- **Seitenruder:** neigt das Flugzeug um dessen vertikale Achse
- **Höhenruder:** neigt das Flugzeug um dessen horizontale Achse.

In der Praxis werden Kontrollbefehle sowohl für das Quer- als auch das Seitenruder verwendet, um ein Flugzeug zu drehen. Die Querruder regeln die Rollbewegung, die Seitenruder die Gierbewegung und beide gemeinsam kompensieren ein Phänomen, welches Wendemoment genannt wird. Auch mit den Seitenrudern allein lässt sich ein gewöhnlicher Starrflügler drehen, allerdings deutlich langsamer als im Zusammenspiel mit den Querrudern.

7. VORTRIEBSSYSTEME VON FLUGZEUGEN

7.1. Vortriebseinheit

Die Vortriebseinheit eine der wichtigsten Elemente eines Flugzeugs, da sie dessen Schub erzeugt. Zu den wichtigsten Teilen der Vortriebseinheit gehören:

- Propulsor: der Flugzeugmotor, welcher mechanische Energie erzeugt;
- Lufteinlass und Abgasauslass;
- Propeller (nur bei Kolbenmotoren und Propellerturbinen);
- Laufräder und Achsen, Schubumkehrgeräte und andere.

Die gebräuchlichsten Triebwerke für Transportflugzeuge sind:

- **Schaft- (Kolben-)motoren mit Propeller:** nur bei kleinen Flugzeugen;
- **Rückstoßtriebwerke:** Strahltriebure oder Bypass-Triebwerk;
- **Kombinationen daraus:** Propellerturbine.

7.2. Strahltriebure

Ihr Hauptbestandteil ist der Turbokompressor. Ein bestimmter Teil der Abgasenergie wird im Turbinenschalt in mechanische Energie umgewandelt. Auch wenn dessen Motor läuft, wird die gesamte Turbinenenergie verwendet, um den Kompressor anzutreiben. Dieser sorgt für den gewünschten Luftmassenstrom des Turbokompressormotors und dessen Verdichtung auf den gewünschten Wert. Der Energiestatus der Abgase beim Auslass ist höher und die Abgase tragen einen Teil der Energie bei, welcher für die Beschleunigung des Flugzeugs benötigt wird.

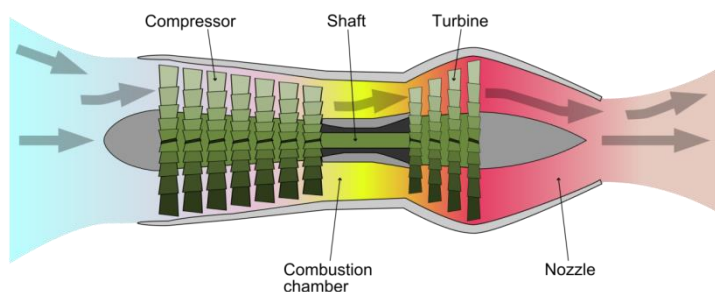


Abb. 4: Strahltriebure (Quelle: CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7586542>)

7.3. Bypass-Triebwerk

Das Bypass-Triebwerk ist eine Art von Flugzeugmotor, welche nach einem ähnlichen Prinzip wie ein Jetmotor funktioniert, sprich was das Prinzip des Aktions- und Reaktionsgesetzes anbelangt. Anders

als ein Jetmotor enthält das Bypass-Triebwerk jedoch einen Lüfter und einen Niederdruckkompressor, welche durch eine andere Turbine angetrieben wird. Die in den Motor einströmende Luft wird zuerst durch den Lüfter gepresst. Ein Teil davon (je nach Bypass-Verhältnis) strömt in den Hochdruckteil des Motors, aber der Rest strömt durch den sogenannten Bypass-Kanal. Der Motorschub wird durch die Auswirkung beider Luftströme erzeugt.

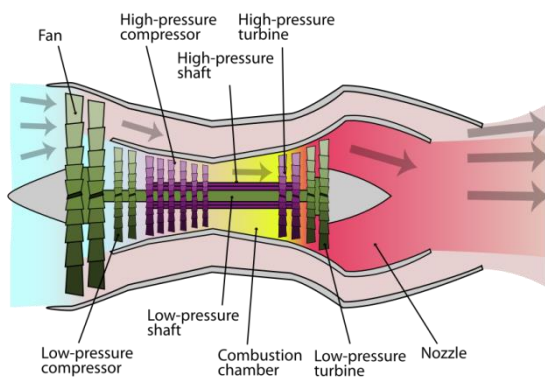


Abb. 5: Strahltriebwerke (Author: K. Aainsqatsi – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4008470>)

7.4. Propellerturbine

Der Abgasstrom aus dem Turbolader (Generator) überträgt einen substanziellen Teil seiner Energie auf eine Niederdruckturbine für den Propellervortrieb. Die restliche Zugkraft der Abgase in der Auspuffdüse ist sehr gering. Die Zugkraft dieser Motoren wird zur 85-90% von den Propellern erzeugt. Da die Geschwindigkeit zum Erreichen der maximalen Propellereffizienz geringer ist als bei einem Turbolader-Rotor und einer Propellerturbine, ist es notwendig, ein Reduzierstück zu verwenden.

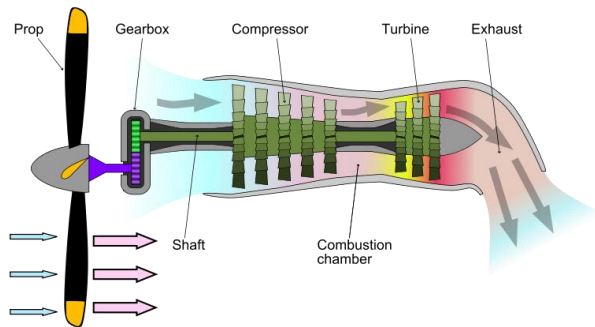


Abb. 6: Strahltriebwerke (Quelle: Turboprop_operation.png: Emoscopesderivative work: M0tty (talk) – Turboprop_operation.png, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7611409>)

8. LUFTTRANSPORTPROZESS

Der Lufttransportprozess kann als die Summe der verschiedenen Phasen bezeichnet werden, welche PassagierInnen im Zuge der Nutzung des Lufttransports durchlaufen. Der Gesamteindruck, Komfort und die Geschwindigkeit des Lufttransportprozesses wird durch andere, indirekt damit in Zusammenhang stehende Phasen beeinflusst, welche PassagierInnen hinter sich bringen müssen, um an einem Flug teilzunehmen.

