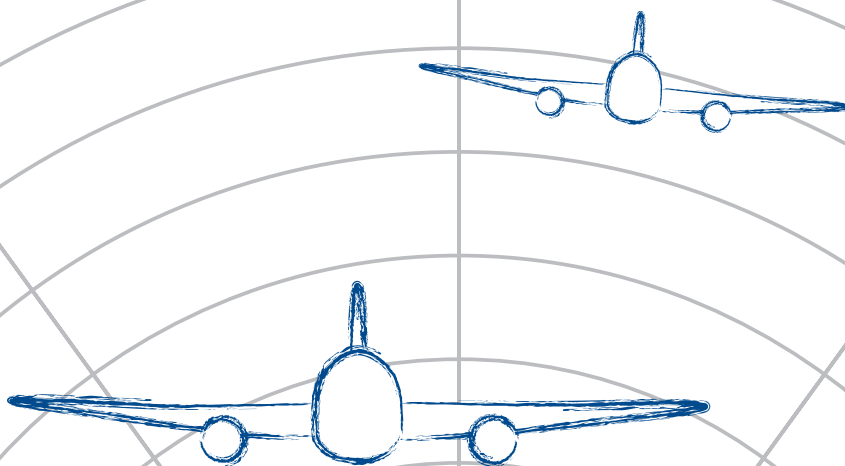
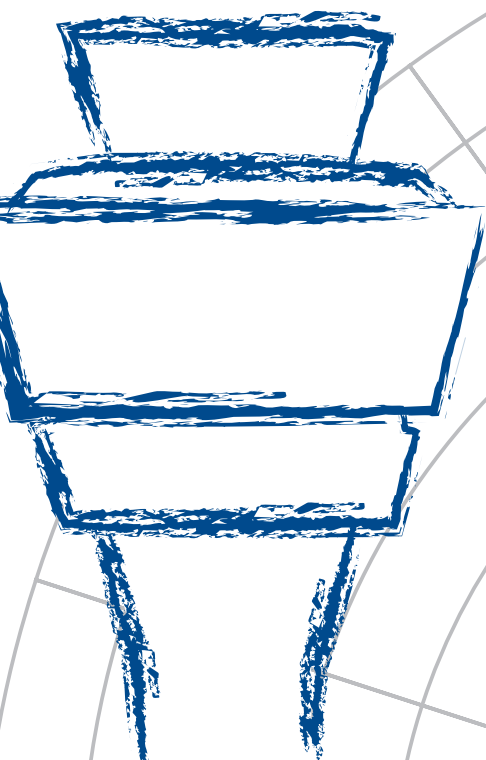




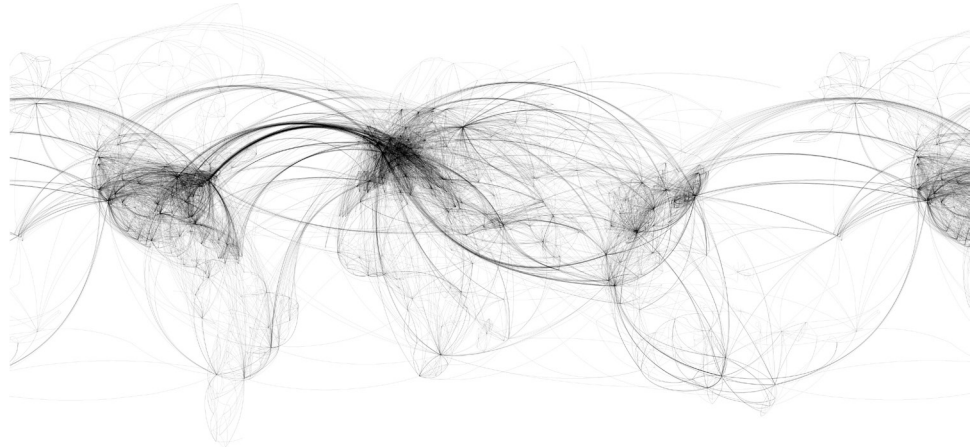
KAPITEL 4

Flugverkehr

- Flugverkehr – ein gigantisches Unterfangen
- Pilot und Tower beim Start
- Pilot und Tower bei der Landung
- Kontrolle des Luftraums

4.1 Flugverkehr – ein gigantisches Unterfangen

Nach Angaben des ACI (Airport Council International) benutzen mehr als fünf Milliarden Menschen jährlich ein Flugzeug, um an ihr Reiseziel zu kommen. Das heißt: In jeder Sekunde besteigen 158 Fluggäste irgendwo auf der Welt ein Passagierflugzeug. Dazu kommen der militärische Luftverkehr und Frachtflüge, die Güter rund um die Welt transportieren. Alles zusammen ergibt ein riesiges Aufkommen an Flugbewegungen rund um den Globus. Dieser Flugverkehr bewegt sich entlang fester Routen.



Karte weltweiter Flugrouten im Passagierluftverkehr

Passagierzahlen der zehn größten Verkehrsflughäfen

1. Atlanta
92.365.860
2. Peking
77.403.668
3. London Heathrow
69.433.565
4. Chicago
66.561.023
5. Tokio
62.263.025
6. Los Angeles
61.848.449
7. Paris Charles de Gaulle
60.970.551
8. Dallas
57.806.152
9. Frankfurt am Main
56.436.255
10. Hongkong
53.314.213

Die koordinierte Abwicklung des Luftverkehrs erfordert Flughäfen als feste Abflug- bzw. Ankunftsorte. Große, internationale Flughäfen verbinden dabei Länder und Kontinente, regionale Verbindungen über kleinere Flughäfen machen das Flugverkehrsnetz dichter. Der größte Flughafen der Welt mit rund 90 Millionen Passagieren jährlich ist Atlanta, USA. In Europa verzeichnen drei Flughäfen mehr als 50 Millionen Passagiere im Jahr: London Heathrow, Paris Charles de Gaulle und Frankfurt am Main. Viele interessante Zahlen rund um das Thema Flugverkehr finden Sie im Internet unter de.globometer.com/flugzeug.php.

Die Überwachung des Luftverkehrs wird als Flugsicherung bezeichnet. Die folgenden Lerneinheiten ermöglichen einen Blick hinter die Kulissen: auf die Besonderheiten bei Start und Landung eines Flugzeugs sowie auf die Kommunikation zwischen den Piloten im Flugzeug und den Fluglotsen am Boden.

