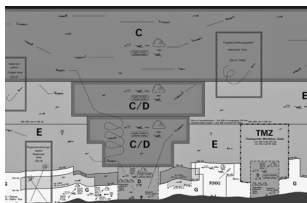


## 2.1 Flugbewegungen



Luftraumstruktur

Flugbewegungen im Luftraum sind gesetzlich geregelt: So sind unsichtbare horizontale und vertikale Grenzen definiert, die ein Pilot genau einhalten muss. Während kleine Sport- und Geschäftsreiseflugzeuge im unkontrollierten Luftraum G bis max. 2.500ft (ft=Fuß; 1 ft=30,48 cm) über Grund selbstständig ohne Kontrolle durch die deutsche Flugsicherung fliegen dürfen, werden Verkehrsflugzeuge von der DFS und Eurocontrol (Maastricht) geführt.

Nach der Freigabe zum Anlassen der Triebwerke teilen die Fluglotsinnen und -lotsen im Tower eines Flughafens dem Piloten die zu benutzende Startbahn in Abhängigkeit von der Windrichtung mit. Nach dem Start wird das Flugzeug von den Fluglotsen der An- und Abflugkontrolle zur gewünschten Luftstraße geleitet, wo die Lotsen der dann zuständigen Bezirkskontrolle übernehmen (s. Kapitel 4).

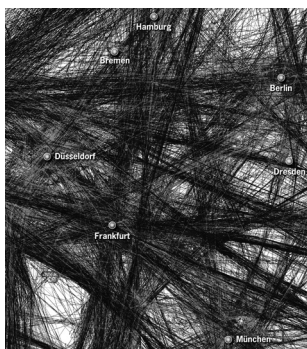
### Tipp

Die DFS bietet unter „STANLY\_Track“ zeitnahe Flugrouten der An- und Abflüge online an: [www.dfs.de/dfs/internet\\_2008/module/fliegen\\_und\\_umwelt/deutsch/fliegen\\_und\\_umwelt/flugverlaeuft/flughafen\\_nuernberg/index.html](http://www.dfs.de/dfs/internet_2008/module/fliegen_und_umwelt/deutsch/fliegen_und_umwelt/flugverlaeuft/flughafen_nuernberg/index.html)

Um die Bevölkerung im Bereich von Flughäfen vor Lärm zu schützen, sind spezielle Routen vorgeschrieben, die häufig einen längeren geraden Anflug oder Abflug nicht ermöglichen. Die heftigen politischen Diskussionen bei der Definition der An- und Abflugrouten im Bereich der Flughäfen Berlin-Brandenburg und Frankfurt zeigen, wie groß die Auswirkungen der Festlegung von Flugrouten in Flughafennähe sind.



Flugverkehr über Europa am 30. Januar 2012



Flugbewegungen eines Tages über Deutschland

### Aufgabe 2.1

- Erstellen Sie einen Ausdruck der aktuellen Anflugverhältnisse des Flughafens in Ihrer Nähe gemäß der DFS-Daten.
- Bestimmen Sie die momentane Hauptwindrichtung auf diesem Flughafen aufgrund der Anflugrichtung.
- Mit [www.flightradar24.com](http://www.flightradar24.com) können mittels der eingetragenen Verkehrsflugzeuge Anhäufungen und belebte Flugstraßen gefunden werden. Interpretieren Sie diese bezüglich geographischer Verhältnisse.
- In Osteuropa wird auf der „Flightradar“-Abbildung der Flugverkehr immer geringer. Recherchieren Sie mögliche Ursachen dafür.

Die Abbildungen sind stark verkleinert. Im Original sind die regionalen Gegebenheiten gut erkennbar. Siehe aktuelle Seiten unter: [www.flightradar24.com](http://www.flightradar24.com)

## 2.2 Flugrouten und Flugzeit

Die „Luftstraßen“ sind in Wirklichkeit definierte Linien über GPS-Koordinaten, auf denen die Verkehrsflugzeuge, von den Fluglotsen kontrolliert, im Minimalabstand von 9 km aneinander vorbei fliegen.

Der etwas eigenartige Begriff „Funkfeuer“ stammt aus den Anfängen der Fliegerei. Man übernahm von der Seefahrt die Navigationshilfe der anfangs mit Reisig erzeugten Lichtsignale auf den Leuchttürmen an den Küsten und baute im Binnenland an erhöhten geographischen Punkten elektrische Lichtsignale als Hilfe für die Navigation auf. So wurden die ersten Nachtflüge ermöglicht. Elektrische Scheinwerfer und Funkanlagen lösten die Lichtsignale ab.