- Fahrt zum Flughafen
- Einchecken
- Sicherheitskontrolle
- Warten in der Abflughalle
- An Board gehen
- Boardservice
- Eigentlicher Flug
- Ausgang zum Terminal
- Abfahrt vom Flughafen

8.1. Einchecken von PassagierInnen

Der Eincheck-Prozess von PassagierInnen dient dazu, sicherzustellen, dass nur all jene Personen an Board gehen, welche:

- eine bestätigte Reservierung und ein gültiges Flugticket besitzen;
- persönliche und gesundheitsbezogene Dokumente sowie Visa vorweisen können, die im Zielland gefordert werden;
- nur jenes Gepäck aufgeben, welches sich hinsichtlich der Anzahl, des Inhalts und des Gewicht mit den Vorgaben des Ticket-Tarifs deckt;
- nur jenes Handgepäck mit sich führen, welches hinsichtlich Anzahl, Größe, Gewicht und Inhalt den Sicherheitsvorschriften sowie den Regeln der Fluglinie entspricht.

8.2. Eincheck-Verfahren

- Die PassagierInnen weisen ein Ticket vor, woraufhin ihnen ein Flugschein für den ihre Flugreise (oder einen Abschnitt davon) ausgehändigt wird.
- Die PassagierInnen zeigen ihren Ausweis vor (Personalausweis, Pass).
- Das Gepäck der PassagierInnen wird aufgegeben und man weist ihnen einen Sitzplatz zu, welcher ihrem Tarif und ihren Wünschen (bei Urlaubsreisen) entspricht.

- Die PassagierInnen werden auf die Sicherheitsvorschriften aufmerksam gemacht und befragt, um sicherzustellen, dass der Inhalt ihres Gepäcks sicher ist.
- Den PassagierInnen wird eine Boardkarte und ein Gepäcksticket ausgehändigt.
- Sowohl die Boardingkarte als auch die vorgeschriebenen persönlichen Dokumente werden an einem Schalter der staatlichen Passkontrollbehörde vorgewiesen (dies gilt für PassagierInnen, welche in ein Land reisen, welches visapflichtig ist).

Nach ihrer Organisation werden die folgenden Eincheck-Arten unterschieden:

- Normales Einchecken: PassagierInnen können an den Flughafen-Schaltern innerhalb eines bestimmten Zeitraums (zB 6, 12 oder 24 Stunden) für jeden planmäßig durchgeführten Flug jeder Fluglinie einchecken.
- Flug- oder Fluglinien-Check-in: Einzelne Schalter oder eine Reihe von Schaltern stehen ausschließlich Fluggästen eines bestimmten Flugs oder einer bestimmten Fluglinie zum Einchecken zur Verfügung.
- Express-Einchecken: Dies ist nur PassagierInnen ohne registriertes Gepäck in einem eigens gekennzeichneten Bereich möglich.
- Einchecken am Gate: Hier erfolgt das Einchecken erst in der Abflughalle. Dies ist nur dann möglich, wenn die PassagierInnen sowie deren Gepäck bereits früher eingchecked wurden, zB in einem Stadtbüro oder einem Hotel.
- Selbst-Einchecken: Hierbei identifizieren sich PassagierInnen in der Regel mit ihrer Zahlungskarte. Das Einchecken selbst erfolgt durch selbstständiges, interaktives Kommunizieren mit der Eincheck-Einrichtung. Das eingcheckede Gepäck wird bei der Gepäckaufgabe aufgegeben.
- Internet-Check-in: Diese Art ermöglicht es den PassagierInnen, schon vor der Fahrt zum Flughafen einzuchecken. Das eingcheckede Gepäck wird bei der Gepäckaufgabe aufgegeben.

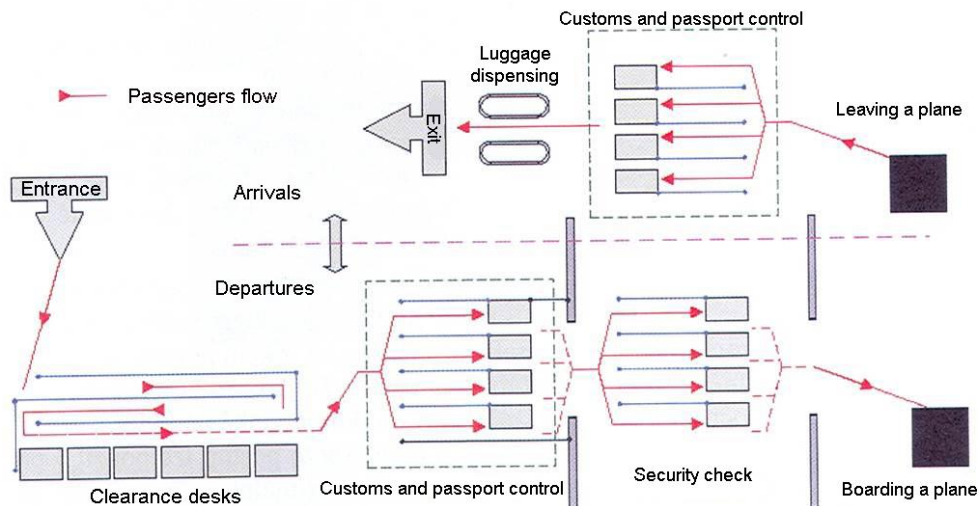


Abb. 7: Der Prozess des Eincheckens vor dem Abflug und nach der Ankunft.

