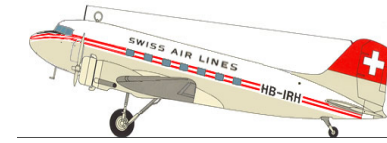


Historische Navigation



Historische

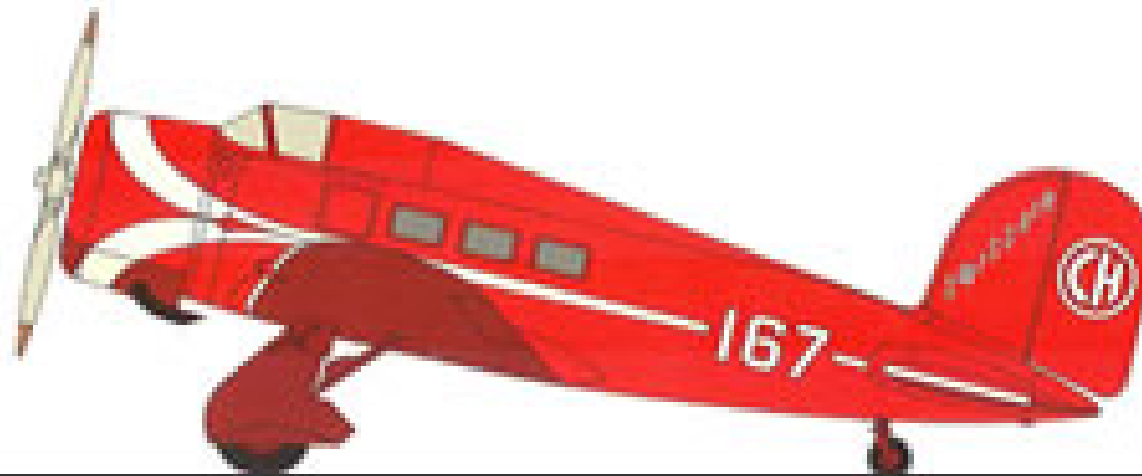
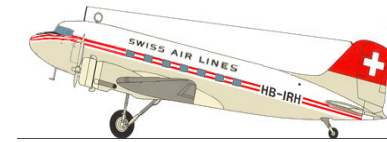
FlugNavigation

im Zeitraum von



Von DC-3/1937 bis MD- 11/2000

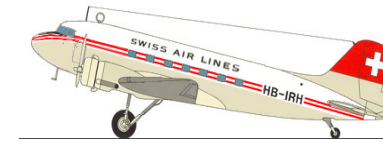
Historische Navigation



Lockheed-9B Orion

1932-1936

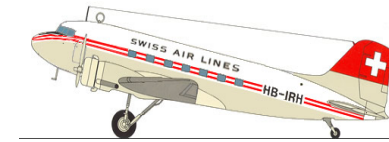
Historische Navigation



Inhalt meiner Betrachtungen

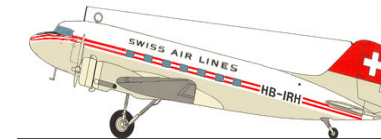
1. Begrüssung, Vorstellung
2. Zeitraum meiner Betrachtungen
3. Definition von Navigation
4. Organisation der Weltkugel
5. Wellenlänge und Frequenz
6. Spektrum der Radiowellen
7. Ausbreitungscharakteristik der Radiowellen
8. Luftverkehr als ein Element im komplexen System
9. OMEGA, LORAN
10. Doppler
11. Astro Navigation
12. Neuere Navigationsmethoden (ADF, VOR, ILS, GCA, etc)
13. Schlussbetrachtung

Historische Navigation



SWISSAIR Jahre als Basis zu meinen Betrachtungen

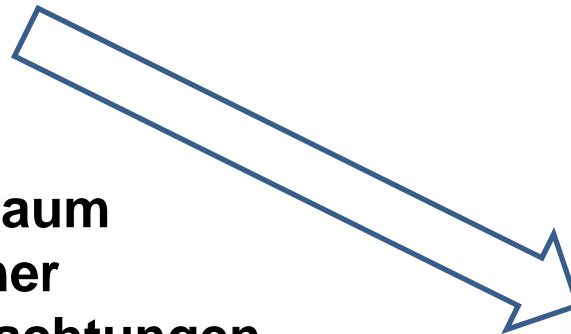
Historische Navigation



Douglas DC-3 (& C-47)
1937-1969

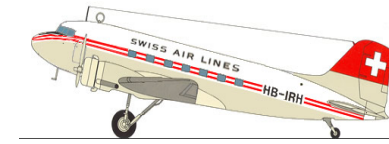


**Zeitraum
meiner
Betrachtungen**



McDonnell Douglas MD-11
1991-2002

**Ende SWISSAIR
31. März 2002**

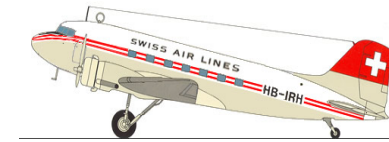


**VFR in den Anfängen der Verkehrsfliegerei
natürlich noch heute z.B. in der
Sportfliegerei**

**IFR musste im Verlaufe der Zeit entwickelt
werden.**

**Flugzeug, Procedures, ATC
Elektronische Hilfseinrichtungen am
Boden, wie z.B. NDB, VOR Stationen**

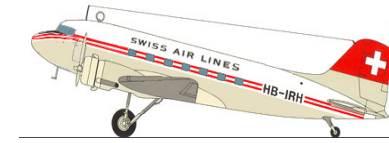
Historische Navigation



Anekdote 1

Bückerflug (SLS), wenig Flugstunden; Pos. Über Grauholz Autobahn schlechtes Wetter; Navigationskarte fliegt aus dem Cockpit. Aber ich finde den Heimweg nach Hausen am Albis trotzdem.

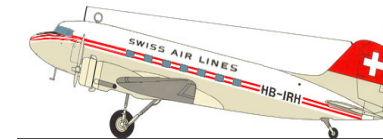
Historische Navigation



Projektionen der Weltkugel als Basisdarstellung für die Navigation

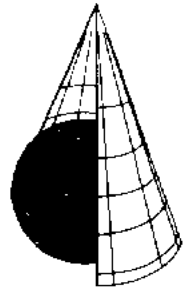
LAT / LONG

Historische Navigation

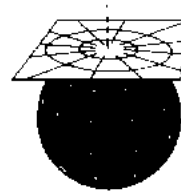


Art des Kartennetz - Entwurfes

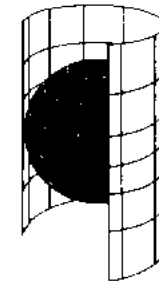
[aus Brockhaus Enzyklopädie Band 9 von 20, 17. Auflage 1970, Seite 797 Kartennetzentwürfe]



Konischer Entwurf (Kegelfläche)

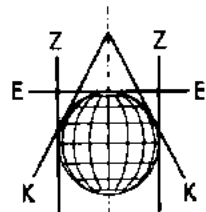


Azimutaler Entwurf (Tangentialebene)

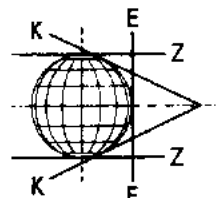


Zylindrischer Entwurf (Tangentialebene)

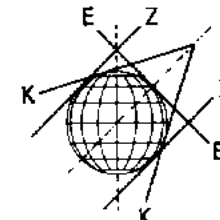
Lage der Abbildungsflächen



normale Lage



transversale Lage



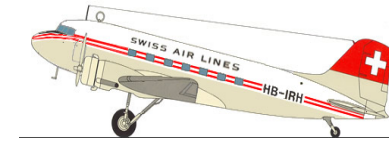
schiefachsige Lage

E = Ebene des azimutalen Entwurfes

K = Kegelfläche

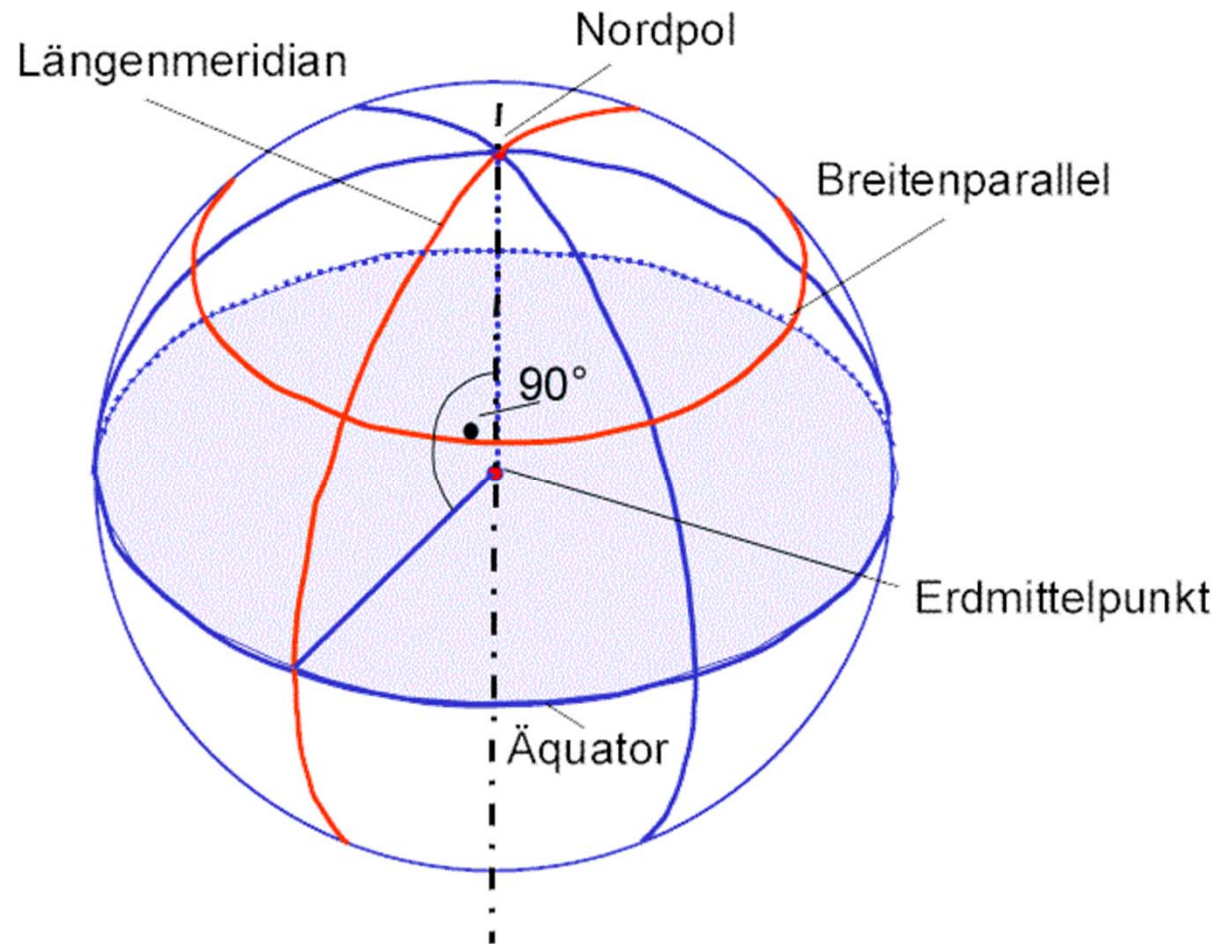
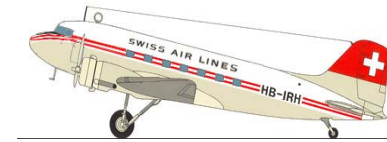
Z = Zylinderfläche

Historische Navigation

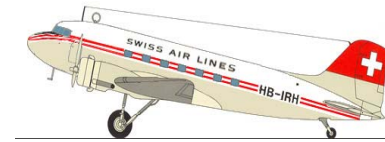


Mit den **geographischen Koordinaten** ([geographische Breite](#) und [geographische Länge](#)) lässt sich die Lage eines Punktes auf der [Erde](#) beschreiben. Die Erde wird dabei in 360 Längengrade und 180 Breitengrade aufgeteilt. Längengrade verlaufen durch [Nord-](#) und [Südpol](#), Breitengrade parallel zum [Äquator](#).

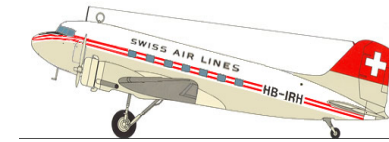
Historische Navigation



Historische Navigation



Historische Navigation



Anekdote 2

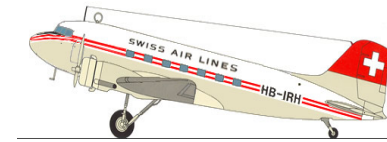
A310 Flug ZRH nach Anchorage

ATC advice – Proceed direct to

Was uns über 65Grad N führte; dies hat die Technik nicht zugelassen.