Flugpassagiere, die von Frankfurt nach New York fliegen, sind erstaunt, dass das Flugzeug nach dem Start Richtung Großbritannien, also nach Nordwesten fliegt, obwohl New York auf dem Breitengrad von Neapel, also viel weiter südlich als Frankfurt, zu finden ist.

### Aufgabe 2.2.1

Diskutieren Sie mögliche Gründe, weshalb Flugzeuge nicht ganz einfach dem auf der Karte mit dem Lineal gezogenen Bleistiftstrich zwischen Frankfurt und New York über den Atlantik folgen.

Da Landkarten die zweidimensionale Abbildung der dreidimensionalen Erde sind, ist die kürzeste Entfernung der sogenannte Großkreis mit seinem Hauptbogen, in der Fachsprache Orthodrome genannt. Ein Flug auf der Orthodrome ist jedoch nicht immer sinnvoll, z. B. wenn starke Gegenwinde herrschen. Wegen des Treibstoffverbrauchs und aus Zeitgründen ist es dann besser auszuweichen oder gezielt in Zonen mit Rückenwind zu fliegen. Über dem Atlantik herrscht in der von Verkehrsflugzeugen bevorzugten Flugfläche, der oberen Troposphäre und der Stratosphäre, häufig der Jetstream. Dieser weht als Westwindband mit bis zu 500 km/h. Dass man diesem Gegenwind nach Möglichkeit ausweicht, ist nachvollziehbar. Aus diesem Grund verlaufen Transatlantikflüge von Ost nach West meist Richtung Irland und dann über dem nördlichen Atlantik.



Flugroute Frankfurt a.M. International Airport – New York John F. Kennedy International Airport



Leuchtturm

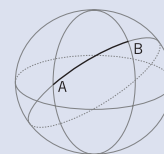


Leuchtfeuer, Leipzig 1939



Moderne Funkanlage

Definition:  
Die Orthodrome (griech. orthos für „gerade“, dromos für „Lauf“) ist die kürzeste Verbindung zweier Punkte auf einer Kugeloberfläche.



### Aufgabe 2.2.2

- a| Vergleichen Sie im Atlas die Städte New York, Neapel und Frankfurt bezüglich ihrer Längen- und Breitengrade.
- b| Die Flüge von den USA nach Europa erfolgen auf einer südlicheren Route als umgekehrt. Begründen Sie dies.

Auch technische und politische Aspekte wirken sich auf die Flugrouten aus. So mussten bis zum Ende des Kalten Krieges militärische Gebiete umflogen werden. Wiederholt wurden bei Navigationsfehlern Verkehrsmaschinen zur Landung gezwungen oder sogar abgeschossen. Das bekannteste Beispiel ist der Flug Korean-007, der von den Sowjets bei der Insel Sachalin nördlich von Japan mit 269 Menschen an Bord wegen Spionageverdachts beschossen wurde, weil die Piloten nicht reagierten. Die Maschine stürzte ab.

Bis zur deutschen Wiedervereinigung konnten wegen des Viermächteabkommens nur Verkehrsmaschinen der Westalliierten in bestimmten Sektoren Berlin anfliegen. Sie wurden während der Berlin-Blockade (Juni 1948 bis Mai 1949) genutzt, um die Westberliner Bevölkerung zu versorgen, als die Schifffahrts- und Straßenverbindungen mit Westdeutschland blockiert waren.

Auch die mangelnde Harmonisierung der Flugsicherungssysteme in Westeuropa führt dazu, dass Umwege geflogen werden müssen. Die Fluggesellschaften beklagen diesen Zustand regelmäßig, da dies Geld kostet und die Umwelt belastet.

### Flugzeit

Bei der Berechnung der Flugzeit anhand der von den Fluggesellschaften vorgegebenen Daten ist zu beachten, ob man in eine andere Zeitzone fliegt und ob dort die Umstellung von Sommer- auf Winterzeit erfolgt. Weiterhin ist bei Langstreckenflügen Richtung Osten zu beachten, dass man häufig die Datumsgrenze überfliegt. Ein einfaches Addieren oder Subtrahieren der Start- und Landezeit ist dann nicht möglich.