8.3. Flugzeugbetrieb am Boden

Unter dem Flugzeugbetrieb am Boden versteht man das Servizieren eines Flugzeugs, während dieses sich am Boden befindet und in der Regel am Terminal-Gate des Flughafens geparkt ist. Viele Fluglinien vergeben diese Arbeiten an VertragspartnerInnen aus, welche der Flughafen selbst, Subunternehmen oder andere Fluglinien sein können.

- **Kabinenservice:** Die Crew hat die Aufgabe, das Flugzeug vor dem Flug zu reinigen und die Versorgung mit Konsumgütern sicherzustellen.
- **Catering:** Dazu gehört das Abladen nicht konsumierter Speisen und Getränke vom Flugzeug sowie das Beladen von ebendiesem mit frischen Speisen und Getränken für die PassagierInnen und die Crew.
- **Rampenservice:** Dazu gehören alle Services an der Rampe oder auf dem Flugfeld, zB:
 - Versorgung mit elektrischem Strom (An-/Abstecken des Bodenstromaggregats GPU);
 - Auftanken;
 - Treppen (oder Luftbrücken) für die PassagierInnen;
 - Luftstarteinheiten;
 - Enteisen;
 - Lotsen von Flugzeugen in eine Parklücke sowie zurück auf die Startbahn (durch Flugzeugverschiebungen);
 - Schleppbetrieb mit Schleppfahrzeugen usw.

9. GESCHÄFTSMODELLE VON FLUGLINIEN

9.1. Geschäftsmodelle von Fluglinien: Grundlegende Gliederung

Nach der Regelmäßigkeit der Durchführung:

- **planmäßig:** Flüge gemäß eines Flugzeitplans
- **außerplanmäßig:** Charter- oder Freizeitflüge

Nach dem bedienten Markt:

- national
- international (USA vs. EU-Zugang)

Nach der Art des Ladeguts

- **PassagierInnen:** traditionelle Fluglinien vs. Billigfluggesellschaften (LCC)
- **Kombi:** Fracht auf dem Hauptdeck hinter dem Passagierbereich und im Bauch des Flugzeugs
- **Fracht**
- **Post**
- **Integratoren**

9.2. Konzepte von Flugroutennetzwerken

Es gibt zwei verschiedene Ansätze, an welchen man sich bei der Planung von Flugrouten orientieren kann:

- **Speichernetz-Modell (H&S);**
- **Punkt-zu-Punkt-Modell (P2P).**

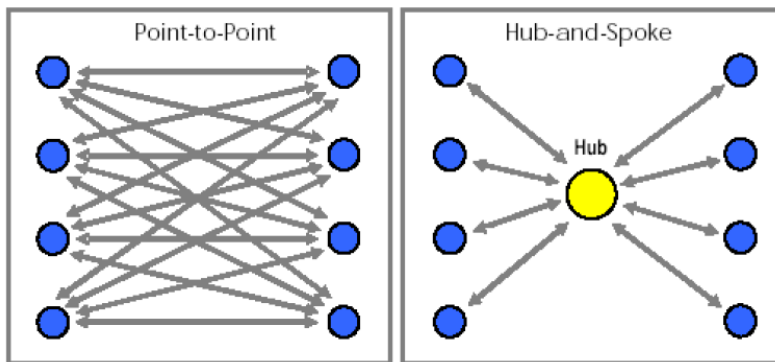


Abb. 8: Hauptkonzepte von Flugroutennetzwerken (Quelle: Rodrigue et al., 2006)

Speichennetz (Vorteile):

- Es werden deutlich weniger Routen benötigt, um das Netzwerk abzudecken.
- Da es hier weniger Routen gibt, können Fluglinien – vorausgesetzt, pro Route gibt es zumindest ein Flugzeug – entlang jeder Route häufiger Flüge ansetzen und die Kapazität jedes Flugzeugs voll ausnutzen.
- Die Zentralisierung von Arbeitsabläufen führt zu beträchtlichen Einsparungen.

Punkt-zu-Punkt (Vorteile):

- Minimiert die Anzahl der Verbindungen und die Reisezeit.
- Es gibt keine wechselseitige Abhängigkeit von Flügen und zentralen Punkten: ein verspäteter Flug oder ein geschlossener Flughafen werden sich nicht merklich auf die anderen Flugpläne auswirken.

9.3. Traditionelle Passagierfluglinien

Zu ihren Hauptmerkmalen zählen:

- Es wird der breiten Öffentlichkeit ein Sitzplatzkontingent für einen zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführten Flug angeboten;
- Speichennetz-System;
- Traditionelle Services (2-3 Klassen, Essen und Getränke, Unterhaltung an Board, Geschäftslounes, Vielfliegerprogramme usw.);
- Flüge werden über Reisebüros angeboten;
- Kooperationen mit anderen Fluglinien: multisektorale Tickets werden auch auf Flügen von Partner-Fluglinien angeboten (komplexes Umsatzmanagement).
- Überstellungsflüge.

9.4. BilligfluganbieterInnen (LCCs)

Welche Gründe gibt es dafür, dass diese ihre Flugtickets zu derart niedrigen Preisen anbieten können (siehe Beispielliste unten)?

- Sie schaffen es, ihre Betriebskosten niedriger als die Erlöse zu halten;
- Strategie der Kurzstrecken-Abdeckung, niedrige und unbeschränkte Beförderungs-entgelte, hohe Punkt-zu-Punkt-Frequenz und sehr hohe Pünktlichkeit;
- keine traditionellen Zusatzleistungen wie zB kostenloses Essen, im Vorfeld auswählbare Sitze oder Anschlussflüge;
- Nutzen wegen der geringeren Flughafengebühren vor allem Nebenflughäfen;
- Die Flugzeuge sind in der Regel überdurchschnittlich lang im Einsatz, um die Fixkosten auf mehr Stunden aufzuteilen;
- Eine Flugzeugflotte eines Typs (ökonomische Flugzeuge mit hoher Sitzplatzdichte);
- Hauptsächlich Online-Buchungen;
- Essen, Getränke und Souvenirs werden an Board extra verkauft.