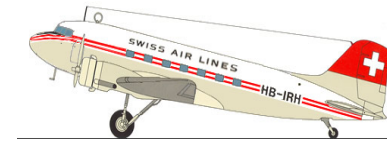


Historische Navigation



DC 3

Historische Navigation

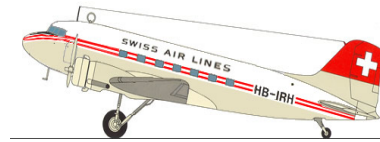


DC8

MD11

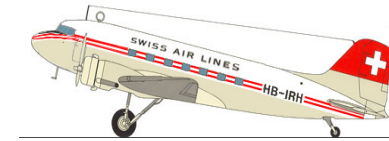


Historische Navigation



Falcon 900LX

Historische Navigation

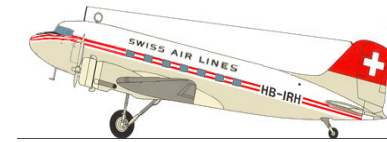


Eine Definition von Navigation

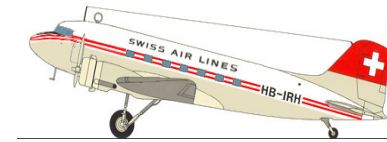
Der Begriff Navigation kommt von lat. *navis*, Schiff und bezog sich früher quasi ausschließlich auf die Nautik, also die Lehre von der Schifffahrt, und war mit dieser gleichbedeutend. Heutzutage ist das wesentliche Merkmal der Navigation ganz allgemein (in Seefahrt, Luftfahrt, auf der Straße) die *Bestimmung des Standortes bzw. von Richtungen*, um einen bestimmten Ort erreichen zu können, möglichst auf *direktem Weg*.

Um auch unabhängig von Bodenmerkmalen (z.B. Seen, Flüssen, Bergen, Städten usw.) eine unmissverständliche Ortsangabe - wo auch immer auf der Welt - machen zu können, hat man sich ein *Koordinatensystem* ausgedacht, welches auch als Gradnetz bezeichnet wird

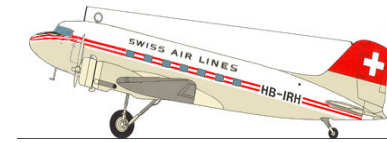
Historische Navigation



Historische Navigation

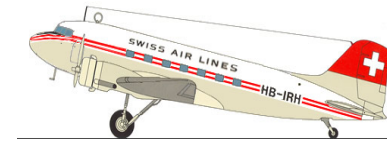


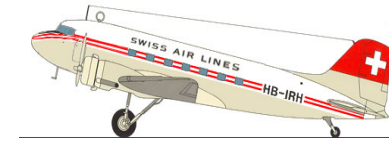
Historische Navigation



Problem: Genauigkeit

Historische Navigation

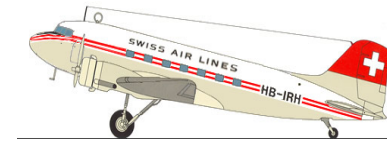




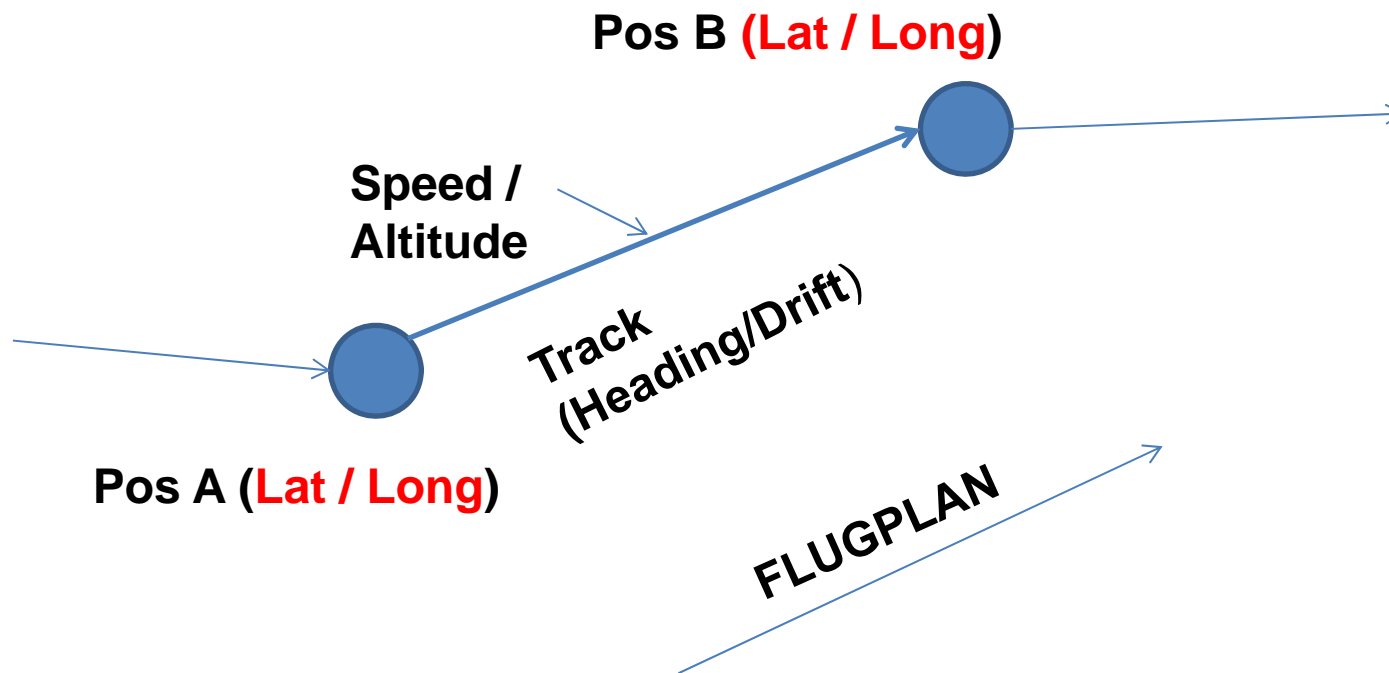
Eine Definition zur Navigation, für die Aviatik

The science and technology to find out a certain position **and speed** of an aircraft with respect to the surface **and topographic situation** of the earth and **accurately** maintaining a desired course / track from one position to another (A to B)

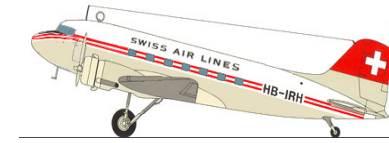
Historische Navigation



Navigation bleibt Navigation, gestern wie heute!



Historische Navigation

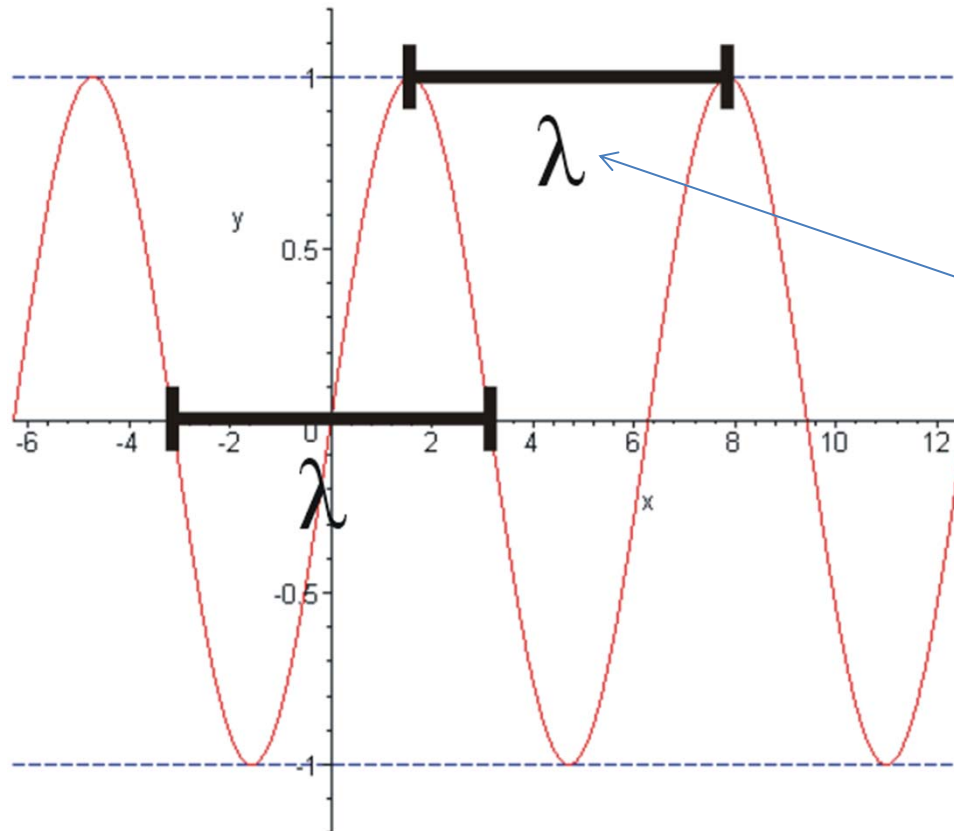
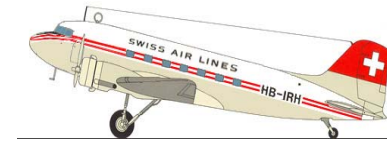


Kleine Theorie zu den Radiowellen

Flugfunk

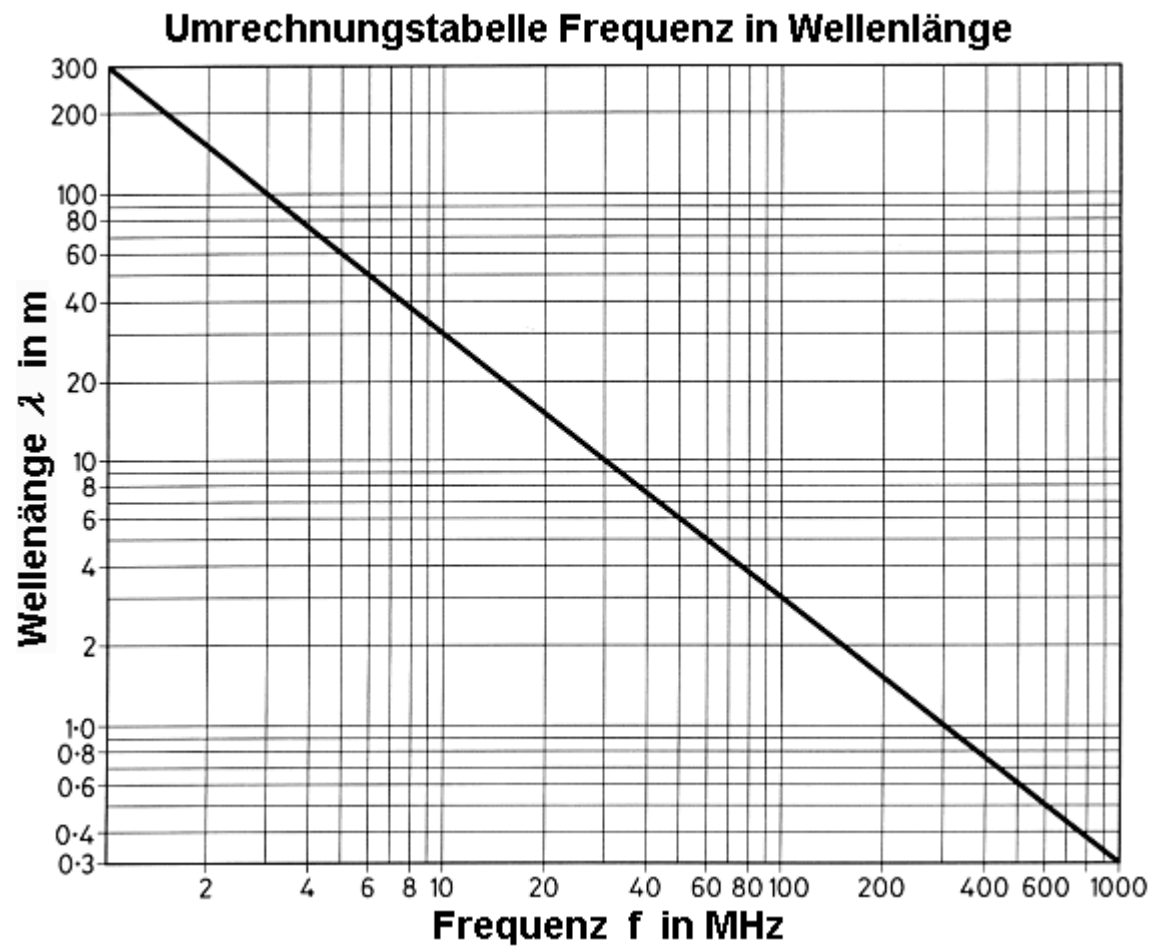
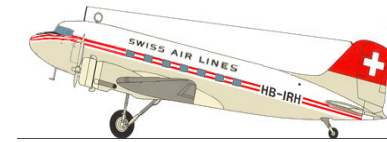
Navigationseinrichtungen