### Aufgabe 2.2.3

- a| Die Flugzeit von Oslo (Norwegen) nach Ottawa (Kanada) beträgt rund sechs Stunden. Die Zeitverschiebung beträgt ebenfalls sechs Stunden. Wann landet das um 18:00 Uhr in Oslo gestartete Flugzeug in Ottawa (Ortszeit)?
- b| Abflug Frankfurt 20:55 Uhr, Ankunft Sydney 07:40 Uhr. Zwischenstopp in Bangkok. Die Zeitverschiebung beträgt zehn Stunden. Berechnen Sie die Reisezeit.
- c| Abflug Sydney 10:00 Uhr, Ankunft Frankfurt 05:30 Uhr, Zwischenstopp in Bangkok. Berechnen Sie die Reisezeit.

## 2.3 Zeit und Zeitzonen

Aufgrund der zunehmenden Europäisierung und Globalisierung der privaten und geschäftlichen Kontakte werden Zeitzonen in unserem Alltag immer wichtiger. Wann kann ich meinen Freund in Los Angeles anrufen, so dass ich ihn nicht mitten im Tiefschlaf störe? Oder: Eine wichtige Lieferung aus China bleibt aus. Wann kann ich den zuständigen Mitarbeiter in Hongkong morgens um 08:30 Uhr im Büro erreichen? Im Folgenden werden die Grundlagen bezüglich der hier aufgeworfenen Fragen geklärt.

In Deutschland ist die Zeit durch das Einheiten- und Zeitgesetz geregelt. Rein technisch wird heutzutage die Zeit durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) mit ihren Atomuhren vorgegeben. Durch einen Sender erhalten private und öffentliche Uhren die entsprechenden Impulse. Sie sind rechtsverbindlich, können also bei juristischen Auseinandersetzungen als Grundlage verwendet werden. Die Umstellung auf Sommer- und Winterzeit erfolgt durch eine Rechtsverordnung des Bundeswirtschaftsministeriums im Rahmen des Zeitbestimmungsgesetzes.

### Geschichte der Zeitmessung

Seit etwa 100 v. Chr. sind mehr oder weniger genaue Versuche der systematischen geographischen Einteilung der damals erkundeten Erdteile bekannt. Durchgesetzt hat sich das im 18. Jahrhundert in Großbritannien entwickelte System, das die Sternwarte in Greenwich/London als Ausgangspunkt für die Zählung der Längengrade verwendet. Bis 1893 galt in Deutschland an jedem Ort die jeweilige lokale Zeit, die durch den Sonnenstand definiert wurde. Die rasche Entwicklung der Eisenbahn als Verkehrsmittel machte jedoch eine eindeutige Definition für den sicheren Betrieb notwendig, so dass man anfangs die in Berlin geltende Zeit zur Orientierung verwendete. Die Sonderstellung der Eisenbahnzeit wurde 1893 beendet.

Mit dem „Gesetz betreffend die Einführung einer einheitlichen Zeitbestimmung vom 12. März 1893“ wurde für das Deutsche Reich ab dem 1. April 1893 die mittlere Sonnenzeit des fünfzehnten Längengrades östlich von Greenwich (London) als Basis für die gesetzliche Uhrzeit festgelegt.

### Zeitzonen

Die Erdkugel wird in 360 Längengrade (Meridiane) eingeteilt ( $360^\circ$ ), die sich in Nord- und Südpol treffen. Da der Tag in 24 Stunden unterteilt ist, verbleiben pro Stunde  $15^\circ$ . Die Zeitzone, die durch den Nullmeridian in Greenwich definiert wird, beginnt also  $7,5^\circ$  östlich und reicht bis  $7,5^\circ$  westlich. Staaten halten sich jedoch in der Realität aus wirtschaftlichen oder politischen Gründen nicht an die geometrischen Daten.

#### § 4 Gesetzliche Zeit

(1) Die gesetzliche Zeit ist die mitteleuropäische Zeit. Diese ist bestimmt durch die koordinierte Weltzeit unter Hinzufügung einer Stunde.

(2) Für den Zeitraum ihrer Einführung ist die mitteleuropäische Sommerzeit die gesetzliche Zeit. Die mitteleuropäische Sommerzeit ist bestimmt durch die koordinierte Weltzeit unter Hinzufügung zweier Stunden.