9.5. Charterflüge

Ihre Hauptmerkmale sind:

- Niedrigkostenmodell: keine Zusatzleistungen, hohe Sitzplatzdichte;
- Das gesamte Sitzplatzkontingent wird mittels eines „Charter-Vertrags“ an eine einzige Kundschaft verkauft (in der Regel Reisebüros oder Vereine) ;
- Wettbewerbsfähige Preise basierend auf Realkosten, aber auch auf externen Faktoren;
- Geringe Nutzung in den Wintermonaten (ständige Vermietung als mögliche Lösung);
- Sehr hohe Nutzung in der Tourismussaison (15 bis 17 Stunden täglich);
- Nachtflüge unverzichtbar;
- Die Kundschaft ist für die Nutzung des Sitzplatzkontingents verantwortlich;
- Die Kundschaft bestimmt das Ziel der Reise.

9.6. Frachtfluglinien: Gesamte Flugzeugkapazität für den Frachttransport

- Allgemeine (oder schwere) Luftfracht
 - Größere Gebrauchsgegenstände;
 - klassische Flughafen-zu-Flughafen-Services (Frachtflugzeuge wie Cargo-Lux);
 - befördern ungefähr 85% des gesamten Frachtvolumens.
- Frachtexpress
 - integrierte Tür-zu-Tür-Services (Integratoren, zB FedEx, UPS, DHL, TNT);
 - befördern ungefähr 11% des gesamten Frachtvolumens.
- Post
 - Verteilung per Flugzeug als Teil des nationalen Postsystems;
 - Internationale Zustellung aufgrund von Fluglinien-Verträgen;
 - macht ungefähr 4% des gesamten Frachtvolumens aus.

9.7. Globale Bündnisse von Fluglinien

Die höchste Form der Zusammenarbeit, insbesondere zwischen traditionellen Fluglinien: Die Globalisierung des Angebots und des Vertriebs von Lufttransportservices hat folgende **Merkmale**:

- Koordination von BündnispartnerInnen und deren Flugplänen;
- Angleichung der Sitzplatzkontingente auf Flügen;
- Vereinheitlichung des Buchungs- und des Eincheck-Systems;
- Angleichung der Ticketpreise zu Flugzielen von BündnispartnerInnen;
- Schaffung eines gemeinsamen "Vielfliegerprogramms" (FFP);
- Gleiches Angebot betreffend zusätzliche Passagierservices aller BündnispartnerInnen;
- Vereinheitlichung der Flotte und Reparaturkapazitäten;
- Einbindung und Aufteilung anderer Aktivitäten.

10. LUFTTRANSPORTINFRASTRUKTUR

Zur Lufttransportinfrastruktur gehören Gebäude, Objekte und Einrichtungen, welche direkten Einfluss auf die Organisation und das Management des Flugverkehrs im Luftraum oder auf dem Boden haben bzw. das Verschieben und Warten von Flugzeugen auf Flughäfen erlauben. Man kann die Infrastruktur in drei Teile gliedern:

- Der Luftraum ist ein dreidimensionaler Raum über einem Staatsgebiet mit einer bestimmten Höhe, welcher für den Flugverkehr genutzt werden kann. Dieser Luftraum darf von all jenen für Flüge genutzt werden, welche sich an die im nationalen Recht jedes Landes festgeschriebenen Bedingungen halten sowie die Flugregeln betreffend die Bewegungsverfahren im Luftraum beachten, die in internationalen Abkommen festgeschrieben sind.
- Der Flughafen, welcher aus einer territorial festgelegten und in geeignetem Maße angepassten Fläche besteht, auf welcher sich Gebäude und Einrichtungen befinden, die dem Zweck des Startens und Landens von Flugzeugen sowie zur Gewährleistung aller in diesem Zusammenhang notwendigen Flugzeugbewegungen dienen.
- Luftservices stellen die Sicherheit und Kontinuität von Flügen im Luftraum jedes Staates sicher.

10.1. Klassifikation von Flughäfen

In der Tschechischen Republik werden Flughafen als solche in verschiedene Kategorien eingeteilt:

Nach ihren technischen Voraussetzungen, Betriebsbedingungen und ihrem Hauptzweck:

- **Nationale Flughäfen:** Sind ausschließlich auf die Durchführung nationaler Flüge ausgelegt (innerhalb eines Landes);
- **Internationale Flughäfen:** Diese sind so gestaltet und ausgerüstet, dass man über sie nicht nur auf nationale, sondern auch grenzüberschreitende Flüge durchführen kann. Zu ihrer Ausstattung gehören Einrichtungen zu Pass-, Zoll-, Gesundheits- und andere Kontrollen.

Nach ihrer Nutzergruppe:

- **Öffentlich:** Flughäfen, welche im Rahmen ihrer Betriebskapazität alle Flugzeuge aufnehmen können;
- **Nicht-öffentlich:** Flughäfen, deren Nutzergruppe auf den Vorschlag der Betreiber hin festgelegt wird;

- **Militärisch:** Flughäfen, welche ausschließlich von der Armee genutzt werden.

Nach der Art des Luftverkehrs am Flughafen:

- Transportflughäfen, Sportflughäfen, Unternehmensflughäfen, Experimentelle Flughäfen, Flughäfen für landwirtschaftliche Zwecke usw.