Historische Navigation

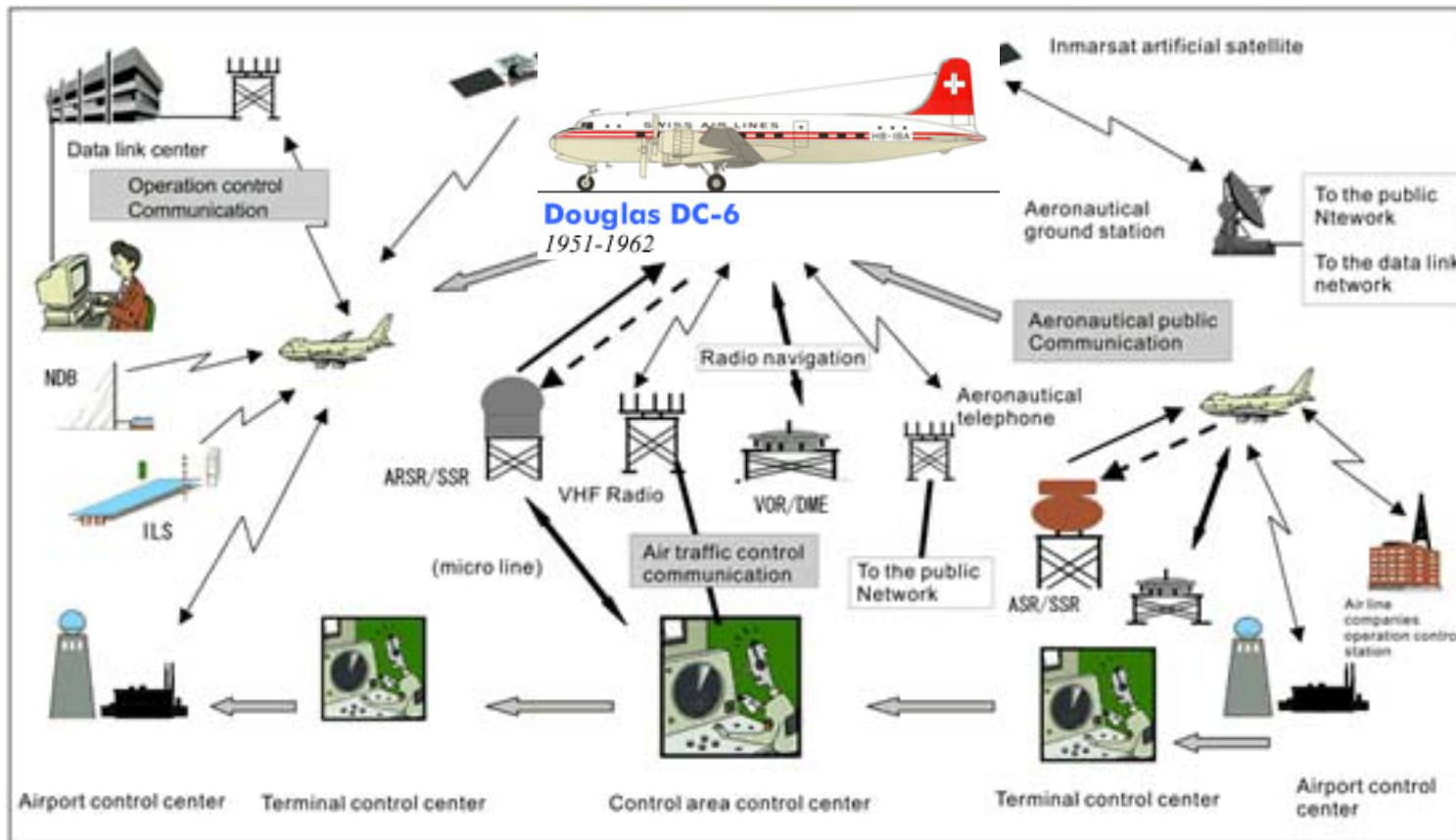
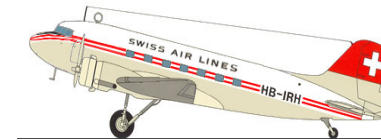


Lamda = c / f
Gleich
Wellenlänge

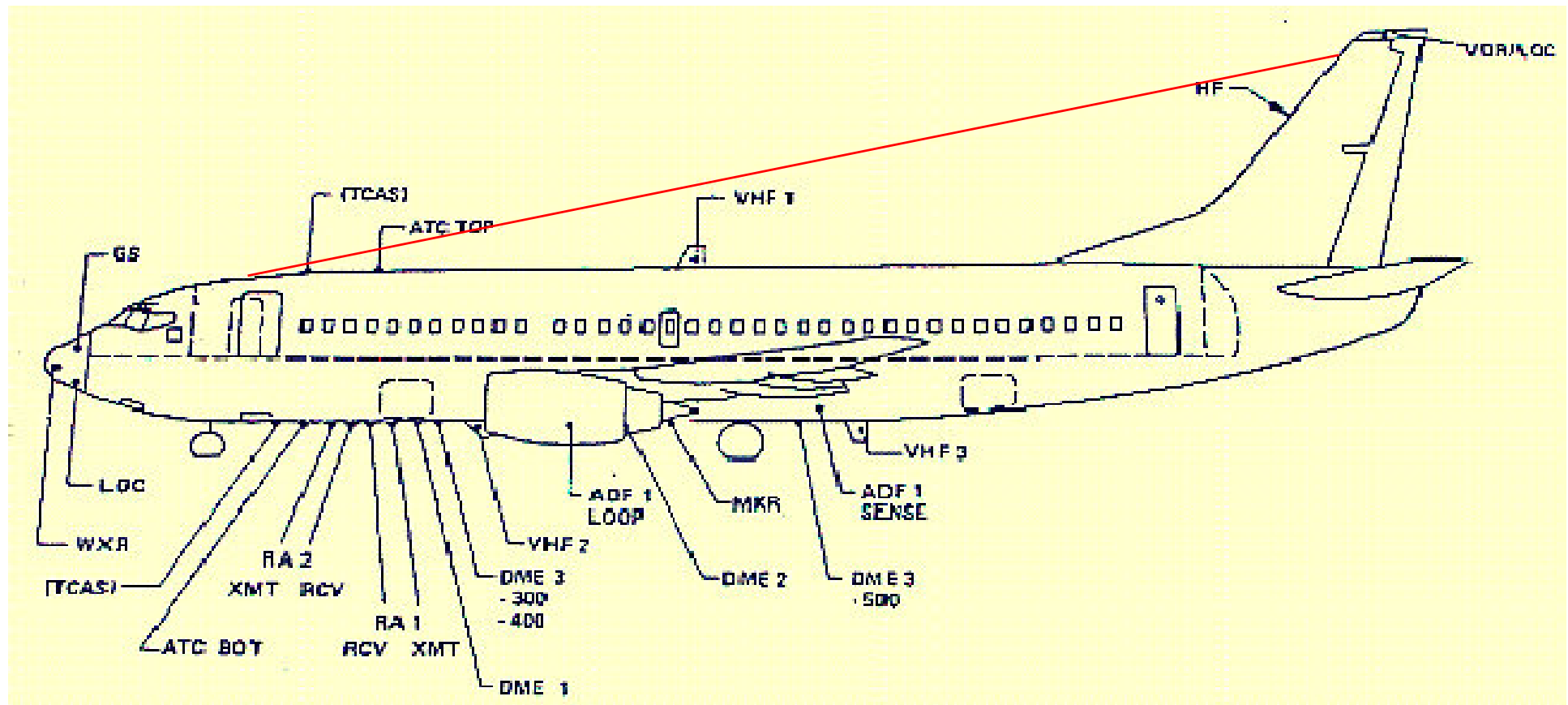
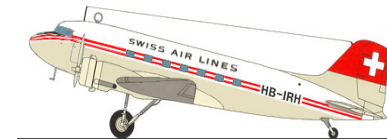
Historische Navigation



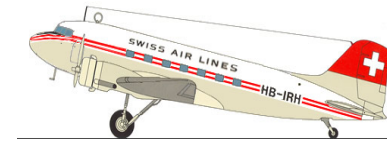
Historische Navigation



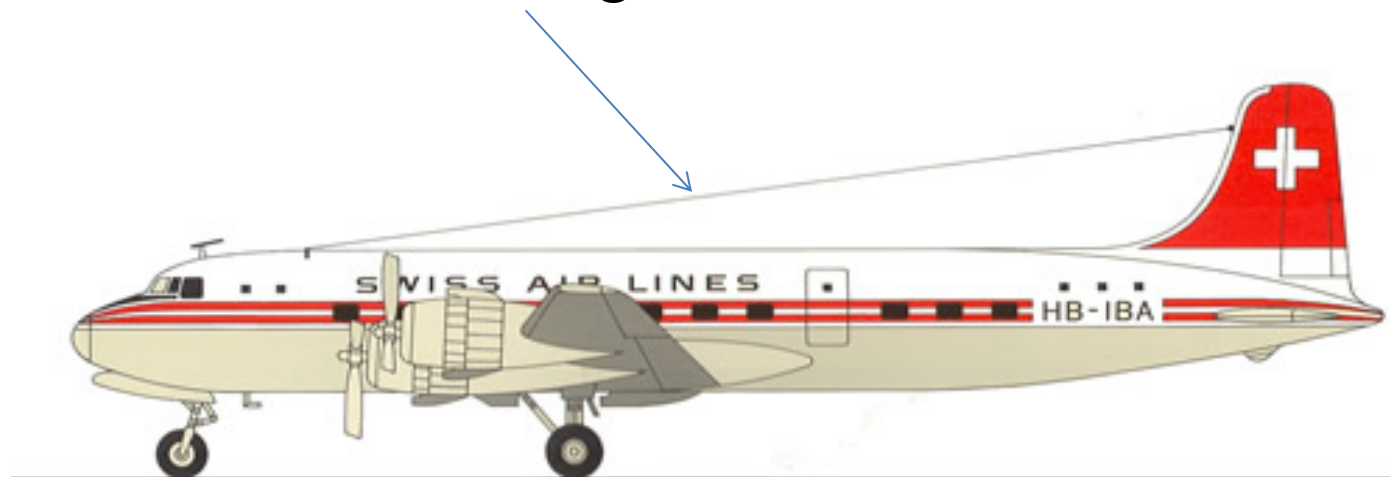
Historische Navigation



Historische Navigation

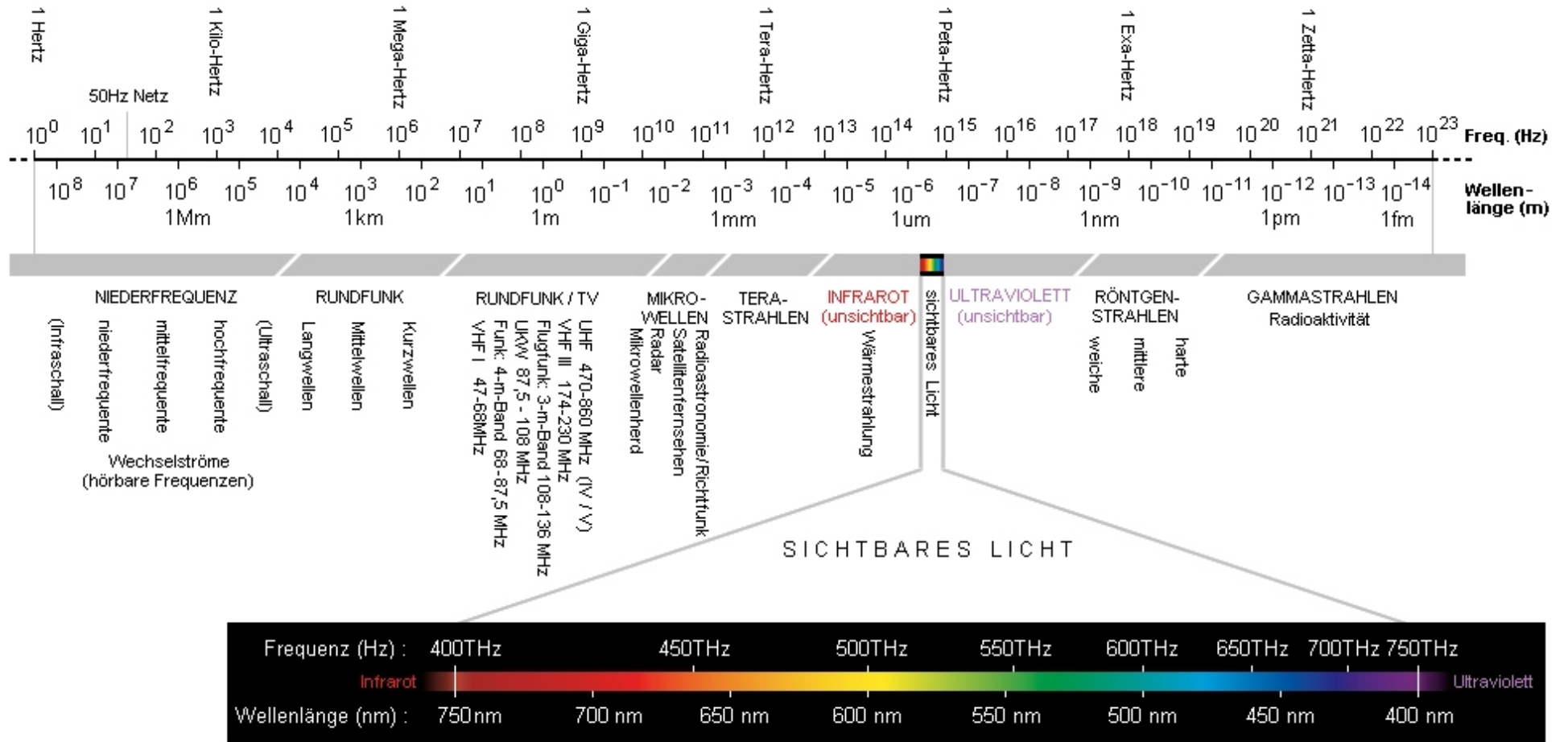
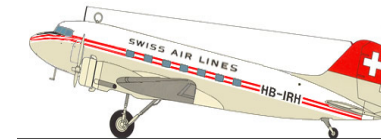