4.2 Pilot und Tower am Start

Mit dem Abheben (engl.: take off) des Flugzeugs beginnt die Flugphase. Der Startvorgang ist der Vorgang vor dem Steigflug. Im Moment des Abhebens ist die Auftriebskraft gerade etwas größer als die Schwerkraft auf die Maschine. Die Startgeschwindigkeit (Abhebegeschwindigkeit), bei der die Auftriebskraft gerade die Schwerkraft übersteigt, erreicht ein Flugzeug im Regelfall durch die Beschleunigung auf der Startbahn.



Schlepperfahrzeug

Für einen erfolgreichen Start eines Verkehrsflugzeugs sind mehrere Schritte notwendig:

- Der Pilot informiert sich im Zuge der Flugplanung beim Wetterdienst über das Wetter am Abflugort, auf der Flugstrecke, am Zielflughafen und an Ausweichflughäfen. Mögliche Vereisungsbedingungen werden ebenfalls diskutiert.
- Bei großen Fluggesellschaften berechnet der Flugdienstberater anhand des Abfluggewichts, der Wetterlage, des Flugzeugtyps usw. die günstigste Flugroute, die Flughöhe und den daraus resultierenden Treibstoffbedarf und liefert die Unterlagen an den Piloten. Bei kleinen Fluggesellschaften muss der Pilot diese Berechnungen selbst ausführen.
- Der Pilot ist verantwortlich dafür, dass er über alle relevanten Informationen, sowie über die Einsatzbereitschaft des Flughafens informiert ist. Diese Informationen sind im „Notice To Air Men“ zusammengefasst (s. auch Lerneinheit 3.1).
- Der technische Status der Maschine (eventuelle Fehlermeldungen, Reparaturmaßnahmen usw.) werden im Logbuch (engl.: TechLog – technical logbook) dokumentiert. Fehler, die der Pilot am System feststellt, trägt er ins TechLog ein. Sind dort keine Besonderheiten notiert, kann der Pilot davon ausgehen, dass die technischen Systeme der Maschine einwandfrei in Ordnung sind. Die Entscheidung für den Start bei den gegebenen Rahmenbedingungen trägt der Pilot ganz alleine! Fehler, die nach dem Start auftreten, werden nach Checklisten abgearbeitet. Während des Flugs hat der Pilot die alleinige Entscheidungskompetenz.
- Vor dem Start führt der Pilot eine Vorflugkontrolle durch und überzeugt sich dabei vom Zustand seiner Maschine. Die Schritte bei dieser Vorflugkontrolle sind in Checklisten vorgeschrieben.
- Nach der Anlassfreigabe durch den Tower werden die Triebwerke des Flugzeugs gestartet. Im Regelfall bekommt die Maschine in der Parkposition die notwendige elektrische Energie über Kabel („Bodenstrom“), z. B. von einem Generatorwagen. Der Tower erteilt die Streckenfreigabe – das ist die Zuweisung der Rollstrecke und der Startbahn.



Flugzeug beim Start



Fluglotse bei der Arbeit

- Nach der Rollfreigabe wird das Flugzeug in eine Position geschoben, von der aus es mit seinen laufenden Triebwerken selbst rollen kann. Das Flugzeug bewegt sich vom Vorfeld zur Piste.
- Der Tower erteilt dem Piloten die Aufrollfreigabe und das Flugzeug rollt in die Startposition am Anfang der Startbahn.
- Die Ruder, die Klappen und die Vorflügel des Flugzeugs befinden sich in der Startstellung. Die Landeklappen sind in der Startphase etwas ausgefahren, um die Auftriebswerte der Tragflächen bei den relativ kleinen Startgeschwindigkeiten zu erhöhen und einem Strömungsabriss entgegenzuwirken.
- Nach der Erteilung der Startfreigabe durch den Tower stellt der Pilot seine Triebwerke auf Startschub. Bei den meisten Flugzeugen ist während der Startphase die höchste Triebwerksleistung erforderlich. Im Regelfall liegt die Startleistung bei 75 bis 100 Prozent der Maximalleistung der Triebwerke.
- Ab einer bestimmten Geschwindigkeit kann der Pilot durch Ziehen am Steuerknüppel über das Höhenruder den Anstellwinkel des Flugzeugs so verändern, dass der Auftrieb an den Tragflächen die Schwerkraft auf das Flugzeug übersteigt und das Flugzeug abhebt. Vor dem Abheben könnte der Pilot theoretisch den Start noch abbrechen, wenn die Startbahn lang genug wäre. Für alle Landebahnen gibt es abhängig vom Flugzeugtyp eine sogenannte Entscheidungsgeschwindigkeit. Wird diese erreicht, genügt die restliche Startbahn nicht mehr, um das Flugzeug kontrolliert abzubremesen – in diesem Fall muss der Pilot auf jeden Fall abheben.
- Das Fahrwerk wird eingezogen, um den Luftwiderstand der Maschine zu verkleinern.
- Die Maschine steigt bei relativ großem Anstellwinkel auf die vorgegebene Anfangsflughöhe. Nach dem Kontakt mit der Abflugkontrolle erfolgt die Freigabe für den weiteren Steigflug und ggf. eine Kurskorrektur in Abhängigkeit von der aktuellen Verkehrslage.
- In den Wintermonaten muss der Enteisungsdienst auf dem Flughafen vor dem Start dafür sorgen, dass die Oberfläche des Flugzeugs von Schnee und Eis befreit wird. Eine gelartige Flüssigkeit auf Alkoholbasis sorgt dafür, dass sich eine zeitlang kein neues Eis bildet. Die Zeit zwischen dieser Enteisungsaktion und dem anschließenden Start nennt man „hold over time“ (HOT). Sie darf eine gewisse Zeit, die man Tabellen entnehmen kann, nicht überschreiten (s. auch 8.2 und 9.6 Enteisung).

Aufgabe 4.2.1

- a| Warum starten Flugzeuge wenn möglich immer gegen den Wind?
- b| Warum liegen die meisten Landebahnen in Europa in Ost-West-Richtung?
- c| Welche Probleme hat ein Flugzeug, wenn es bei Seitenwind landen muss?

4.3 Pilot und Tower bei der Landung



Ein wesentliches Problem bei der Landung ist der Abbau der kinetischen Energie.