10.2. Bewegungsflächen auf Flughäfen

Am Boden werden Flugzeuge in der Regel auf Oberflächen aus Asphalt oder Beton (sehr häufig) bewegt. Diese Bewegungsflächen lassen sich einteilen in:

- **Start- und Landebahn (RWY):** Eine speziell festgelegte rechteckige Fläche auf einem Flugplatz, welche auf das Starten und Landen von Flugzeugen ausgerichtet ist.
- **Rollbahn (TWY):** Ein bestimmter Weg für Flugzeuge auf dem Flughafen, welcher die Start- und Landebahnen mit Flugfeldern, Hangars, Terminals und anderen Einrichtungen verbindet.
- **Flugfeld (APN):** Das Gebiet in der Nähe eines Terminals und Hangars, welches mit Flughafenstandplätzen ausgestattet ist, auf welchen man Flugzeuge wartet, mit Gütern be- und entlädt, PassagierInnen an oder von Board bringt usw.

Start- und Landebahnen (RWY) lassen sich in diese Kategorien unterteilen:

- **Start- und Landebahnen ohne Unterstützung durch Instrumente:** vorgesehen für den Flugzeugbetrieb auf Sicht (Sichtflugregeln).
- **Start- und Landebahnen mit Unterstützung durch Instrumente:** vorgesehen für den Flugzeugbetrieb mittels Instrumentenflugregeln (IFR).

10.3. Betriebseinrichtungen auf Flughäfen

Zusätzlich zu den technischen Einrichtungen, welche zum Organisieren des Flugverkehrs eingesetzt werden (vor allem in der Phase, wenn ein Flugzeug sich der Start-/Landebahn nähert), verfügen Flughäfen über bestimmte visuelle und zur Navigation dienende Hilfsmittel, welche die Nutzung des Luftraums auch bei eingeschränkter Sicht ermöglichen:

- Anzeigegeräte und Signale (zB Windrichtungsanzeige);
- Markierungen auf Bewegungsflächen (zB Grenzen, Entfernungsmarkierungen oder Mittelstreifen auf der Start- und Landebahn);
- Beleuchtungssysteme (Instrumente, welche ausschließlich auf Start- und Landebahnen zum Einsatz kommen):
 - **Anflugbefeuerungssystem:** dienen zur visuellen Orientierung von der PilotInnen auf der Start- und Landebahn;
 - **Präzisionsanflugbefeuerungssystem:** liefert den PilotInnen Anleitungen, die ihnen dabei helfen, die korrekte Höhe beim Anflug auf den Flughafen (auf vertikaler Ebene) zu erreichen und zu halten (zB PAPI System);
 - **Beleuchtungssysteme von Start- und Landebahnen:** Diese Beleuchtung zeigt zB die Grenzen der und den Mittelstreifen einer Start- und Landebahn an.

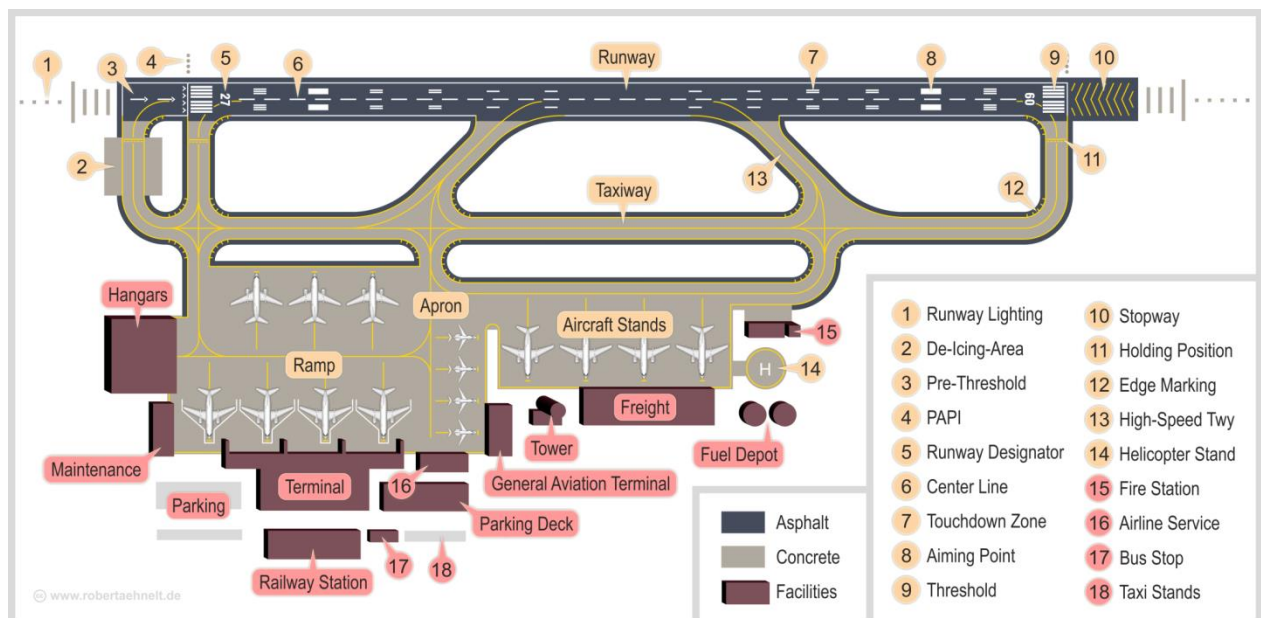


Abb. 9: Infrastruktur eines Flughafens, welcher für die zivile Luftfahrt genutzt wird (Autor: CellularDoor85 (Robert Aehnel). - Own work., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16561926>)

10.4. Flughafenterminals

Ein Flughafenterminal ist ein Gebäude am Flughafen, an welchem die PassagierInnen von dem Bodentransport auf Einrichtungen umsteigen, welche das Ein- bzw. Aussteigen in das Flugzeug ermöglichen. In einem Flughafenterminal kaufen PassagierInnen ihre Tickets, geben dort ihr Gepäck auf und gehen durch die Sicherheitskontrolle.