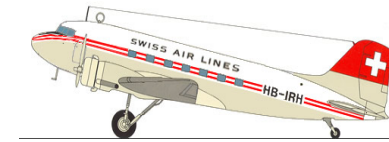
Antenne für Langwellen



DC 4

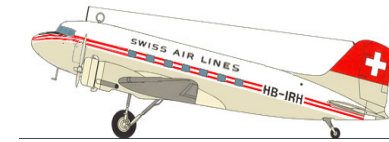
Historische Navigation





Ausbreitung von Radiowellen

Historische Navigation



Anekdote 3

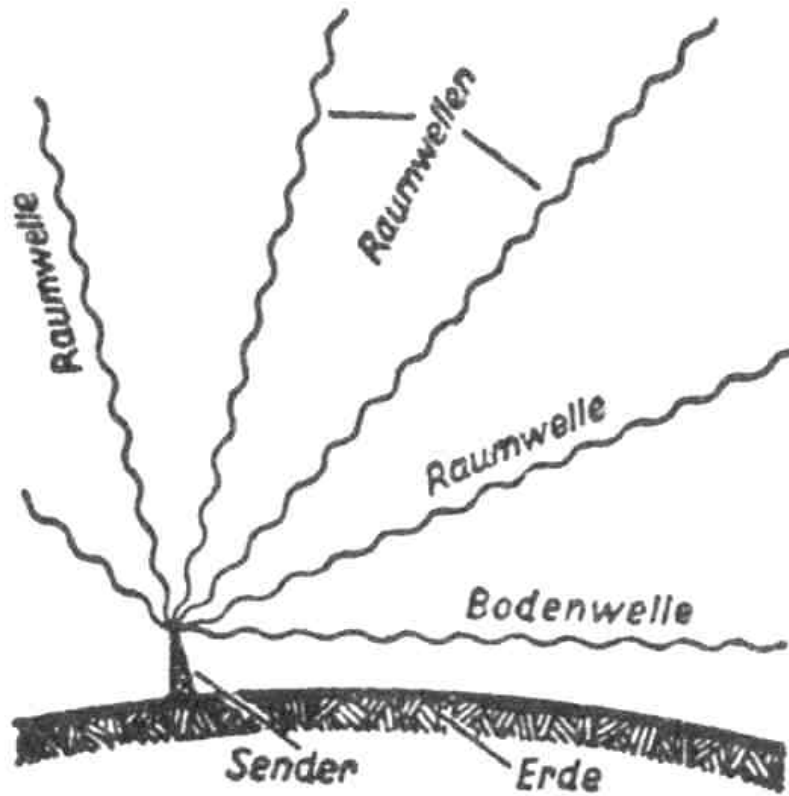
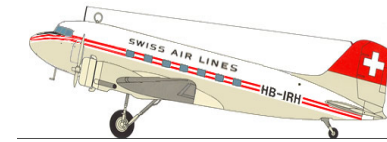
Kurzwellenfunk

HF Funk über dem Nord Atlantik, Afrika

Probleme, die richtige Frequenz zu finden. Tag/Nacht – Wellenausbreitung.

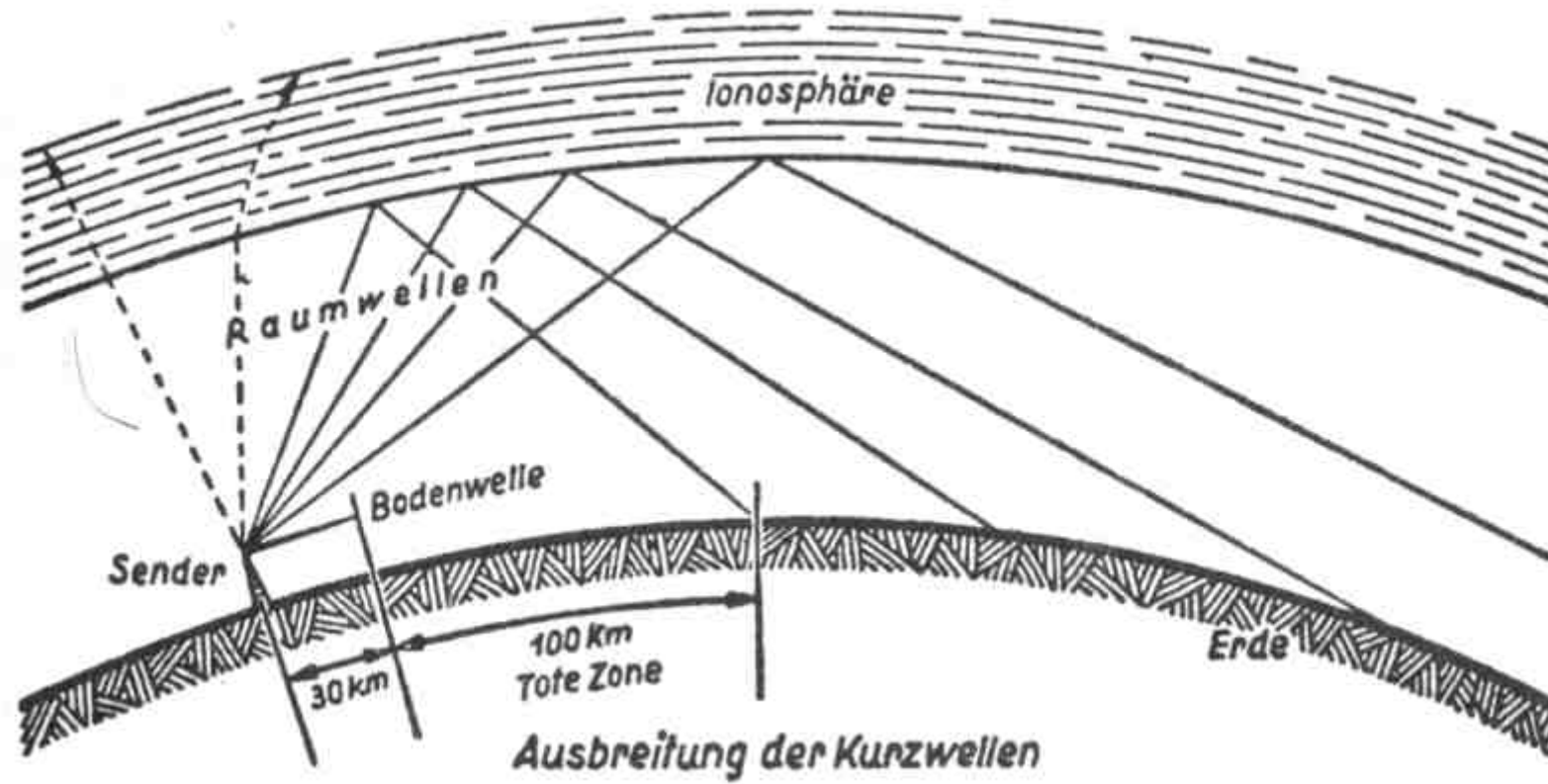
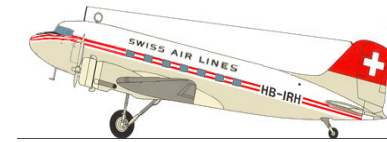
Ist dann ein Problem, wenn man Gewitterwolken ausweichen muss.

Historische Navigation



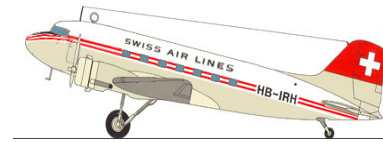
Langwellen

Historische Navigation

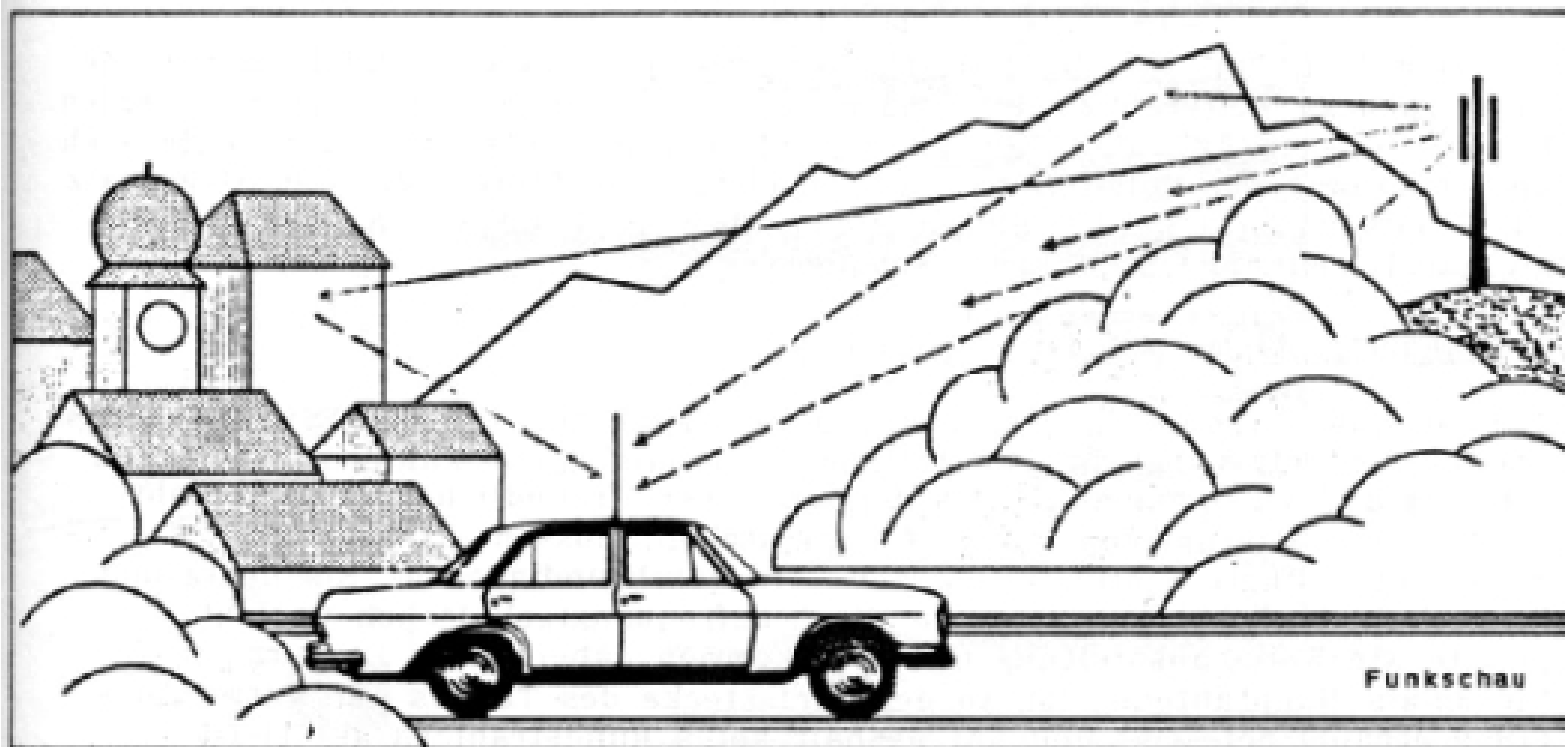


Kurzwellen

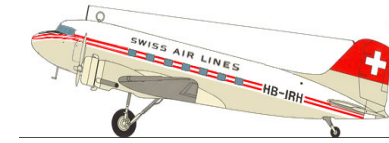
Historische Navigation



Ausbreitung von **VHF, UHF Radiowellen**



Historische Navigation



Elemente aus neuerer Zeit - Für die Navigation nur indirekt von Bedeutung:

RVSM

GPWS

Radio Altimeter (RA)

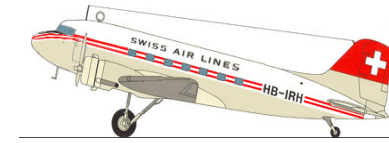
Wetter Radar

TCAS

ETOPS/EROPS

**Notfallsituationen (Triebwerkprobleme,
Passagierprobleme, etc)**

Historische Navigation

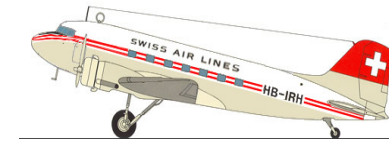


Anekdote 4

DC8 Flüge von BKK nach ZRH. FL Probleme, Fuel Probleme führten meistens zu einer Zwischenlandung in ATH.