Aufgabe 4.3.1

Diskutieren Sie die Phasen der Landung. Gehen Sie dabei auf folgende Fragen ein:

- a | Wie leitet man einen Sinkflug ein?
- b | Welche Fluglage hat ein Flugzeug beim Sinkflug?
- c | Welche Lageenergie und Bewegungsenergie hat ein A380 mit 500 Tonnen Masse in 12.000 m Höhe bei einer Geschwindigkeit von Mach 0,95?
Welche Rolle spielt der Energieerhaltungssatz beim Sinkflug?
- d | Welche Rolle spielen die Landeklappen beim Sinkflug und der Landung?
- e | Was versteht man unter einem Strömungsabriss und wann besteht die Gefahr eines Strömungsabrisse?
- f | Welchen Anstellwinkel hat ein Flugzeug kurz vor dem Aufsetzen?
- g | Wie erfolgt das Aufsetzen der Maschine? Welche Rolle spielen die Störklappen?
- h | Das Flugzeug hat kurz vor der Landung eine hohe Bewegungsenergie und einen hohen Impuls. Wie groß ist der Impuls des A380 vor dem Aufsetzen bei einer angenommenen Landegeschwindigkeit von 290 km/h?
- i | Nach dem Impulserhaltungssatz kann ein Impuls weder vernichtet noch erzeugt werden. Wo steckt der Impuls des Flugzeugs nach der Landung?
- j | Wo steckt die Bewegungsenergie nach der Landung? Welche Rolle spielen Umkehrtriebwerke und wo sitzen sie an der Maschine? Warum bremst der Pilot nicht mit einfachen Scheibenbremsen?

Landungsphasen

Die Flugphase vom Landeanflug bis zum Stillstand der Maschine bezeichnet man als Landung. Diese Flugphase dauert im Regelfall zehn Minuten. Ein wesentliches Problem ist der Abbau der kinetischen Energie, z. B. durch Erhöhung des Luftwiderstands beim Ausfahren der Wölbungs- und Landeklappen. Die Landegeschwindigkeit beträgt bei Verkehrsmaschinen um 300 km/h. Die Landung besteht aus den Phasen:

**Anflug → Abfangen → Ausschweben → Aufsetzen →
Abbremsen → Ausrollen**

Umkehrschub

Die Bewegungsenergie des Flugzeugs bei der Landung ist bei großen Verkehrsflugzeugen so groß, dass man diese Flugzeuge mit den Radbremsen, die man von Autos kennt, nicht zum Stehen bringen könnte.

Direkt nach dem Aufsetzen werden Klappen an den Auslassöffnungen der Triebwerke nach unten geklappt. Diese Klappen führen dazu, dass der Triebwerksstrahl nach vorn umgelenkt wird und auf diese Weise das Flugzeug abbremst.

Störklappen

Eine Landung ist im Prinzip nichts anderes als ein geplanter „Absturz des Flugzeugs aus minimaler Höhe“. Der Pilot muss dafür sorgen, dass in dem Moment, da das Fahrwerk der Maschine den Boden berührt, der Auftrieb auf die Tragflächen möglichst schnell zusammen bricht, damit das Flugzeug am Boden bleibt und keine Windböe das Flugzeug wieder abheben lässt. Zu diesem Zweck werden im Moment des Aufsetzens sogenannte Störklappen ausgefahren, die dazu führen, dass die Luftströmung um die Tragfläche abreißt.

Strahltriebwerke

haben eine relativ lange Reaktionszeit. Würde man die Triebwerke in den Leerlauf fahren, könnte man sie in den engen Zeitfenstern beim Durchstart nicht mehr auf genügend Schub bringen. Erst unmittelbar vor dem Aufsetzen wird die Leistung auf Leerlauf reduziert.

Die Anfluggeschwindigkeit sollte das 1,3 fache der sogenannten Überziehgeschwindigkeit (von der Beladung der Maschine abhängig!) betragen (V_{REF}). Zu V_{REF} addiert der Pilot noch einen Anteil der Windgeschwindigkeit und berücksichtigt eventuelle Windböen. Die Landegeschwindigkeit darf aber die maximal zulässige Geschwindigkeit im Bezug auf ausgefahrene Landeklappen und die Belastbarkeit des Fahrwerks nicht überschreiten (V_{FE} – Flaps Extended und V_{LE} – Landing Gear Extended). Diese Grenzggeschwindigkeiten nennt man auch V_{TRG} – Target Speed oder V_{APP} – Approach Speed. Bei Verkehrsflugzeugen sind diese Randwerte in der Anflugbesprechung festgelegt.

Leichtflugzeuge landen mit dem Motor im Leerlauf (um Überschweben zu vermeiden). Bei größeren Maschinen (und schlechten Gleitzahlen) laufen die Triebwerke auf Last (45 bis 65 Prozent des maximalen Schubs) um den Sinkwinkel um 3° einhalten zu können. Zudem dürfen die Triebwerke bei einer Verkehrsmaschine nicht herunter gefahren werden, um die Möglichkeit für ein Durchstarten zu haben (s. Hinweis im Kasten).

In der Landephase führen die ausgefahrenen Landeklappen und der Anstellwinkel der Maschine auch bei der geringen Landegeschwindigkeit noch zu einem hinreichenden Auftrieb. Im Regelfall landen Verkehrsflugzeuge zunächst mit dem Hauptfahrwerk und dann erst setzt das Bugrad auf. Im Idealfall erfolgt der Anflug mit V_{APP} ; beim Überfliegen der Landebahnschwelle, in etwa 50ft Höhe, reduziert der Pilot die Geschwindigkeit auf V_{REF} und erhöht den Anstellwinkel der Maschine (Break) geringfügig. Somit reduziert sich die Sinkrate.

Damit das Flugzeug bei ausgefahrenen Landeklappen und eventuell vorhandenen Windböen nach dem Aufsetzen auch am Boden bleibt – um also Sprunglandungen zu verhindern –, werden sofort nach dem Aufsetzen Störklappen und Spoiler aktiviert, die den Auftrieb zusammen brechen lassen.

Die erste Bremsphase bei Verkehrsflugzeugen erfolgt durch Umkehrschub der Triebwerke. Dazu wird der Strahl des Triebwerks durch eine mechanische Vorrichtung nach vorne umgelenkt. Die vollständige Abbremsung erfolgt dann über Radbremsen. Sollten Probleme auftreten solange noch kein Umkehrschub aktiviert ist, kann eine Verkehrsmaschine immer noch durchstarten (Touch-and-Go).