Ein Terminal gliedert sich in verschiedene Abschnitte:

- Abflug- und Ankunftshallen;
- Bereich vor den Sicherheitskontrollen: Der öffentlich zugängliche Teil eines Terminals, wo sich Personen frei bewegen können;
- Bereich nach den Sicherheitskontrollen: Der nicht frei zugängliche Teil eines Terminals, in welchem sich nur Personen aufhalten dürfen, welche eingeecheckt und die Zoll-, Sicherheits- und Passkontrolle durchlaufen haben.

10.5. Luftverkehrskontrolle

Die Luftverkehrskontrolle (ATC) ist eine Dienstleistung, welche Einrichtungen am Boden für Flugzeuge erbringen, die sich in einem kontrollierten Luftraum oder auf einem kontrollierten Flughafen befinden. Der Hauptzweck der Luftverkehrskontrolle ist es, sowohl an Land als auch in der Luft Zusammenstöße zu vermeiden. Allerdings dienen die MitarbeiterInnen der Luftverkehrskontrolle die PilotInnen auch mit anderen Services, zB der Lieferung von Informationen oder Unterstützung bei der Navigation. Die Services der Luftverkehrskontrolle werden in der Regel von drei spezialisierten Zentren bereitgestellt, welche eng miteinander zusammenarbeiten:

- Der Tower (TWR): KontrolleurInnen im Tower sind für den sicheren Verkehrsablauf auf der Start- und Landebahn, den Rollbahnen und in einer Kontrollierten Zone (CTR) verantwortlich, bei welcher es sich um den Luftraum in unmittelbarer Nähe des Flughafens handelt.
- Anflugkontrolle (APP): Ihre Aufgabe ist es, einen sicheren und flüssigen Luftverkehr in dem vom Terminal kontrollierten Gebiet zu gewährleisten, welches der Luftraum in der weiteren Umgebung des Flughafens ist.
- Gebietskontrollzentrum (ACC): Dieses dient zur Luftverkehrskontrolle in einem entsprechenden Kontrollbereich. In der Regel ist dies ein großer Bereich des kontrollierten Luftraums, manchmal sogar jener des ganzen Landes.

10.6. Luftraum

Nach den darin stattfindenden Bewegungen (zB Flügen) unterscheidet man zwei Hauptarten von Lufträumen:

- kontrollierter Luftraum;
- unkontrollierter Luftraum.

In Zusammenhang mit dem Lufttransport wird der Luftraum darüber hinaus in verschiedene Gebiete, Segmente, Sperrzonen, temporär reservierte Bereiche usw. unterteilt, welche die Flugrouten in der Luft vorgeben.

Die Flüge selbst werden von FlugdienstberaterInnen der Luftverkehrskontrolle (ATC) koordiniert, welche vor allem die vertikalen und horizontalen Abstände zwischen einzelnen Flugzeugen in einem kontrollierten Luftraum überwachen.

II. LUFTFRACHTTRANSPORT

II.1. Hauptarten von Luftfrachtbeförderung

- Zusätzlicher Frachttransport auf planmäßig durchgeführten Passagierflügen, für den das freie Volumen im Gepäckraum im Bauch des Flugzeugs genutzt wird.
- Planmäßiger Frachttransport von Frachtflugzeugen, welcher in der Regel von großen Flugzeugen durchgeführt wird, die für eben diesen Zweck konzipiert sind.
- Chartermäßiger Frachttransport, sprich Mieten der gesamten Kapazität eines Frachtflugzeugs. Diese Methode wird oft für die Beförderung von lebenden Tieren, Hilfsgütern nach Naturkatastrophen und ähnlichem verwendet.

Frachtarten

- Einzellieferungen;
- Unit Load Devices: Paletten oder Container für den Lufttransport;
- Kombination aus beiden.

II.2. Annahme von Gütern für den Lufttransport

Allgemeine Bedingungen und Schritte:

- Ein Absender/eine Absenderin erklärt sich mit den Lieferbedingungen einer Fluglinie einverstanden (zB den IATA-Bedingungen für die Frachtbeförderung): Das Frachtgut muss daher mit diesen allgemeinen Bedingungen konform sein.
- Waren, welche zum Transport aufgegeben wurden, müssen alle Anforderungen erfüllen (richtig verpackte und gesicherte Sendungen, Vorhandensein nötiger Dokumente usw.)
- Sendungen spezieller Natur müssen auch die speziellen Anforderungen an den Transport der jeweiligen Warengattung erfüllen.
- Der Transport bestimmter Güter darf nicht gesetzlich verboten sein bzw. andere Regeln des betreffenden Landes verletzen.

- Eine Lufttransportgesellschaft oder deren AgentInnen wählen nach der Überprüfung der Güter einen geeigneten Tarif aus und stellen der Kundschaft einen Luftfrachtbrief aus. Das tatsächliche Beförderungsentgelt wird nach den Air Cargo Tariff and Rules (TACT) bzw. auf Grundlage einer speziellen Preisliste ausgewählt.

II.3. Luftfrachtbrief (AWB)

Dies ist das wichtigste Dokument im Luftfrachttransport, welches von der Lufttransportgesellschaft oder deren AgentInnen ausgestellt wird. Der Luftfrachtbrief dient:

- als Nachweis, dass zwischen dem Absender/der Absenderin und der Lufttransportgesellschaft in wechselseitigem Einvernehmen ein rechtsgültiger Vertrag zur Warenbeförderung zustande kam;
- als Beweis dafür, dass die Waren zum Transport übernommen wurden;
- als Rechnung;
- als (möglicher) Zahlungsnachweis von Prämien;
- zur Zolldeklaration;
- als Informationsquelle (betreffend die Gültigkeit, Transportabwicklung, Abfertigung und Zustellung der Lieferung usw.)

Der Luftfrachtbrief besteht aus drei Originalen und Kopien. Die Originale werden als offizielle Dokumente an den Hauptfrachtführer, den Absender/die Absenderin sowie den Empfänger/die Empfängerin ausgehändigt. Die verbleibenden Kopien gehen an all jene RechtsträgerInnen, welche in den Transportprozess involviert sind.