Quelle: Einheiten- und Zeitgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Februar 1985 / Stand: 3. Juli 2008



Sonnenuhr

#### Standard Time

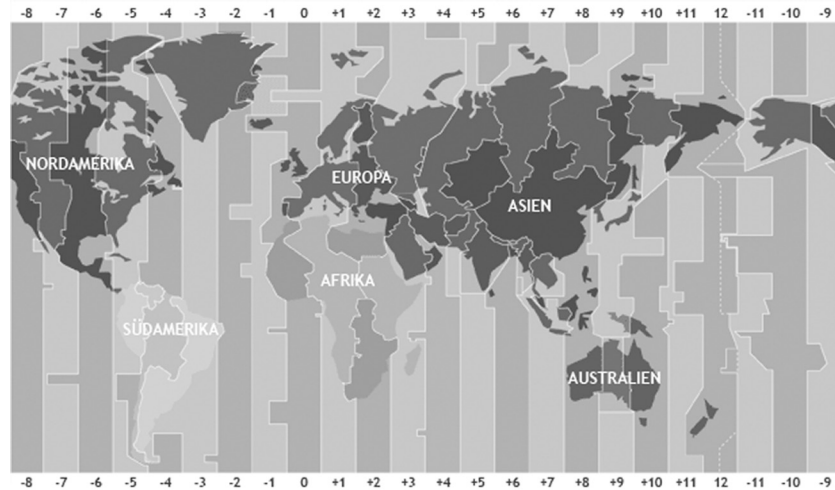
Die von den Staaten festgelegte Zeit für das eigene Staatsgebiet bezeichnet man als Standard Time.



**CET**  
Central European Time  
=  
**MEZ**  
Mitteleuropäische Zeitzone

In Mitteleuropa reicht die Mitteleuropäische Zeitzone (MEZ/CET) von Polen bis nach Spanien, also rund 30 Längengrade, in China kennt man nur eine Zeitzone. Aus diesem Grund kann man nur begrenzt Aussagen über die an einem beliebigen Punkt der Erde geltenden Zeiten im Geschäftsverkehr machen, ohne genaue Kenntnis der im jeweiligen Land geltenden Gesetze.

In der Internationalen  
Raumfahrtstation (ISS)  
sind folgende Zeiten  
relevant:  
**UTC**  
(Universal Time  
Coordinated)  
**MET**  
(Mission Elapsed Time,  
Zeit seit dem Start)  
**Houston-Zeit**  
(zur Abstimmung mit  
der Kommandostelle)



Weltzeitkarte

In der Luftfahrt galt bis 1972 weltweit die Greenwich Mean Time (GMT, dt. mittlere Greenwich-Zeit), bis genauere Messungen zeigten, dass sich die Erde nicht gleichmäßig um ihre Achse dreht. Diese Auswirkung auf die Zeitdefinition ist insbesondere für die präzise Steuerung von Satelliten problematisch. So einigten sich die Wissenschaftler auf die genauere Universal Time Coordinated (UTC, dt. koordinierte Weltzeit). Sie hat die präzisen Schwingungen des Cäsiumatoms als Basis. Gelegentlich hörte man auch den Begriff Zulu-Time. Er bezieht sich auf den nullten (engl.: zero) Längengrad und wird vor allem in der NATO verwendet. Der Buchstabe Z wird im ICAO-Alphabet mit Zulu beschrieben.

**ICAO**  
International Civil Aviation  
Organization (Montreal)

### Aufgabe 2.3.1

- a| Nennen Sie vier deutsche Städte, die 10° ö. L. liegen.
- b| Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile der Sommer- und Winterzeit.
- c| Recherchieren Sie die Herkunft der Bezeichnung Längengrad.
- d| Berechnen Sie die Flugzeit von Frankfurt nach Abu Dhabi für die Lufthansa-Maschine A330 anhand des LH-Flugplans.
- e| Warum gibt es eine einheitliche Zeit für die Luft- und Raumfahrt?
- f| Wann muss man in Deutschland während der Sommerzeit anrufen, damit man in Los Angeles oder Moskau den Gesprächspartner genau um 08:00 Uhr Ortszeit erreicht?
- g| Berechnen Sie die Geschwindigkeit, die ein Flugzeug mindestens haben muss, damit man an Silvester wiederholt Neujahr feiern kann.

## 2.4 Navigation

Das Wort Navigation kommt aus dem Lateinischen und bedeutete ursprünglich Schifffahrt. Heute versteht man darunter die Ortsbestimmung eines beweglichen Körpers und seine zielgerichtete Bewegung. Allgemein verbreitet sind heutzutage Navis, mobile Navigationsgeräte, mit deren Hilfe wir uns problemlos orientieren. Grundlage dafür ist das GPS-System, das in den 1970er Jahren entwickelt wurde.

Geht man in der Geschichte der Navigation zurück, so stößt man schnell auf die beeindruckende Fähigkeit der Polynesier, über weite Strecken im Pazifischen Ozean mit astronomischer und terrestrischer Navigation zielsicher bestimmte Inseln zu erreichen. Im Mittelmeerraum waren die Phönizier und Araber führend. Das Wissen um die Navigationstechnik war im Mittelalter Staatsgeheimnis.