Aufgabe 4.3.2

Beim Überschallflug erzeugt die Überlagerung der Schallwellenfronten einen sogenannten Machschen Kegel. Überschallflugzeuge müssen so gebaut sein, dass sich ihre Tragflächen im Überschallflug innerhalb dieses Machschen Kegels befinden. Deshalb haben Überschallflugzeuge nicht die gewohnte Tragflächenform, sondern sind deltaförmig gebaut. Welche Funktion haben die Schwenkflügel bei Überschallmilitärmaschinen?

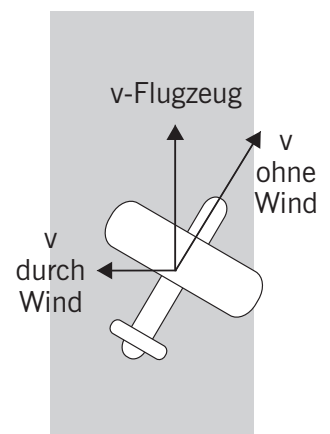


Die Tragflächen von Überschallflugzeugen sind deltaförmig.

Wind

Aus den gleichen Gründen, die beim Startvorgang diskutiert wurden, erfolgt die Landung ebenfalls, wenn immer möglich, bei Gegenwind. Sollte das nicht möglich sein, muss das Flugzeug mit einer höheren Landegeschwindigkeit aufsetzen. Anspruchsvoll ist eine Seitenwindlage bei der Landung. Die Addition des Geschwindigkeitsvektors und des Windvektors (Vektor der Windgeschwindigkeit) muss bei der Landung parallel zur Landebahn verlaufen und das Flugzeug muss sich über dem Anfang der Landebahn befinden. Nur unter diesen Bedingungen kann das Flugzeug kontrolliert aufsetzen. Das Problem besteht nun darin, dass diese Randbedingungen nur erfüllbar sind, wenn das Flugzeug mit seiner Längsachse unter einem bestimmten Winkel zur Landebahn anfliegt. Solange das Flugzeug in der Luft ist, ist das sicher kein Problem. Aber im Moment des Aufsetzens sollte die Längsachse des Flugzeugs parallel zur Landebahn orientiert sein, damit das Flugzeug auf dem fest montierten und im Regelfall nicht lenkbaren Hauptfahrwerk kontrolliert ausrollen kann.

Diese Randbedingungen führen bei Seitenwind zu teilweise spektakulären Flugmanövern. Das Flugzeug schwebt unter einem Winkel zur Landebahn an und im letzten Moment, kurz vor dem Aufsetzen, dreht der Pilot die Nase des Flugzeugs in Richtung der Startbahn. Während dieses Flugmanövers verändert sich aber der Auftrieb an den beiden Tragflächen und es besteht die Gefahr, dass die Maschine dadurch um die Längsachse rollt und eventuell eine Tragfläche dem Boden gefährlich nahe kommt. Nicht selten sind die Piloten in dieser gefährlichen Flugphase gezwungen durchzustarten (s. „Fastunfälle“ im Internet auf YouTube).



Anspruchsvoll: Seitenwind bei der Landung

4.4 Kontrolle des Luftraums

Der Begriff Anflugkontrolle ist hier missverständlich, weil die Anflugkontrolle gleichzeitig auch die Abflugkontrolle ist. Bei großem Luftverkehrsaufkommen kann die Anflug- und Abflugkontrolle auch durch unterschiedliche Lotsen überwacht werden – das Rufzeichen lautet dann nicht Radar, sondern „Departure“ und „Arrival“.



Start und Landung werden vom Tower aus überwacht.

Unmittelbar nach dem Abheben schaltet der Pilot von der Frequenz der Flugplatzkontrolle auf die Frequenz der Anflugkontrolle – Rufzeichen Radar –, die den weiteren Steigflug und das Einfügen in die gewünschte Luftstraße überwacht und lenkt. Die Fluglotsen der Anflugkontrolle sitzen im Regelfall nicht im Tower des Flughafens, sondern in Kontrollzentralen der Flugsicherung. Diese Lotsen sind ausschließlich auf das Radar angewiesen, denn sie haben keinen Sichtkontakt zu den Luftfahrzeugen.

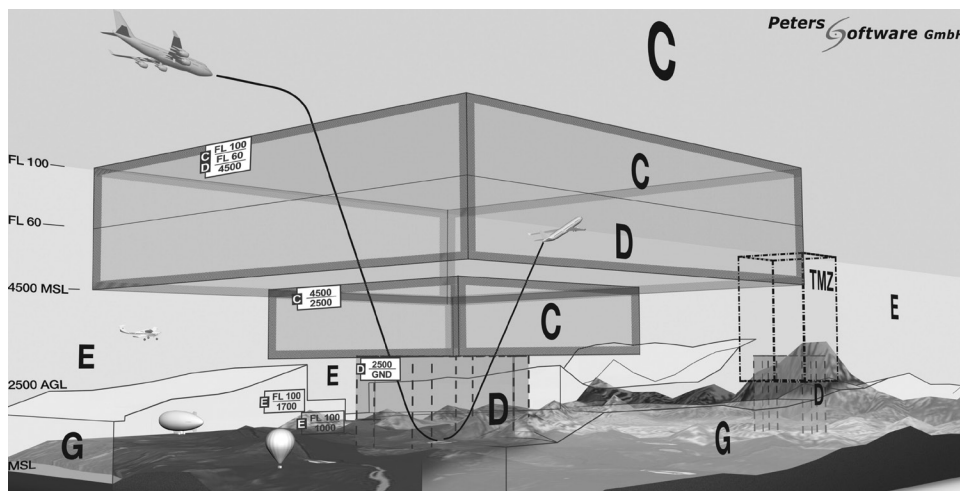
Als dritter Bereich überwacht die sogenannte Streckenkontrolle (engl.: area control ACC) die Luftfahrzeuge „auf der Strecke“. Der Luftraum wird dabei in Sektoren unterteilt, die auf einer eigenen Frequenz überwacht werden. Die Maschinen werden von Sektor zu Sektor jeweils übergeben; der Pilot muss dann bei der Übergabe die Funkfrequenz passend wechseln. Vertikal spricht man von „unteren Sektoren“ und „oberen Sektoren“.