II.4. Air Cargo Tariff and Rules (TACT)

Der Luftfrachttarif wird durch das TACT-Dokument geregelt, welches den Frachtsatz pro Kilogramm Ladegut oder den geringstmöglichen Frachtsatz für bestimmte Transportrouten festsetzt. Die Berechnung der Lieferkosten folgt eigenen Regeln, wobei die Frachtart und deren Dimensionen berücksichtigt werden. Die folgenden Frachtsätze werden angewendet:

- General Cargo Rates (GCR): Diese gelten für die Beförderung von Gütern, welche unter keine andere Tarifklasse fallen.
- Specific Commodity Rates (SCR): Kommen bei bestimmten Ladegutarten zur Anwendung, welche mit einem vierstelligen Code im TACT-Dokument aufscheinen.
- Class Rates (CR): Diese Frachtsätze gelten nur für jene Güter, welche im TACT-Dokument aufgelistet sind. Dazu gehören:

- Lebende Tiere, Wertgegenstände, menschliche Überreste in Särgen und Urnen, Zeitungen und Zeitschriften, als Fracht aufgegebenes Gepäck usw.

Besondere Tarifkonzepte:

- "Haus-zu-Haus"-Tarif,
- Express-Tarif,
- Pauschaltarif pro Stück/Einheit,
- vertraglich festgelegte Frachtsätze,
- Tarife für Luftfrachtcontainer und -paletten (ULDs).

Im Rahmen des Sendungstransports können zusätzliche Abgaben wie zB eine Gebühr für die Ausstellung des Luftfrachtbriefs, Zollfreigabe, Ursprungszertifikat usw. anfallen.

II.5. Unit Load Devices (ULDs)

Hierbei handelt es sich standardisierte Luftfrachtcontainer und -paletten, welche von der IATA genehmigt wurden. Der Preis für den Transport von Containern und Paletten gilt bis zu einer bestimmten Gewichtsgrenze (Pivot-Gewicht).

- Ein Luftfrachtcontainer ist eine kompakte box, welche aus verschiedenen Materialien gefertigt sein kann (Karton, Faserplatten, Metall, Kunststoff). Die Wände des Containers sind fest. Ein Container entspricht einer Transporteinheit, welche große Mengen von Packungen (allgemeine Fracht) umfasst.
-
- Eine Palette ist eine Plattform aus kompaktem oder nicht-kompaktem Material, auf welcher einzelne Sendungen abgestellt werden. Der Verbund aus Plattform und dem darauf befindlichen Ladegut bildet eine Transporteinheit. Eine Palette hat Griffe und die Waren sind mit Draht befestigt.

Containerart	Inhalt	Lineare Dimensionen (Grundbreite/Gesamtbreite × Tiefe × Höhe)
LD1	4.90 m ³	156 / 234 × 153 × 163 cm
LD2	3.40 m ³	119 / 156 × 153 × 163 cm
LD3	4.50 m ³	156 / 201 × 153 × 163 cm
LD3-45	3.50 m ³	143 / 243 × 142 × 109 cm
LD6	8.95 m ³	318 / 407 × 153 × 163 cm
LD8	6.88 m ³	244 / 318 × 153 × 163 cm
LD11	7.16 m ³	318 × 153 × 163 cm
Palettenart	Inhalt	Lineare Dimensionen
LD8	6.88 m ³	153 × 244 cm
LD11	7.16 m ³	153 × 318 cm
LD7 (2 Palettenvarianten)	10.8 m ³ 11.52 m ³	224 × 318 cm 244 × 318 cm

Tab. 1: Beispiele vereinheitlichter ULDs und ihre Charakteristika

II.6. Frachtterminals auf Flughäfen

Frachtterminals für Luftfracht werden (unter anderem) zur Lagerung und Abwicklung von Lieferungen genutzt. Sie müssen insbesondere über die folgende Ausstattung verfügen:

- **Ein LKW-Zentrum:** Ein Terminal muss zumindest an eine Art von Straßentransportinfrastruktur angebunden sein, damit die Paletten direkt und automatisiert vom Flugzeug auf LKWs bzw. umgekehrt verladen werden können.
- **Ein automatisiertes Lager für Luftfrachtcontainer und -paletten, welches über einen Gabelstapler verfügt** – ähnlich zu anderen Logistikzentren und Terminals anderer Transportarten.
- **Röntgenapparate** zur Überprüfung von Lieferungen ab einer bestimmten Größe.
- **Kühl- und Gefrieranlagen** für die Lagerung verderblicher Waren.
- **Andere spezielle Bereiche:** Zonen für lebende Tiere, Gefahrgüter oder radioaktive Lieferungen.

12. LUFTFRACHTLIEFERUNGEN

12.1. Luftfracht: Arten von Sendungen

- Einzelne Kommissionierungen (Lieferungen) und Sendungen in Containern (ULD), welche als subsidiäre Transportgüter neben Post und Gepäck auf Passagierflugzeuge verladen werden, mit welchen Flüge gemäß eines Flugplans durchgeführt werden.
- Einzelne Kommissionierungen (Lieferungen) und Sendungen in Containern oder auf Paletten (ULD): Frachttransporte, welche planmäßig oder außerplanmäßig über Frachtrouten durchgeführt werden (Fast alle FrachtführerInnen konzentrieren sich auf den reinen Frachttransport).

Eine andere Kategorisierung von Sendungen sieht wie folgt aus:

- gewöhnliche Lieferungen (geringwertige Güter);
- Lieferungen, welche besondere Behandlung benötigen.