Mit dem Zeitalter der Entdeckungen wurde Nürnberg zum Zentrum der Globenherstellung. In England wurde im Jahre 1773 dem schottischen Uhrmacher Harrison die von der Regierung ausgelobte Prämie für die Lösung des Längengradproblems zugesprochen. Damit konnte jeder Punkt auf der Erde in Kombination mit dem schon länger bekannten Breitengrad genau definiert werden. Der Nullmeridian geht seither, auch wenn es anderen Nationen nicht gefiel, durch die Sternwarte von Greenwich, einem damaligen Vorort von London.

Neben dem Gradnetz war der Einsatz eines Kompasses in unbekanntem Terrain notwendig, da er bei Nebel oder bedecktem Himmel ohne Sternensicht benutzt werden kann.

### Kompass und Landkarte

Der Kompass wurde in China um 475 v. Chr. als Südzeiger in Löffelform verwendet und zählt zu den vier großen Erfindungen neben dem Schwarzpulver, der Papierherstellung und dem Buchdruck. Erst etwa im 11. Jahrhundert kam die Erfindung auch nach Arabien und Europa. In der Luftfahrt ist die Anwendung eines Kompasses im Cockpit problematisch. Da im Flugzeug viele Metallteile und elektrische Geräte vorhanden sind, kommt es je nach Kurs zu Einflüssen auf die Kompassnadel. Spezielle Tabellen geben diese Abweichungen für jedes Flugzeug an. Weiterhin gibt es Abweichungen durch magnetisierte Mineralien, die nahe an der Erdoberfläche lagern. Schließlich weist die Magnetnadel nicht zum geographischen, sondern zum magnetischen Nordpol, der zusätzlich noch seine Lage verändert.

#### Aufgabe 2.4.1

Stellen Sie anhand einer Atlaskarte fest, welche Abweichung der magnetische vom geographischen Nordpol in den letzten 100 Jahren aufwies.

**GPS**  
Global Positioning System



Sextant zur astronomischen Ortsbestimmung in der mittelalterlichen Seefahrt



Kompass 475 v. Chr., China



Weltkarte von 1507



Mobiles Navigationssystem

Die Entwicklung der Landkarten und der Globen waren ebenfalls wichtige Phasen in der Navigationsgeschichte. Die ersten Versuche, Entfernungen oder Wege zu bestimmten Orten schriftlich zu notieren, sind schon aus der Frühzeit bekannt. Anfangs beschränkten sich die orientalischen Abbildungen auf den Mittelmeerraum, Mesopotamien und den Nil. Mit der Entdeckung Amerikas und der erheblichen Verbesserung der Navigation wurden die Karten wesentlich genauer. Heute enthalten Landkarten aufgrund der Digitalisierung und spezieller geographischer Informationssysteme (GIS) weit mehr Informationen als früher.

In der Luftfahrt stehen dem Piloten, der früher viel gedrucktes Kartenmaterial ins Cockpit nahm, neuerdings sogenannte Glascockpits zur Verfügung. Sie bieten geographische Informationen jeglicher Art und stellen auch die Anzeigeinstrumente für die Triebwerksleistung usw. digital auf dem Monitor dar.



Beispiel für eine moderne Landkarte im Glascockpit/Monitor

## Funknavigation

Mit der Entwicklung der Funktechnik wurden Empfänger in Flugzeuge eingebaut, die durch Peilung spezielle Sender, die an bekannten Orten aufgebaut wurden, empfangen können. Empfängt man zwei Sender, so kann man mittels Kreuzpeilung die Position des Flugzeugs feststellen. Wird in einem bestimmten Rhythmus gesendet, kann man weitere Informationen codiert übermitteln.

Moderne Verfahren wie das Transpondersystem oder die Satellitennavigation erlauben es, dass Verkehrsflugzeuge autonom ihre Ortsveränderung gegenüber dem Startplatz messen können. Somit ist es möglich ihre genaue Position im dreidimensionalen Raum festzustellen und mit Fluglotsen abzusprechen (siehe auch Kapitel 5).



Radarantennen der Flugsicherung

## Aufgabe 2.4.2

Zu Beginn der Verkehrsfliegerei stellte der Bordfunker während des Flugs folgende Empfangsdaten fest: Funkfeuer Berlin (Tegel)  $28^\circ$ , Hamburg  $328^\circ$ . Stellen Sie mit einer Atlaskarte fest, wo sich das Flugzeug gerade befindet.