Die Anflugkontrolle (engl.: approach control) führt den Piloten zu einem Punkt in der Nähe des Zielflughafens, von dem aus er den Anflug (eventuell mit Unterstützung elektronischer Landesysteme) selbstständig durchführen kann. Diesen Punkt nennt man Final Approach Fix. Er befindet sich etwa 8 bis 12 nautische Meilen vom Flughafen entfernt. Ab dem Final Approach Fix (FAF) meldet sich der Pilot auf der Frequenz der Flugplatzkontrolle (engl.: aerodrome control). Die Flugplatzkontrolle ist für alle Luftfahrzeugbewegungen im Flugplatzbereich (engl.: control zone) und auf dem gesamten Flughafengelände zuständig. Die Fluglotsen haben bei gutem Wetter Sichtkontakt zu den Flugzeugen, sie arbeiten aber auch mit Bodenradar- oder Sichtgeräten. Bei kleinen Flughäfen ist der Tower mit zwei Personen besetzt. Der Fluglotse (Rufzeichen Turm/Tower) führt alle Luftfahrzeuge innerhalb seiner Kontrollzone und überwacht alle Start- und Landebahnen. Zu seinen Aufgaben gehören die Ein- und Ausflugfreigabe sowie die Start- und Landefreigabe. In Zusammenarbeit mit der Anflugkontrolle legt der Lotse (in Abhängigkeit von den Wetterbedingungen, z. B. Windrichtung) die Lande- und Startrichtung fest. Sein Kollege überwacht und steuert die Bewegungen am Boden, erteilt sogenannte Streckenfreigaben und erlaubt den Start der Triebwerke.

Die Aufteilung in Flugplatz-, Anflug- und Bezirkskontrolle sowie die Sektorsierung dienen der internen Organisation der Flugsicherung und ist den Piloten nicht im Detail bekannt. Die Luftraumstruktur sieht aus der Perspektive des Fluglotsen anders aus als aus der des Piloten, wobei sie für den Instrumentenflieger wieder anders aussieht als für den Sichtflieger. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen kontrolliertem und unkontrolliertem Luftraum. Im kontrollierten Luftraum steht der Flugverkehrskontrolldienst der Flugsicherung zur Verfügung. Dort wird zwischen kontrollierten Flügen eine Staffelung erstellt. Die Piloten erhalten Kurs- und Höhenanweisungen, um das Einhalten sicherer Mindestabstände zu garantieren. Im unkontrollierten Luftraum ist

jeder Pilot selbst dafür verantwortlich, Zusammenstöße mit anderen Flugzeugen oder dem Gelände zu vermeiden. Um den Luftraum beobachten zu können, müssen Mindestwetterbedingungen für den Sichtflug eingehalten werden, die in verschiedenen Lufträumen unterschiedliche Werte haben. In den meisten Lufträumen gilt für Sichtflieger eine Mindestflugsicht von 8 km und ein Mindestabstand zu Wolken von 1,5 km horizontal und 300 m vertikal.

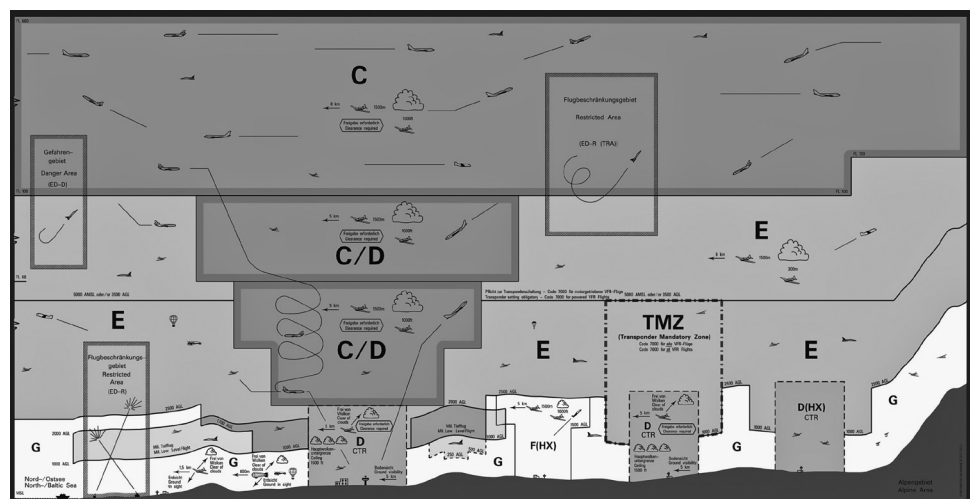
Die unterschiedlichen Bedürfnisse einer Vielzahl von Luftraumnutzern führt dazu, dass über die Einrichtung einer Luftraumstruktur eine grundsätzliche Trennung verschiedener Verkehrsarten erreicht wird. Rund um einen Verkehrsflughafen wird eine Kontrollzone (Luftraumklasse D (CTR) nach ICAO und LuftVO) errichtet, innerhalb derer alle Flugzeuge kontrolliert werden. Die Sichtflieger verlassen diese Kontrollzone und dürfen sich außerhalb in niedrigen Höhen (Luftraumklassen G und E) frei bewegen. Sie benötigen keine Freigaben und werden nicht zu anderen Flugzeugen gestaffelt. Für die Instrumentenflieger sind geschützte Anflugbereiche eingerichtet (Luftraum C oder D), in denen wie in einer Kontrollzone jedes Flugzeug eine Freigabe braucht. Gerade im An- und Abflugbereich ist die Arbeitsbelastung in einem Airlinercockpit sehr hoch, so dass für die Luftraumbeobachtung keine Zeit bleibt. In Höhen oberhalb von Flugfläche 100 (10.000ft über dem Druckniveau 1.013,25 hPa) ist wegen der hohen Geschwindigkeiten eine Luftraumbeobachtung durch die Piloten auch nicht mehr ausreichend, um rechtzeitige Ausweichmanöver einzuleiten. So wird überall dort, wo die Verkehrsdichte besonders hoch ist, oder wo besonders hohe Geschwindigkeiten geflogen werden, sicher gestellt, dass ein Fluglotse alle dort fliegenden Flugzeuge zueinander staffelt.