Teheran wollten wir unter allen Umständen vermeiden.

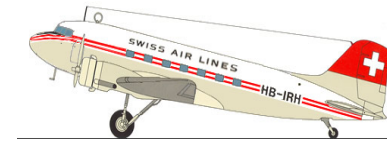
Historische Navigation



Navigationsmethoden aus der
Vergangenheit, eine kleine
Auswahl

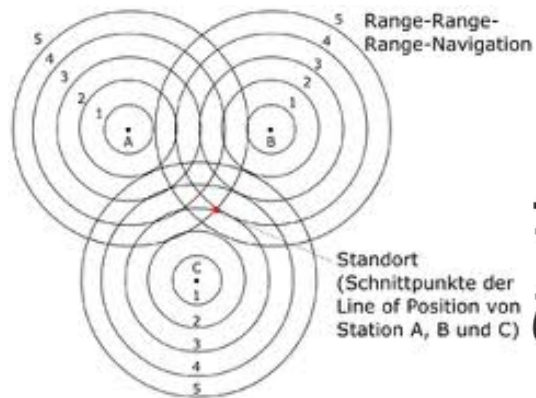
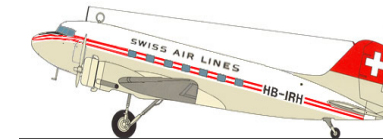
1. OMEGA
2. ASTRO Navigation
3. LORAN

Historische Navigation



OMEGA Sende Antenne zwischen Japan und Korea

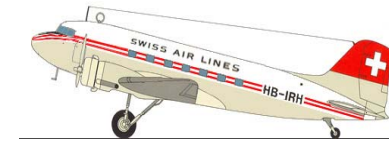
Historische Navigation



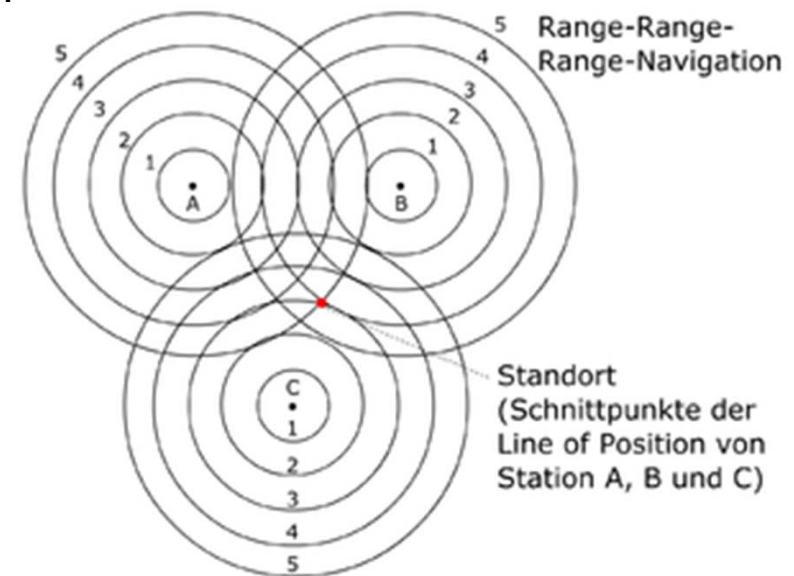
OMEGA



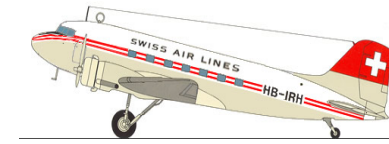
Historische Navigation



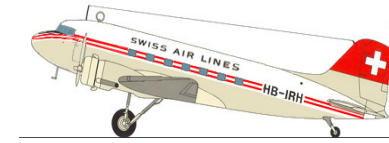
Eine eindeutige Positionsbestimmung ergibt sich bei der Auswertung von 3 Stationen. Die Entfernungsangabe zu 3 Stationen gibt einen einzigen Schnittpunkt. Erst das Hinzukommen eines dritten Senders löst die Zweideutigkeit auf, die bei der Navigation mit zwei Sendern noch existiert.



Historische Navigation



ASTRO Navigation (Prinzip) mit Sextant



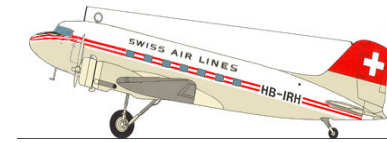
Anekdote 5

Zur Astro Navigation

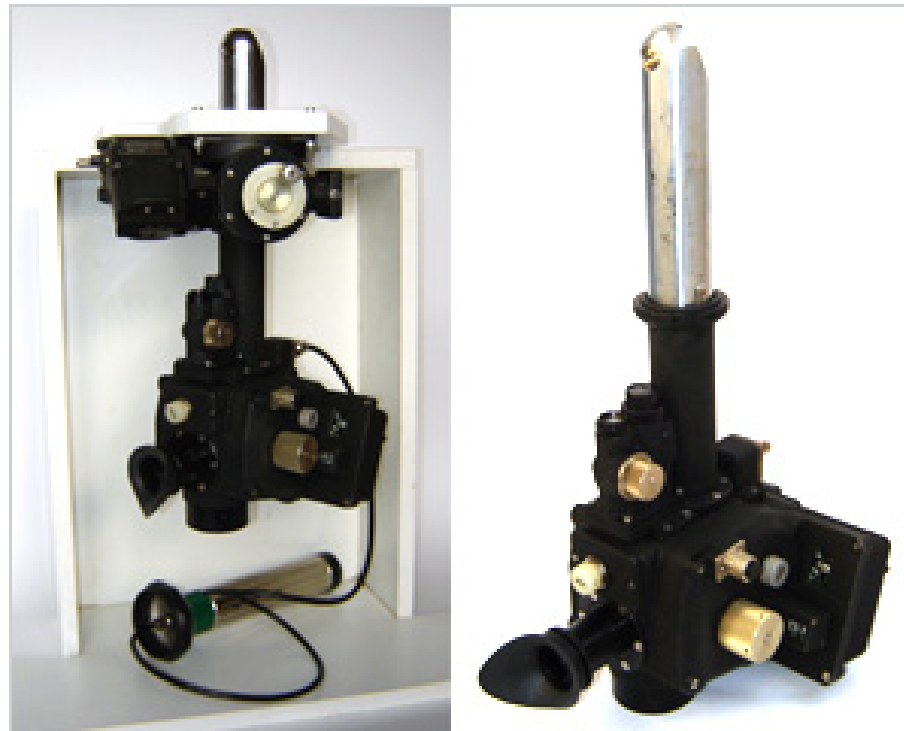
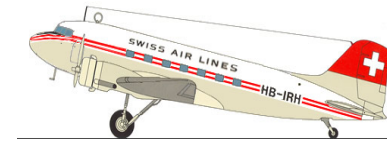
Eine ungenaue Wissenschaft (aus Artikel „Verglüht wie eine Sternschnuppe – Auf- und Abstieg der SWISSAIR Navigatoren)

Text von H.Hofmann; dem Top Navigator
von SWISSAIR

Historische Navigation

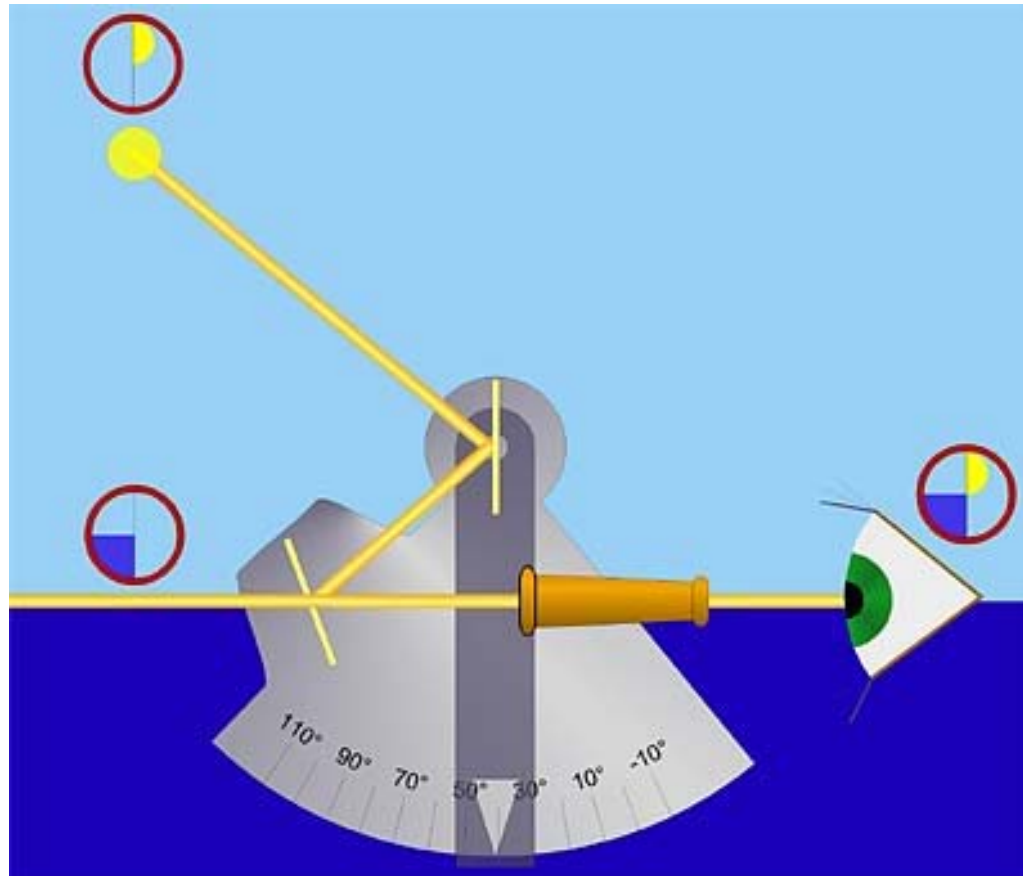
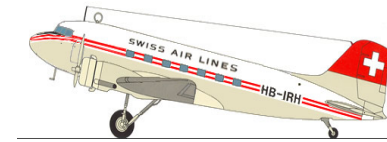


Historische Navigation

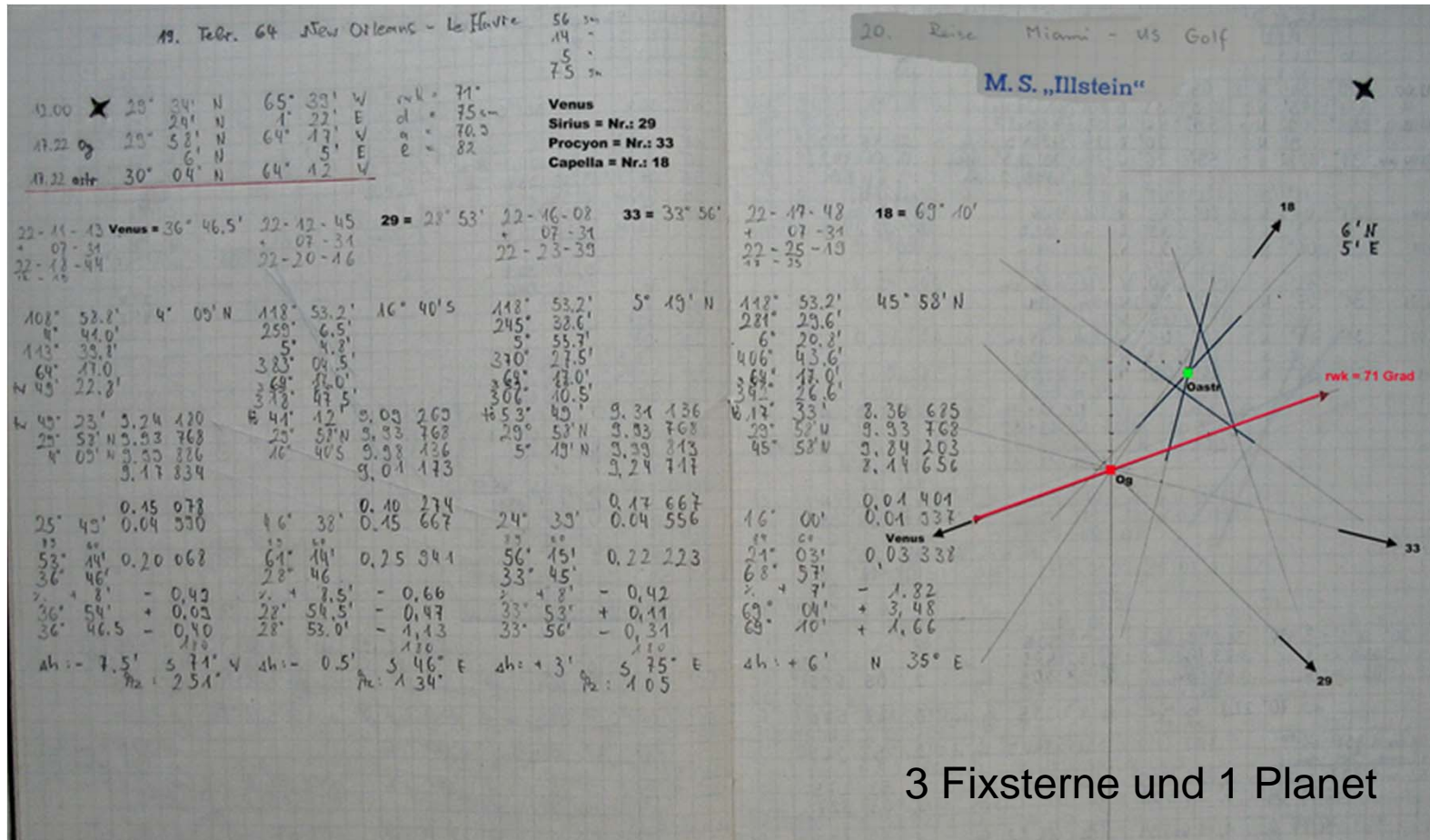
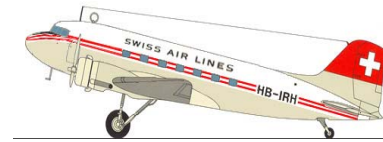