12.2. Lieferungen besonderer Natur

Bei solchen Gütern ist es notwendig, den Transport bereits im Vorfeld anzufragen, insbesondere deshalb, um auf dem Flugzeug einen Platz für die Lieferung zu reservieren. Zu Lieferungen besonderer Natur gehören:

- **Der Transport von Gefahrgütern:** Dieser erfolgt gemäß den Gefahrgutregelungen der IATA (IATA DGR).
- **Der Transport lebender Tiere:** Dieser erfolgt gemäß spezifischer IATA-Beförderungsvorschriften (LAR Leitfaden), an welche sich sowohl die Spedition als auch die teilnehmenden Fluglinien zu halten haben. Im LAR-Leitfaden sind mitunter folgende Informationen festgehalten:
 - Tierärztliche Vorschriften einzelner Länder
 - Anforderungen an Transportboxen (Platz, Belüftung, doppelter Boden...)
 - Anwesenheit des Tierhalters/der Tierhalterin
 - Schutzimpfungen
 - Dokumentation usw.

- **Transport verderblicher Waren:** Hierzu zählen all jene Güter, welche aufgrund von Temperaturunterschieden sehr wahrscheinlich ihre Eigenschaften ändern und deshalb während des Transports eine besondere Behandlung benötigen. Diese Sendungen müssen mit einem "Perishable"-Etikett versehen werden. Handelt es sich um Flüssigkeiten, wird zudem ein Etikett mit der Aufschrift "This Side Up" angebracht.
- **Transport von Wertgegenständen:** Hierbei handelt es sich um Objekte und Waren, welche gemeinhin als wertvoll, teuer, geschützt usw. bezeichnet werden. Darunter fallen insbesondere Güter, welche 1.000 Dollar oder mehr kosten.
- **Transport von fragilen und leicht zerbrechlichen Objekten:** Diese bedürfen im Zuge der Abfertigung und Beförderung besonderer Aufmerksamkeit. Diese müssen in zwei innere und zwei äußere Schichten eingepackt werden, deren Zwischenräume mit stoßfestem Material ausgefüllt werden müssen. An solchen Sendungen muss ein Etikett mit dem Aufdruck "Fragile Handle with Care" angebracht werden.
- **Transport von Gütern, welche nicht umgedreht werden dürfen:** An diesen muss ein Etikett mit dem Aufdruck "This Side Up" angebracht werden. Bei solchen Gütern handelt es sich zumeist um Flüssigkeiten, welche in der Regel in zwei Container gepackt werden; die Zwischenräume werden mit absorbierendem Material gefüllt; 90% des Containers werden mit Flüssigkeit gefüllt.
- **Transport menschlicher Überreste:** Eingäscherte menschliche Überreste bedürfen eines Einäscherungszertifikats. Sterbliche Überreste, welche nicht verbrannt wurden, müssen in einem versiegelten Blei- oder Zinksarg transportiert werden, welcher sich wiederum in einem Holzsarg befinden muss. Dieser kann darüber hinaus in eine Plane eingewickelt oder zumindest damit bedeckt werden, damit die Art der Lieferung nicht auf den ersten Blick erkennbar ist. Leichen werden stets in einem eigenen Frachtabteil des Flugzeugs transportiert, sprich getrennt von anderen Gütern.
- **Transport von Waffen und Munition:** Waffen jeder Art können als Transportgut auf internationalen Flügen zugelassen werden, wenn die Zielländer deren Einführung in anwendbarem Recht erlauben. Darüber hinaus müssen der Sendung alle Dokumente beigelegt werden, welche für den Export, Import und Durchgangsverkehr benötigt werden. Außerdem muss hängt die Beförderung davon ab, ob diese den Regeln der an der Lieferung beteiligten Lufttransportgesellschaften entspricht. Für die Transport-zulassung von Munition gelten die Bedingungen, welche in den IATA DGR niedergeschrieben sind. Beim Export solcher Sendungen sind extreme Sicherheits-vorkehrungen zu treffen.

- **Transport feuchter Waren:** Feuchte Güter (aus welchen während des Transports Flüssigkeiten oder Dunst entweichen können) werden nur zur Beförderung zugelassen, wenn sie in wasserdichte Container verpackt sind. Hierbei handelt es sich vor allem um gekühlte Güter, frische Blumen, Früchte und Gemüse.
- **Transport sperriger Güter:** Ihre Zulassung zum Transport hängt davon ab, ob sie in das Frachtabteil des Flugzeugs passen und ob genug Platz dafür verfügbar ist.
- **Transport von Teillieferungen:** Wenn sich eine schwere oder überschwere Sendung, welche aus mehreren Teilen besteht, nicht auf ein Flugzeug verladen lässt, muss diese im Zuge zweier oder mehrerer Einzellieferungen, welche von Flugzeugen derselben Fluglinie durchgeführt werden, an den Erfüllungsort transportiert werden.
- **Transport schwerer Güter:** Hierbei handelt es sich um Lieferungen, welche das maximal zulässige Gewicht pro Quadratmeter Bodenfläche übersteigen. Solche Sendungen müssen auf eigens darunter ausgebreiteten Materialien platziert werden, um so deren Gewicht auf eine größere Fläche aufzuteilen.
- **Unbegleitetes Gepäck oder Gepäck, das als Fracht aufgegeben wird:** Wenn PassagierInnen über die erlaubte Freigepäckgrenze kommen (20 kg bis 30 kg), müssen sie eine zusätzliche Gebühr für das überschüssige Gepäck bezahlen. Darüber hinaus dürfen PassagierInnen unbegleitetes Gepäck aufgeben, wodurch dieses einen Frachtstatus erhält.

LITERATUR

PRUŠA, J. *Svět letecké dopravy*. Vyd. 1. Praha: Galileo CEE Service ČR, 2007. 315 s. ISBN 9788023992069.

SEDLÁČEK, B., *Letecká doprava*, Žilinská univerzita Žilina 2000 80-7100-674-2.

SMRŽ, V., *Letecká doprava*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. 198 s. ISBN 978-80-7204-741-3.

ŽEMLIČKA, Z. *Doprava a přeprava*, NADATUR, Praha 2008 ISBN 80-7270-030-8.

ŽIHLA, Z., *Technologie a řízení letecké dopravy*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2000. 141 s. ISBN 80-7194-291-X.