Dreidimensionale Darstellung des Luftraums

Überblick – vom Start zur Landung

- 1| Flugplatzkontrolle (Ground) erteilt die Anlassfreigabe (Turbinen dürfen angelassen werden) und die Streckenfreigabe (Rollstrecke wird zugewiesen).
- 2| Flugplatzkontrolle (Ground) erteilt die Rollfreigabe vom Vorfeld zur Piste.
- 3| Flugplatzkontrolle (Tower) erteilt die Aufrollfreigabe (Flugzeug darf auf die Piste rollen).
- 4| Flugplatzkontrolle (Tower) erteilt die Startfreigabe.
- 5| Nach dem Abheben und im Steigflug schaltet der Pilot von der Frequenz der Flugplatzkontrolle (Tower) auf die Frequenz der An- und Abflugkontrolle (Radar oder Departure).
- 6| Ab einem bestimmten Punkt im Streckensystem schaltet der Pilot von der Frequenz der Anflugkontrolle um auf die Frequenz der Streckenkontrolle.
- 7| Beim Streckenflug durch mehrere Sektoren schaltet der Pilot immer auf die zugewiesene Frequenz des jeweiligen Sektors.
- 8| Kommt der Pilot in die Nähe des Zielflughafens, schaltet er auf die Frequenz der Anflugkontrolle (Radar oder Arrival).
- 9| Die Anflugkontrolle überwacht und führt das Luftfahrzeug während des nun folgenden Sinkflugs zum Endanflugpunkt, dem Final Approach Fix (FAF).
- 10| Ab dem FAF wird der Pilot von der Flugplatzkontrolle (Tower) übernommen. Der Pilot schaltet hier von der Frequenz der Anflugkontrolle zur Frequenz der Flugplatzkontrolle um.
- 11| Die Flugplatzkontrolle (TOWER) überwacht den Endanflug und gibt die Landefreigabe.
- 12| Die Flugplatzkontrolle (TOWER) überwacht und lenkt das Abrollen von der Piste.
- 13| Die Flugplatzkontrolle (Ground) erteilt die Rollfreigabe zum Vorfeld bis in die Parkposition.



Der Luftraum aus Sicht des Piloten

Aus der Praxis: Vogelschlag beim Start in Frankfurt

Ort: Flughafen Frankfurt. Ein Jumbojet startet zum Flug von Frankfurt nach New York.

Es war ein normaler Startvorgang. Unmittelbar nach dem Abheben der Maschine kamen Vögel ins Blickfeld der Piloten. Dieser Schwarm Stare kreuzte die Piste, die Vögel flogen in etwa 30 Meter Höhe. Der Flugkapitän entschied sich für einen etwas steileren Abflug, um so über den Schwarm hinwegzukommen. Der Vogelschwarm flog jedoch in alle Richtungen auseinander, so dass das Flugzeug in etwa 60 Meter Höhe 20 bis 30 Vogeleinschläge hatte.

Die Cockpitscheiben waren daraufhin stark verschmiert und die Sicht durch die aufgehende Sonne sehr stark eingeschränkt. Ein Triebwerk fiel sofort aus und zwei weitere verloren an Leistung, nur noch ein Triebwerk funktionierte uneingeschränkt. Kurz darauf bemerkte die Crew, dass die kurzzeitig reduzierte Leistung der Triebwerke wieder hergestellt war und entschied daher den Steigflug fortzusetzen.

Zum Zeitpunkt des Vorfalls lagen keine Informationen über Vogelschwärme im Umfeld des Flughafens vor. Auch vom Tower aus waren keine Vogelschwärme in Start- und Landebahnnähe auszumachen.

Nach dem Abheben des Flugzeugs beobachteten die zuständigen Fluglotsen im Tower, dass die Maschine sich zuerst im Steigflug befand und wenige Sekunden später in einen leichten Sinkflug überging. Die Lotsen bewerteten diese Flugphase als äußerst kritisch. Unmittelbar danach baten die Piloten, sofort umkehren zu dürfen. Die Lotsen beobachteten dann, dass das Flugzeug mit ausgefahrenem Fahrwerk weiterflog und langsam an Höhe gewann.

Der zuständige Towerlotse wies daraufhin die Anflugkontrolle (die Radarlotsen) sofort an, den gesamten Endanflug zum Flughafen Frankfurt von anderen Luftfahrzeugen freizuhalten bzw. darauf befindliche umzuleiten, er alarmierte die Flughafenfeuerwehr und forderte beim Flughafen Kehrmaschinen zur Pistenreinigung an. Gleichzeitig wurden sämtliche Abflüge gestoppt, so dass für die zurückkehrende Maschine alle Landeoptionen zur Verfügung standen. Die durch Vogelschlag beschädigte Maschine konnte sicher landen.



Gefahr beim Start: ein aufsteigender Vogelschwarm

Aufgabe 4.4.1

Recherchieren Sie den Flugverkehr über Europa, z. B. bei www.flightradar24.com/
https://stanlytrack3.dfs.de/st3/STANLY_Track3.html
Wo ist der Luftverkehr am dichtesten?

LÖSUNGEN

Aufgabe 4.2.1

- a) Der Auftrieb an den Tragflächen ist eine Funktion der Relativgeschwindigkeit zwischen den Tragflächen und der Umgebungsluft. Aus diesem Grunde starten Flugzeuge, wenn möglich, immer bei Gegenwind. Sollte der Flugplatz Einschränkungen bzgl. der Startrichtung haben, führt Rückenwind zu einer entsprechend höheren Startgeschwindigkeit der Maschine relativ zum Boden. Das führt automatisch zu einem längeren Startweg.
- b) Der größte Teil Europas liegt in der sogenannten Westwindzone: aus diesem Grunde herrscht hier meist Westwind. Die Orientierung der Start- und Landebahnen in Ost-West-Richtung führt damit im Regelfall zu Start- und Landesituationen, in denen der Pilot ohne Seitenwind starten kann.
- c) Seitenwind führt zu einer Querkraft, die in gewissen Grenzen durch die Steuerungselemente des Flugzeugs, z. B. durch einen Seitenrudereinschlag, ausgeglichen werden kann. Nach dem Abheben der Maschine dreht der Pilot die Maschine so, dass die Addition des Windvektors und des Geschwindigkeitsvektors der Maschine in die gewünschte Flugrichtung zeigt.
- Aufgabsauftrag 4.3.1**
- a) Der Pilot reduziert die Triebwerksleistung, damit verringert sich die Vortriebskraft, und das Flugzeug reduziert seine Geschwindigkeit. Damit sinkt der Auftrieb an den Tragflächen und das Flugzeug sinkt.
- b) Beim Sinkflug hat das Flugzeug eine horizontale Fluglage.
- c) Nach der Formel für die Bewegungsenergie
$$E_{\text{Bewegung}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$
 hat der A380 eine Bewegungsenergie von etwa $2,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$. Nach der Formel für die Lageenergie hat der A380 eine Lageenergie von etwa $6 \cdot 10^{10} \text{ J}$.
- d) Der Auftrieb auf die Tragflächen hängt von der Fluggeschwindigkeit, von dem Flächeninhalt der Tragfläche, von der Luftdichte und vom Anstellwinkel der Tragfläche im Luftstrom ab. In tieferen Luftschichten ist die Luftdichte zwar größer, aber beim Sinkflug hat das Flugzeug eine geringe Geschwindigkeit; damit der Auftrieb noch genügend groß ist, um das Flugzeug in der Luft zu halten, wird durch Ausfahren der Landeklappen der Flächeninhalt der Tragfläche entsprechend vergrößert.
- e) Wenn die Strömung nicht mehr an der Tragfläche anliegt, wenn sie, anschaulich gesprochen, abreißt, dann erfährt die Tragfläche keinen Auftrieb und das Flugzeug stürzt ab. Dieser Strömungsabriss (Stall) tritt dann ein, wenn der Pilot den Anstellwinkel zu groß wählt. Entsprechende Instrumente (Stallsignal) warnen den Piloten vor dieser gefährlichen Fluglage.