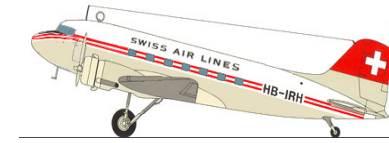
Periskopischer Sextant

Historische Navigation



Historische Navigation





Zur ASTRO Navigation brauchen wir:

1. Sextant

Periskop Sextant in der Aviatik

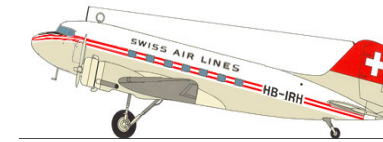
2. Almanach (Div. Angaben zu den Sternen)

3. Genaue Uhr

4. Zirkel, Papier, Taschenrechner, Schreibzeug und genügend Platz im Cockpit

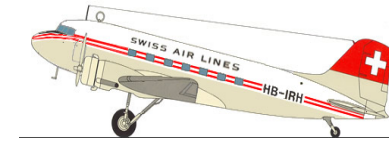
5. Sicht auf die Himmelskörper

Historische Navigation



**Die DC 4 hatte noch keine Druckkabine.
Erst ab DC 6,7 konnte mit Druckkabine geflogen
werden.**

**Entsprechend mühsam war die Arbeit des
Navigators beim „Schiessen“ der Sterne. Man
konnte ohne Druckkabine nur max. 3000m hoch
fliegen. Entsprechend mussten zum Teil längere
Strecken in den Wolken geflogen werden. Damit
waren die Himmelskörper unsichtbar.**

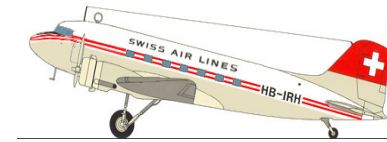


Anekdote 6

DC8 Navigation über den Atlantik mit den alten Mitteln Loran, Omega, Doppler und natürlich Astro Navigation

Treffer in Gander war nicht immer so 100%ig. Entsprechend war der Navigator in seinem Berufsstolz gekränkt. .. Was natürliche menschlich verständlich war. - Und man hat ihn für einige Tage in z.B. in Chicago nicht mehr gesehen !!!

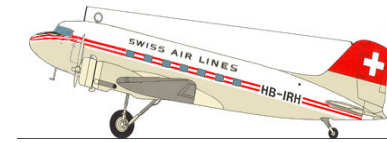
Historische Navigation



LONG RANGE AREA NAVIGATION

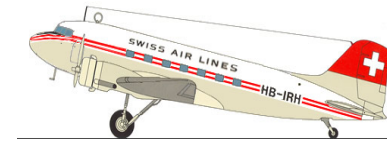
LORAN-C

Historische Navigation



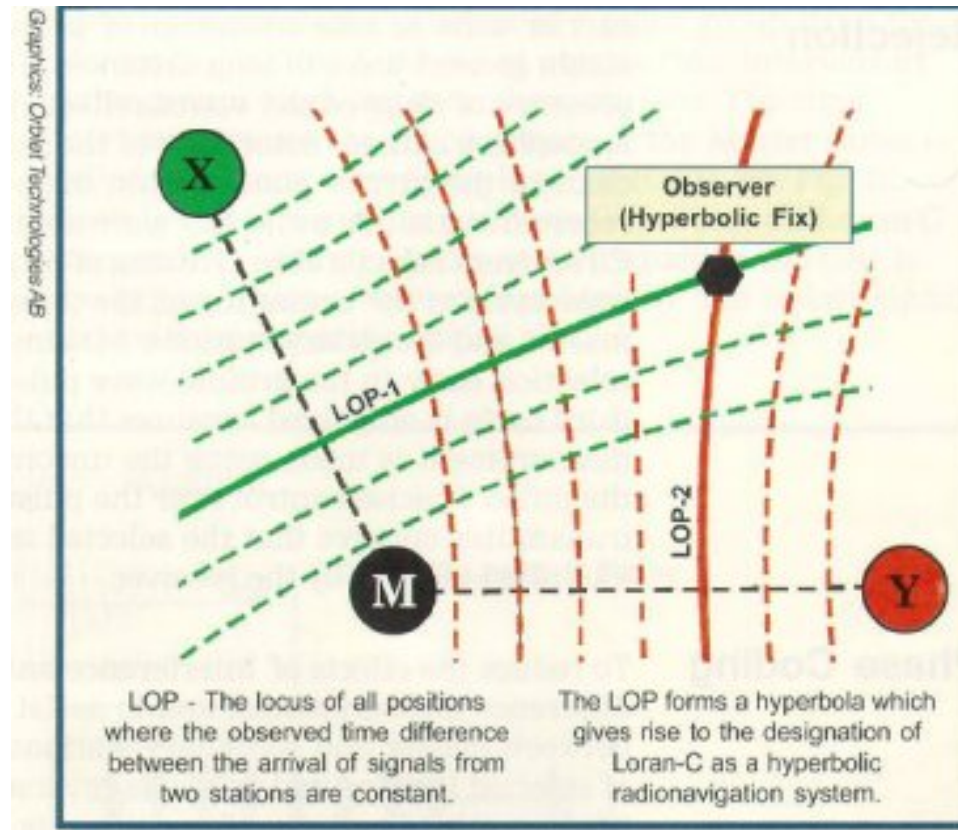
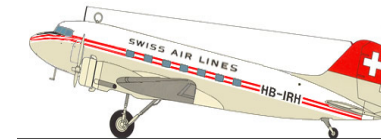
LORAN C
Station auf Sylt

Historische Navigation

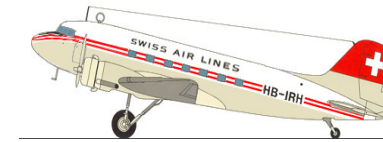


Karte der LORAN Stationen

Historische Navigation



Historische Navigation



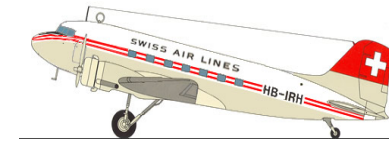
LORAN-C ist ein Langstrecken Navigationssystem basierend auf Langwellen Puls Ausstrahlung.

Die Bodeninstallation besteht aus einer Kette von Haupt- und Sekundärstationen, welche zusammen ein Netzwerk bilden.

Der Empfänger im Flugzeug misst die Zeitdifferenz zwischen den ausgesendeten Signalen und dem Empfang für die Distanzberechnung.

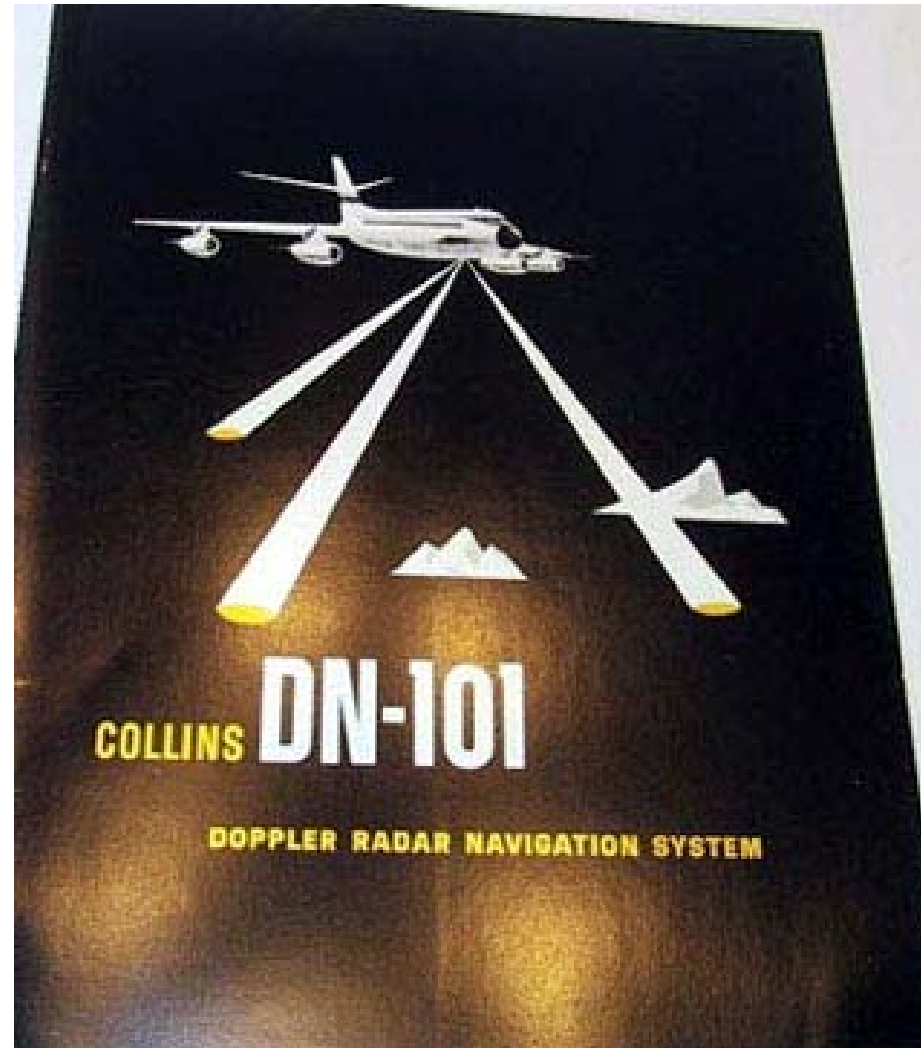
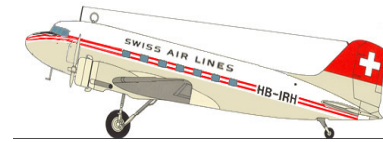
Ein Signal der Hauptstation und von mindestens 2 Sekundärstationen ist notwendig eine Position zu berechnen.

Historische Navigation

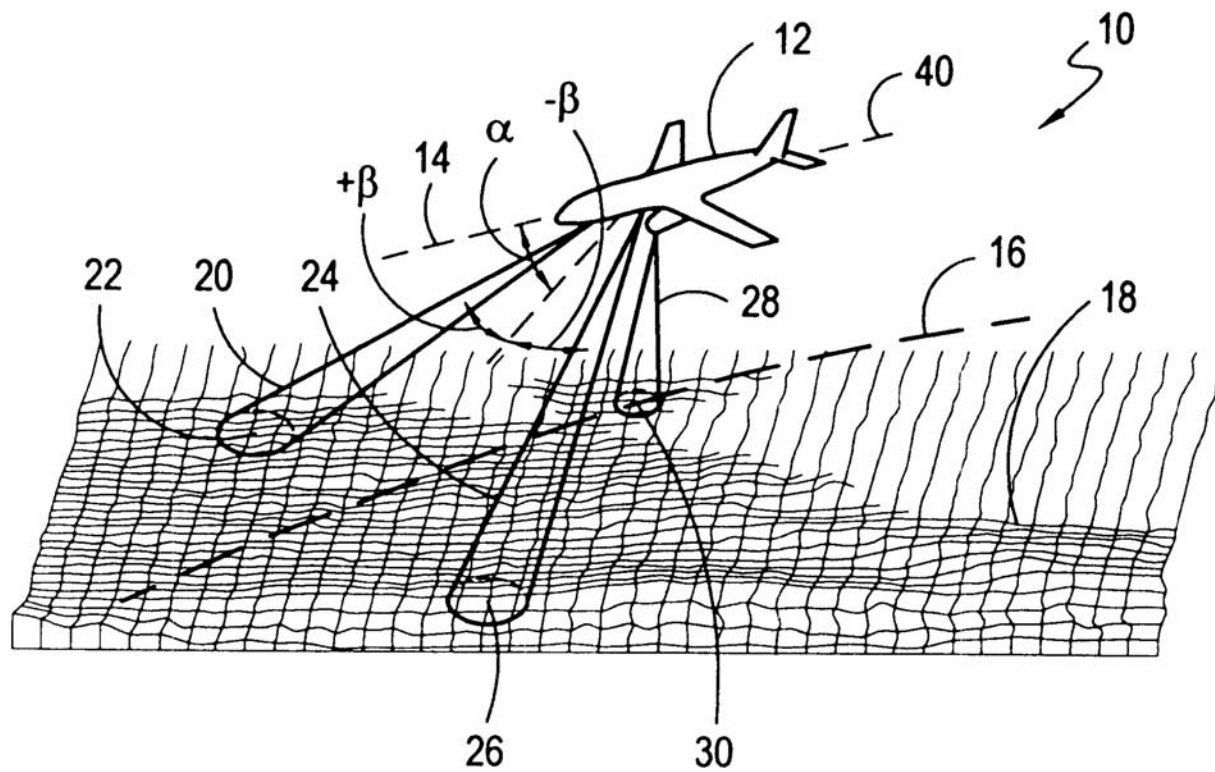
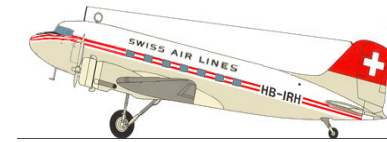


Navigation mit Doppler Effekt

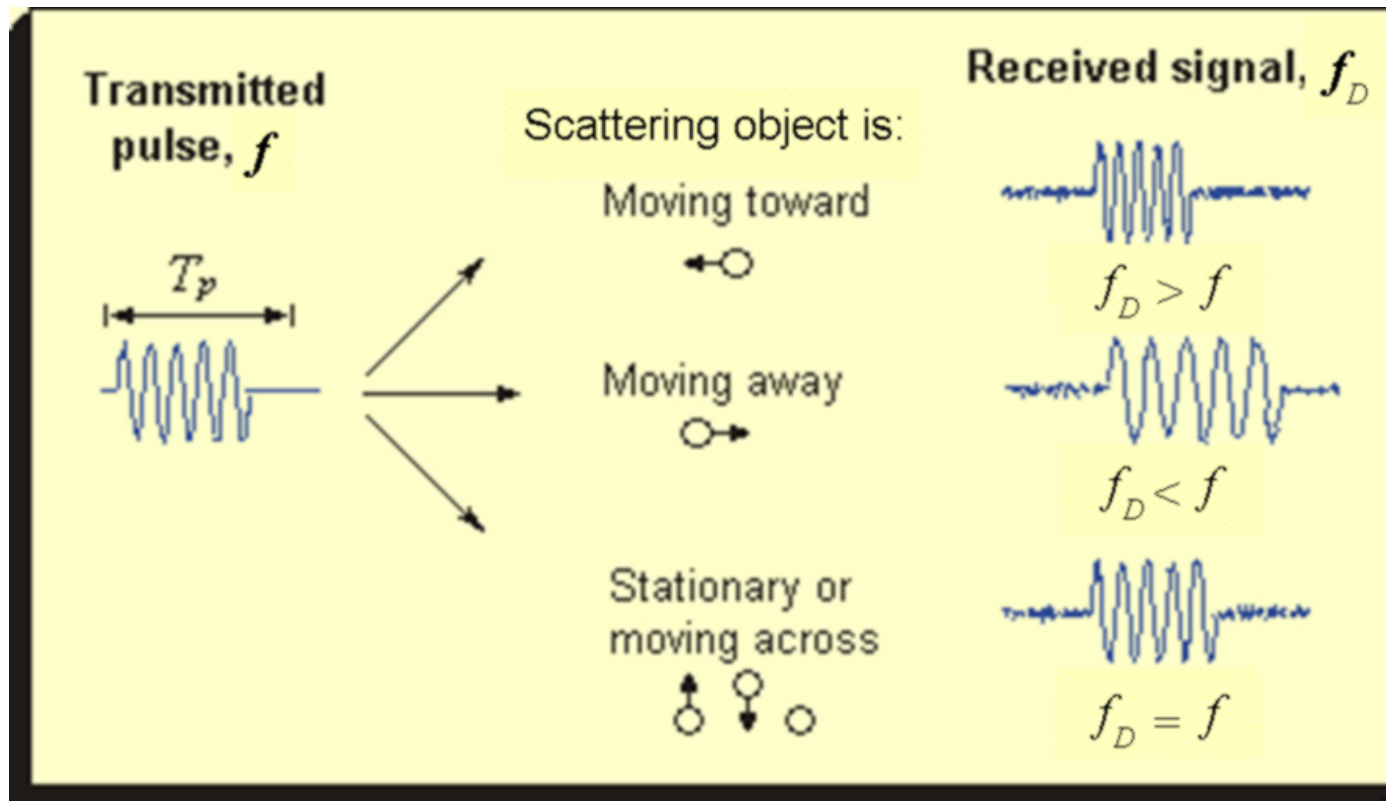
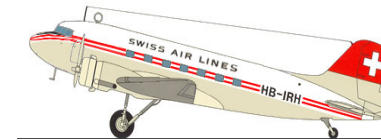
Historische Navigation



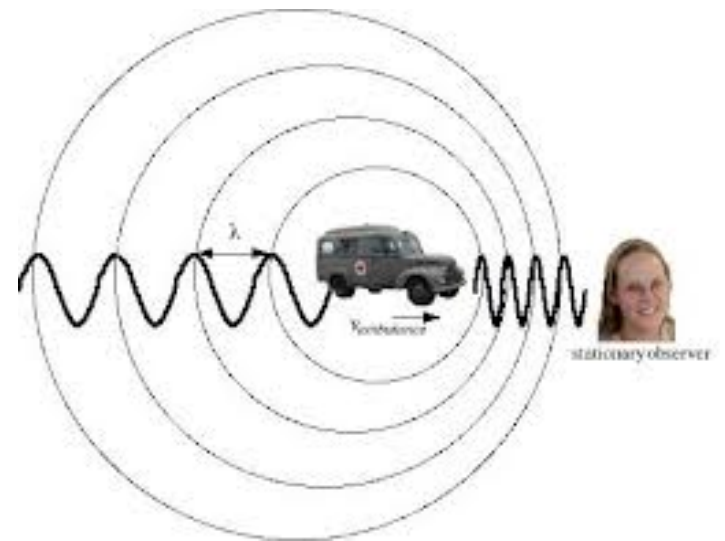
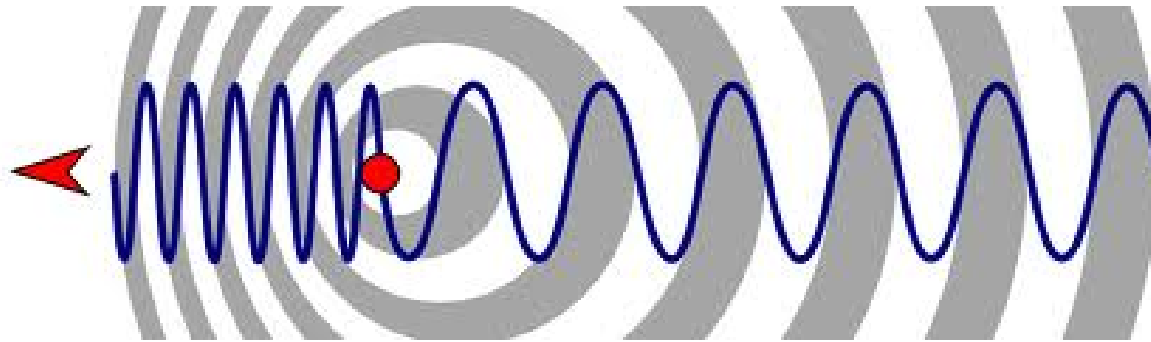
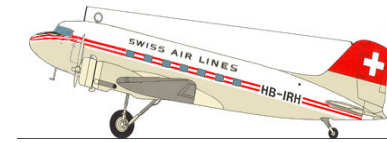
Historische Navigation



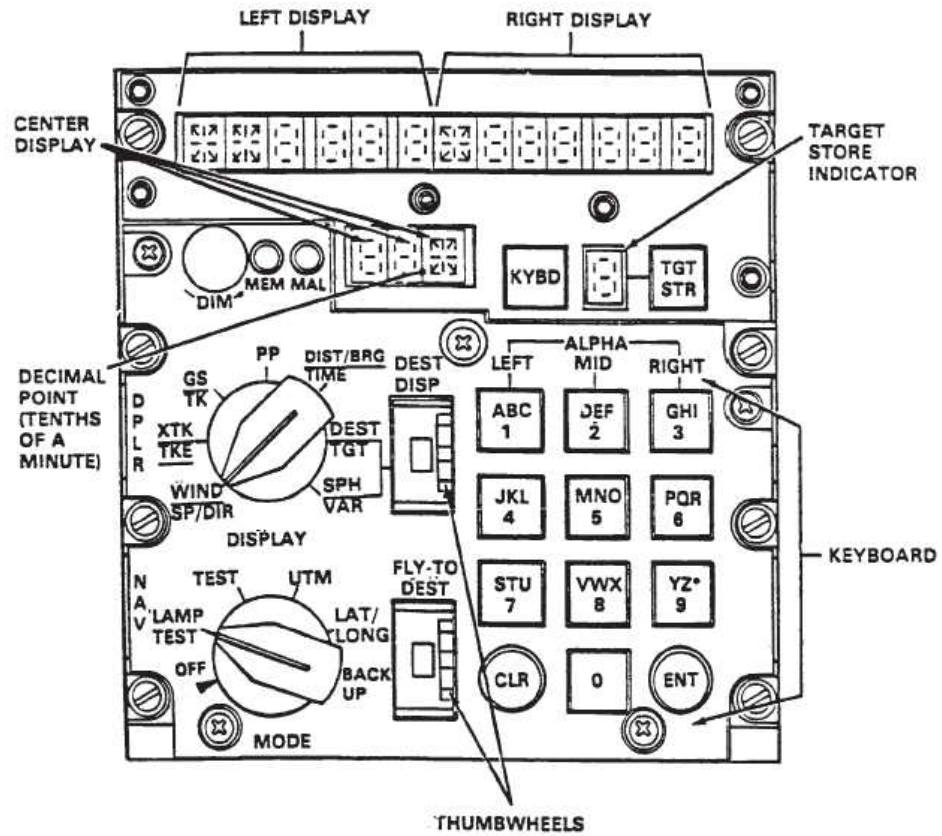
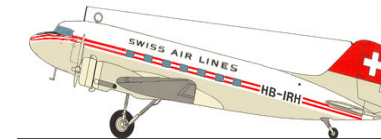
Historische Navigation



Historische Navigation



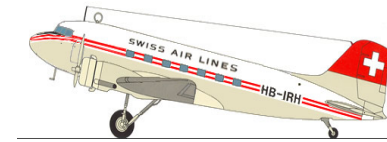
Historische Navigation



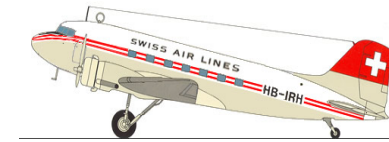
NOTE:
DISPLAYS SHOWN WITH
MODE SWITCH AT LAMP TEST.

18540

Historische Navigation



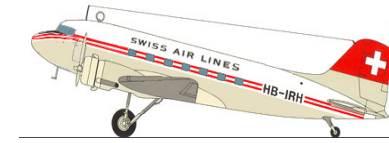
Historische Navigation



Die Doppler Einrichtung wurde im Zusammenhang mit dem Navigator eingesetzt.

Das Dopplergerät konnte die Ground Speed und die Drift errechnen. Und damit letztlich den Kurs über Grund.