- f) Zusätzlich zu den ausgefahrenen Landeklappen muss der Pilot bei der Landung auch einen größeren Anstellwinkel wählen, damit der Auftrieb in dieser Landephase ausreicht, die Maschine zu halten.

- g) Das Flugzeug setzt zuerst mit dem Hauptfahrwerk auf, dann sinkt die Nase ab und das Bugfahrwerk berührt den Boden. Wenn die Räder Bodenkontakt haben, werden die Störklappen auf den Tragflächen ausgefahren, damit der Auftrieb an den Tragflächen abreißt und die Maschine mit festem Bodenkontakt ausrollen kann.

- h) Der Impuls des Flugzeugs berechnet sich nach der Formel $p = m \cdot v$ zu etwa $4 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ oder $4 \cdot 10^7 \text{ Hy}$.

- i) Nach der Landung steckt der Impuls des A380 in der Erde.

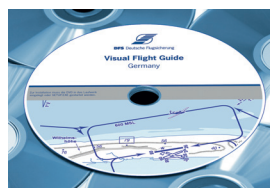
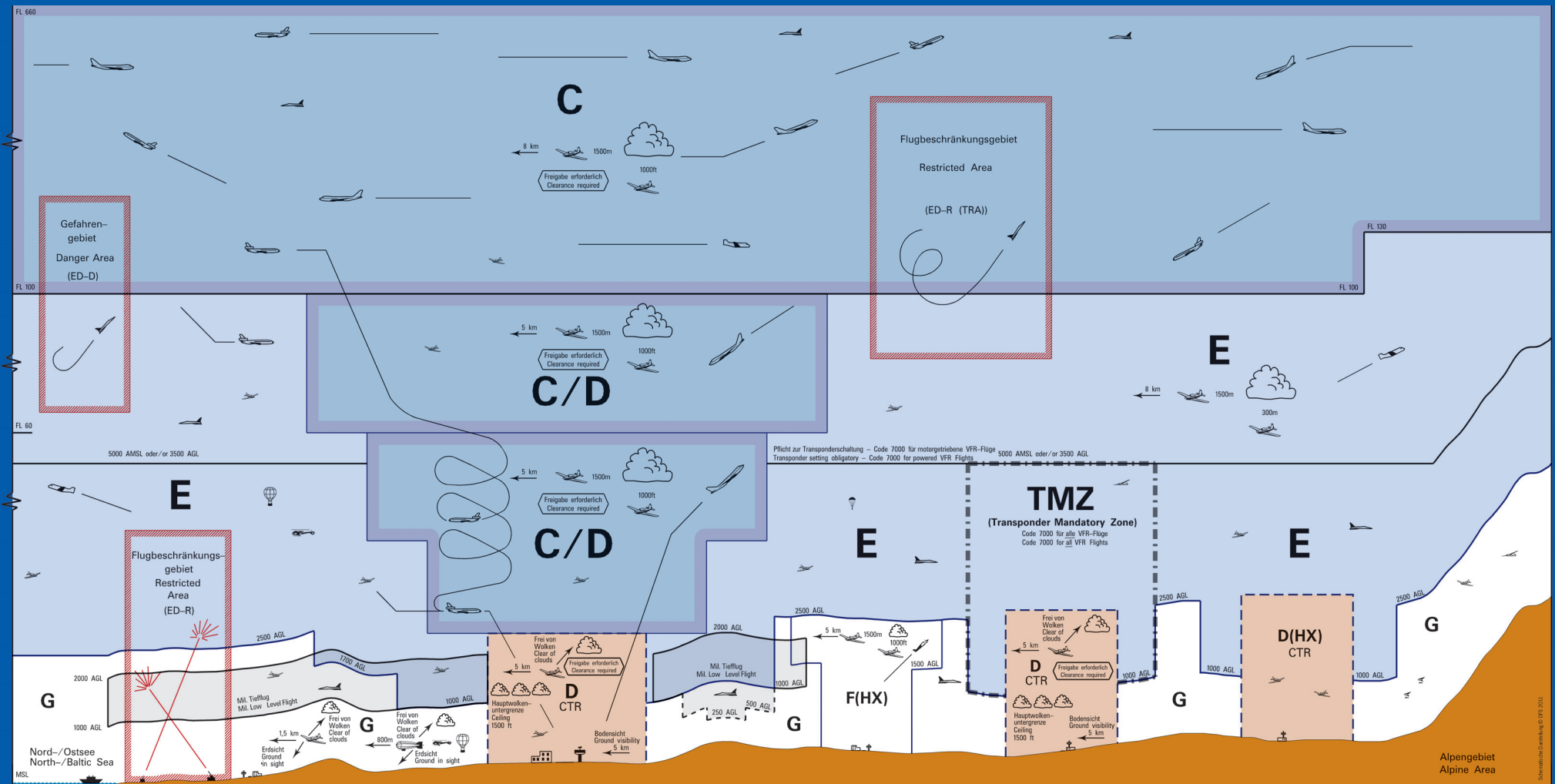
- j) Die Bewegungsenergie des Flugzeugs wird beim Abbremsen und Ausrollen der Maschine in thermische Energie umgewandelt. Würde der Pilot nur mit Scheibenbremsen wie ein Auto abbremsen, dann würde die gesamte Bewegungsenergie des Flugzeugs als thermische Energie in den Scheibenbremsen stecken; diese Belastung halten aber Scheibenbremsen nicht aus. Aus diesem Grunde erfolgt die erste Bremsphase bei großen Verkehrsflugzeugen mit den Umkehrtriebwerken.