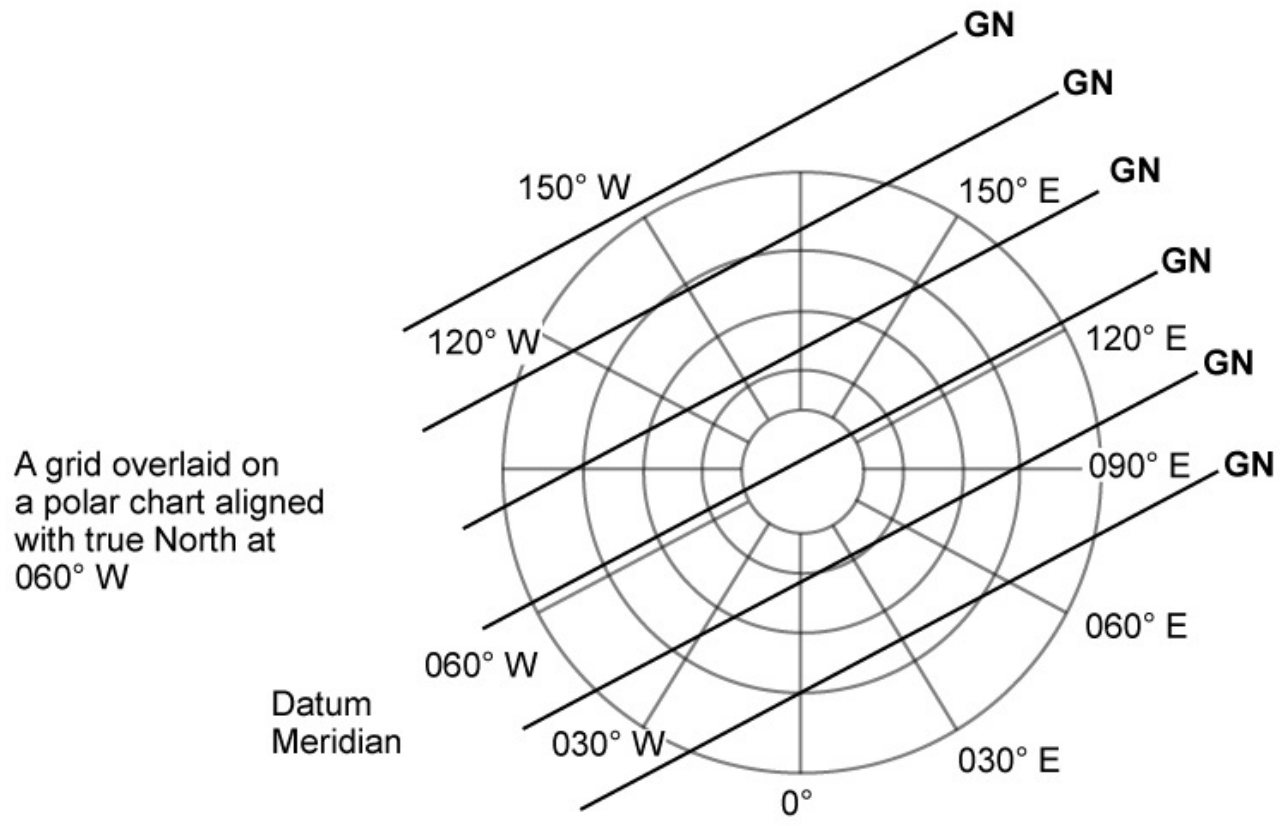
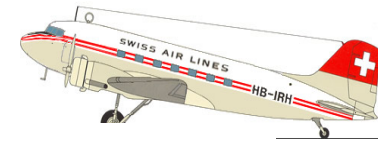
Diese Angaben haben den Navigator bei seinen Berechnungen unterstützt.

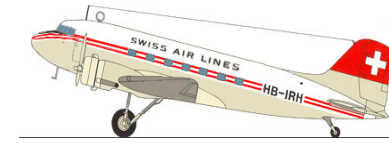


Gridnavigation – Wenn der Kurs in Polarregionen führt

Siehe die alte SAS/SWISSAIR Navigationskarte aufgehängt an der Wand.

Historische Navigation

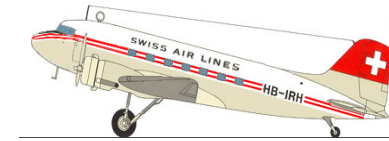




Grundprinzip der Gridnavigation

Im Zeitalter von GPS und INS muten derartige Verfahren auf den ersten Blick antiquiert an. Diese Bequemlichkeit gab es vor rund 70 Jahren noch nicht: Mit Hilfe von Astronavigation wurde der Kreiselkompass korrigiert - dann ging es mit dessen Hilfe innerhalb des Gridsystems zum Ziel. (Gyro alignement)

Historische Navigation



Fremdpeilung

VDF VHF Direction Finder UKW-Peiler

Prinzip: Peilung eines Funksignales durch eine Bodenstation

Bodenanlage Peilantenne, Peilempfänger, Anzeigegerät

Bodenanlage VHF COM Sender/Empfänger

Frequenzbereich 118.000 - 136.975

Reichweite Radio-Sichtlinie

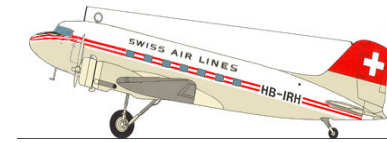
Informationen **QDM, QDR, QTE**

Die Peilung am Boden erfolgt automatisch während dem Sprechfunkverkehr

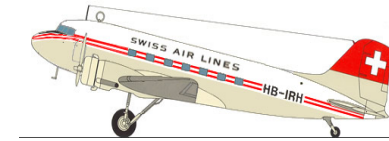
Anwendung Kontrolle zur Unterstützung der Eigennavigation

Homing zum Peiler, resp. Wegflug vom Peiler

Historische Navigation



Historische Navigation



ADF Automatic Direction Finder Radio-Kompass-Anlage

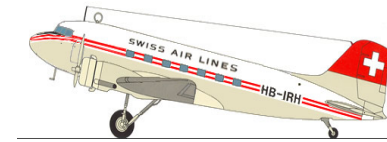
Prinzip: Peilen der Richtung eines MW- oder LW-Senders (NDB)

relativ zur Flugzeuglängsachse mittels einer Peileinrichtung (**Loop- und Sense-Antenne**).

Die Spitze der ADF-Nadel zeigt die Richtung zur NDB-Station. Die Peilung erfolgt mit Hilfe einer richtungsempfindlichen Antenne, genannt Loop-Antenne. Frequenzbereich 200 - 1750 kHz für MW- und LW-Sender.

QDM und QDR Werte können gemessen werden.

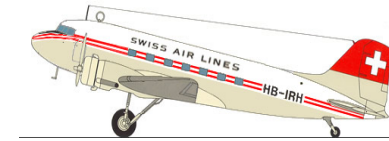
Historische Navigation



ADF



Historische Navigation



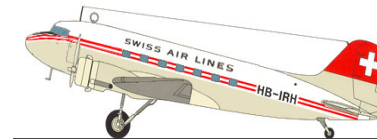
VOR VHF Omnidirectional Range UKW-Drehfunkfeuer

Prinzip: Vermessen eines von einem VHF-Sender definierten Signals mit Richtungsinformation.

Das Referenzsignal ist in der Phasenlage konstant. Beim variablen Signal ist die Phasenlage von der Abstrahlungsrichtung der VOR-Bodenstation abhängig. In Richtung magnetisch Nord beträgt die Phasenverschiebung gegenüber dem Referenzsignal 0° . Die Phasenverschiebung entspricht der Himmelsrichtung.

Frequenzbereich: 108 - 117.95 MHz,

Historische Navigation



VOR

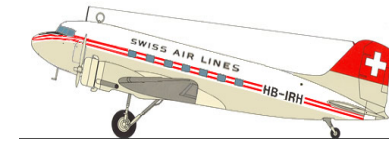


RDI
Radio Magnetic
Indicator

CDI
Course Deviation Indicator



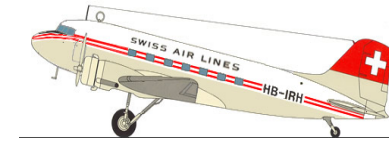
Historische Navigation



Was heisst den GCA ?

Prinzip?

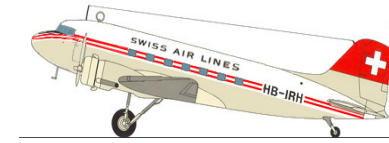
Historische Navigation



INS (Inertial Navigation System) ist ein Vorläuferinstrument zum GPS, oder zum Teil mit dem GPS in der Anwendung integriert.

Wurde bei SWISSAIR meines Wissens nie umfassend eingeführt.

Historische Navigation



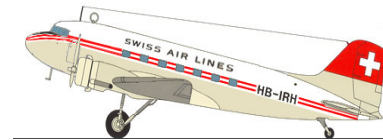
INS Inertial Navigation System Trägheitsnavigation

Prinzip: Berechnung der Positionsänderung aufgrund von Beschleunigungen (drei Achsen mit linearen Beschleunigungsmessern, drei Winkel mit Giros).

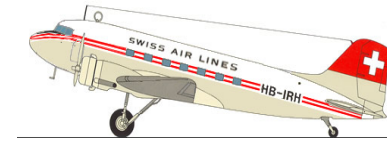
Wird bei Kleinflugzeugen nicht angewendet.

Vor allem angewandt bei Langstreckenflügen, wo keine VOR, NDB, DME zur Verfügung stehen. Benötigt keine Bodenanlagen, muss aber vor dem Start ausgerichtet werden. Genauigkeit der Positionsbestimmung wird mit zunehmender Zeit immer ungenauer, deshalb ist Nachführung bei bekannter Position (z.B. über VOR) notwendig. Ein kompletter Satz von drei Beschleunigungsmessern und drei Giros heisst Plattform.

Historische Navigation



Historische Navigation

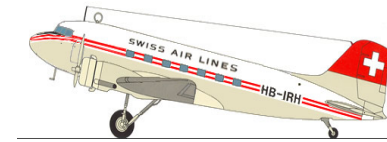


FMS

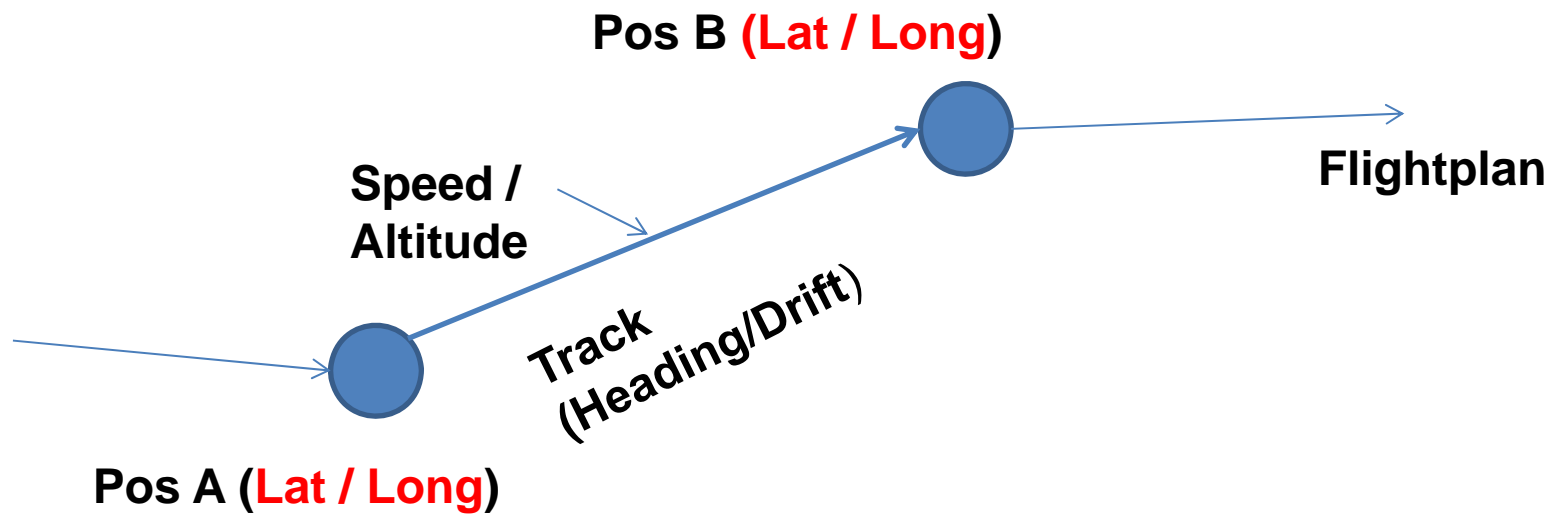
Das Flight Management System besteht aus dem Eingabegerät im Cockpit und basiert auf verschiedenen Sensoren, wie z.B. verschiedene Eingaben der Piloten, VOR, ADF, etc.



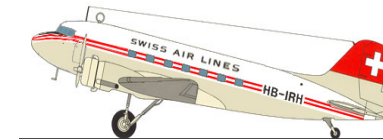
Historische Navigation



Aber -- Zur Erinnerung:
Navigation bleibt Navigation, gestern wie heute!



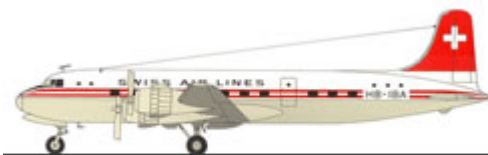
Historische Navigation



Douglas DC-4 (& C-54)
1946-1959

Ohne Druckkabine

Langstreckenflugzeuge aus dem Vor-Jet-Zeitraum



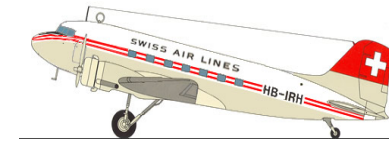
Douglas DC-6
1951-1962

Mit Druckkabine



Douglas DC-7c
1956-1961

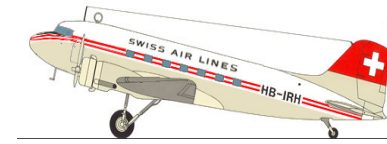
Historische Navigation



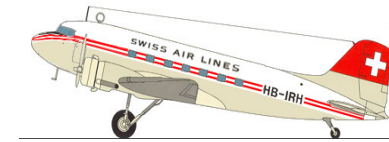
Besten Dank für die Aufmerksamkeit



Historische Navigation



Historische Navigation



Ein paar Frequenzbereiche als Beispiel von :

Omega	10 -14kHz
Loran	90 - 10kHz
Doppler	10 -20GH
ADF	190-1600kHz
VOR/DME	108-118MHz
ILS/GS	108 -112MHz/329 – 335MHz