Aufgabe 4.3.2

Beim Start dieser „Schwenkflügler“ sind die Tragflächen ausgeklappt und haben die Funktion einer normalen Tragfläche im Unterschallflug. Wenn das Flugzeug in den Überschallflug eintritt, sind die Schwenkflügel so eingeklappt, dass das Flugzeug eine Deltaform entsprechend dem MACHschen Kegel hat. Bei der Landung werden die Schwenkflügel wieder ausgefahren, um im Unterschallbereich genügend Auftrieb zu erzeugen.

Aufgabe 4.4.1

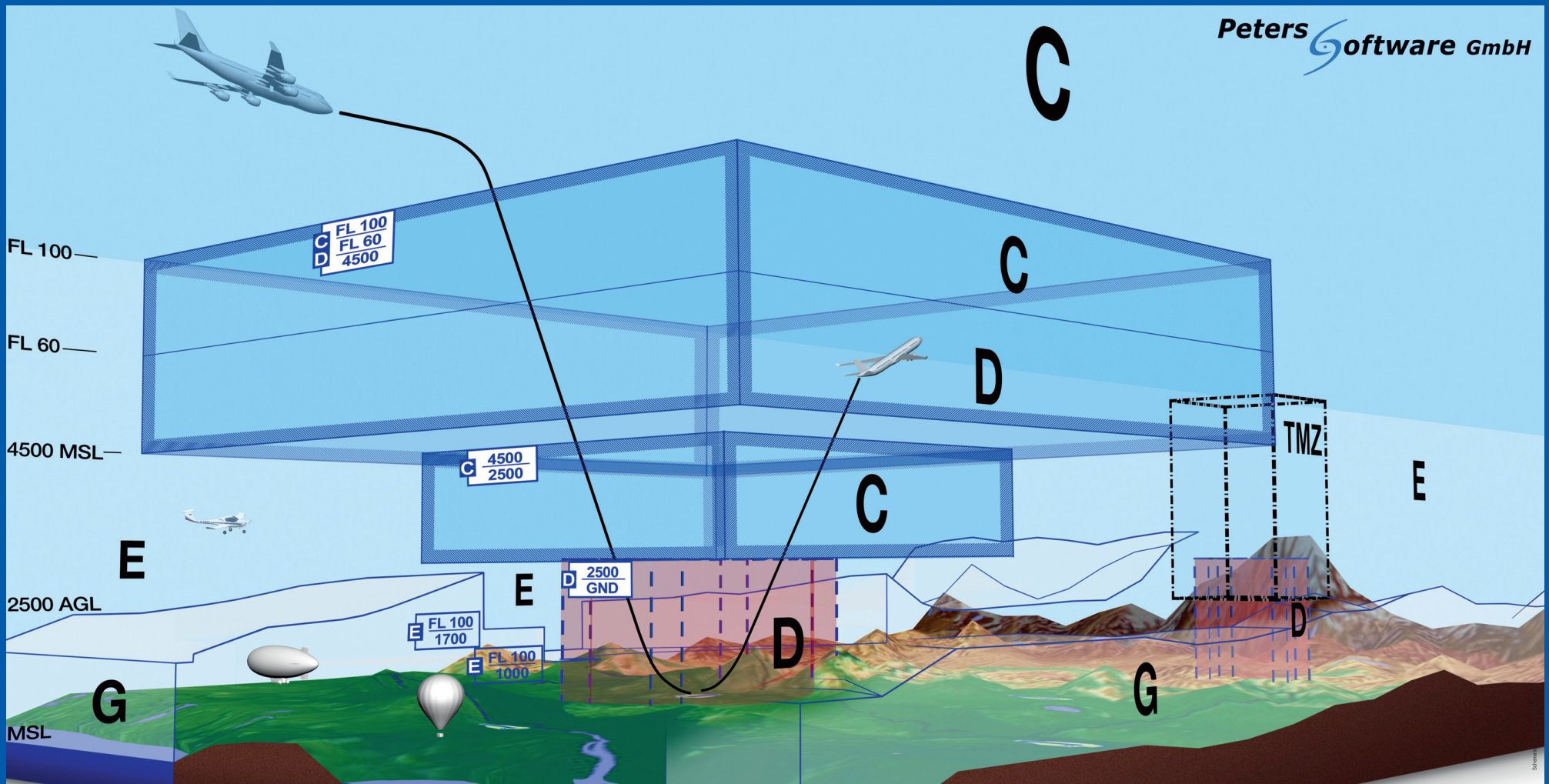
Der Flugverkehr über Deutschland ist mit am dichtesten in Europa.



VFRiNOTAM ist nur über den iTunes Store zu erwerben!



Luftraumdarstellung von Deutschland in 3D



DFS-Kofferband für Ihre Reisen!

Das verstellbare DFS-Kofferband mit schwarzer Plastiksnalle hilft Ihnen auf Reisen schnell und einfach Ihr Reisegepäck auf dem Gepäckband zu erkennen. Produkteigenschaften: Blaues Kofferband mit weißfarbenem Druck (DFS Deutsche Flugsicherung & German Air Navigation Services), Riemen aus Polyester, 5cm Breite & 200cm Länge

Unter www.dfs-aviationshop.de (Rubrik: Pilotenzubehör) bestellbar!



VFRiCharts kennt Position, Höhe, Richtung & Geschwindigkeit!

VFRiCharts ist eine iPhone App, mit der man anhand verschiedener von der DFS veröffentlichten Luftfahrtkarten seine Position, Höhe, Richtung und Geschwindigkeit bestimmen kann. Folgende Länderausgaben sind über die Europe Wall Chart (gratis) hinaus je nach Präferenz zu erwerben: D, A, B, NL, DK, PL, CZ!

VFRiCharts ist nur über den iTunes Store zu erwerben!

