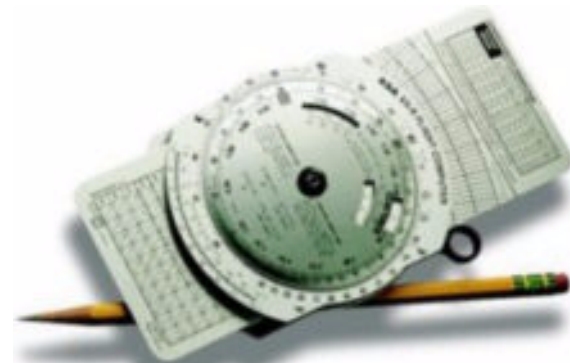


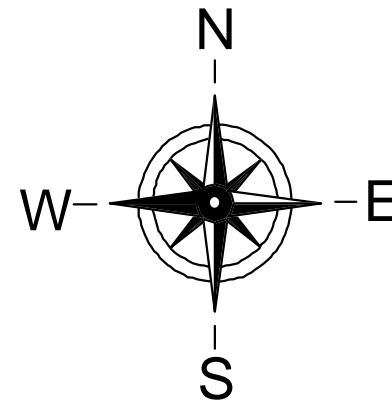


# Navigation



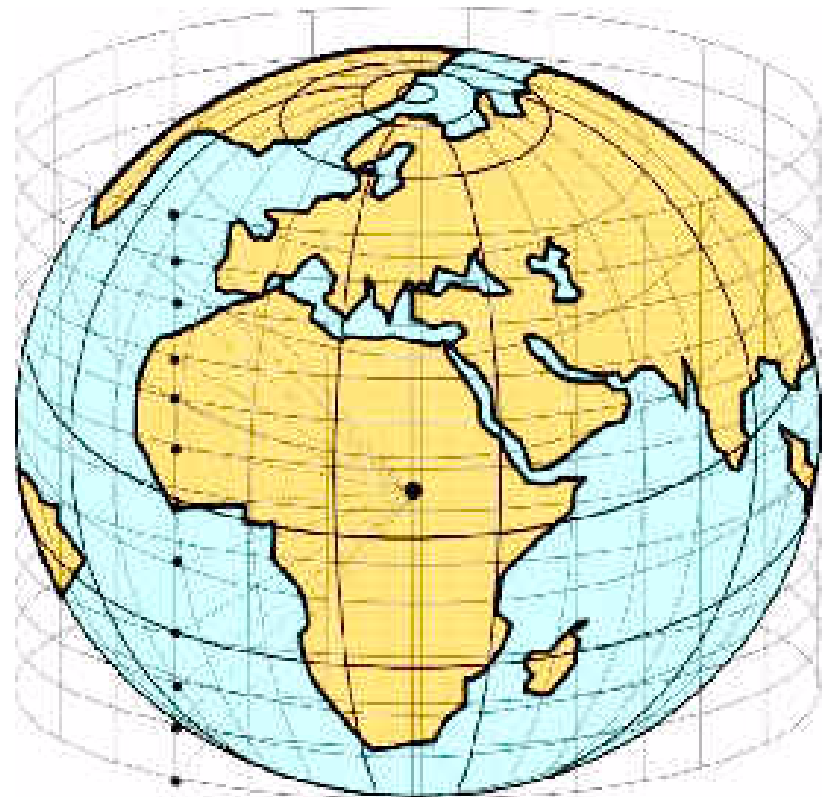
**PPL - Unterricht im THURM**

Karten und Kurse



# Kartographie

- ▲ Die Karte ist eine Abbildung der zweifach gekrümmten Erdoberfläche auf eine Ebene. Dabei müssen zwangsläufig Verzerrungen auftreten. So reißt auch eine gekrümmte Apfelsinenschale auseinander, wenn man versucht sie breit zu drücken.
- ▲ Die Übertragung von Teilen der Erdoberfläche auf eine Karte wird Projektion genannt.
- ▲ Eine optimale Luftfahrerkarte sollte flächentreu, längentreu und winkeltreu sein.



# Abbildungseigenschaften

---

- ▲ Eine Karte ist nur dann **winkeltreu** (konform), wenn Winkel auf der Erde und auf der Karte übereinstimmen - dies ist nur lokal möglich! Form bleibt erhalten. Fläche nicht.
- ▲ Eine Karte ist nur dann **flächentreu** (äquivalent), wenn alle Flächenverhältnisse der Erde auf der Karte richtig abgebildet sind. Form bleibt nicht erhalten.
- ▲ Eine Karte ist nur dann **längentreu** (äquidistant), wenn alle Entfernungen auf der Erde auf der Karte im gleichen Maßstab verkleinert erscheinen. Längentreue bleibt nur in einer Richtung erhalten!

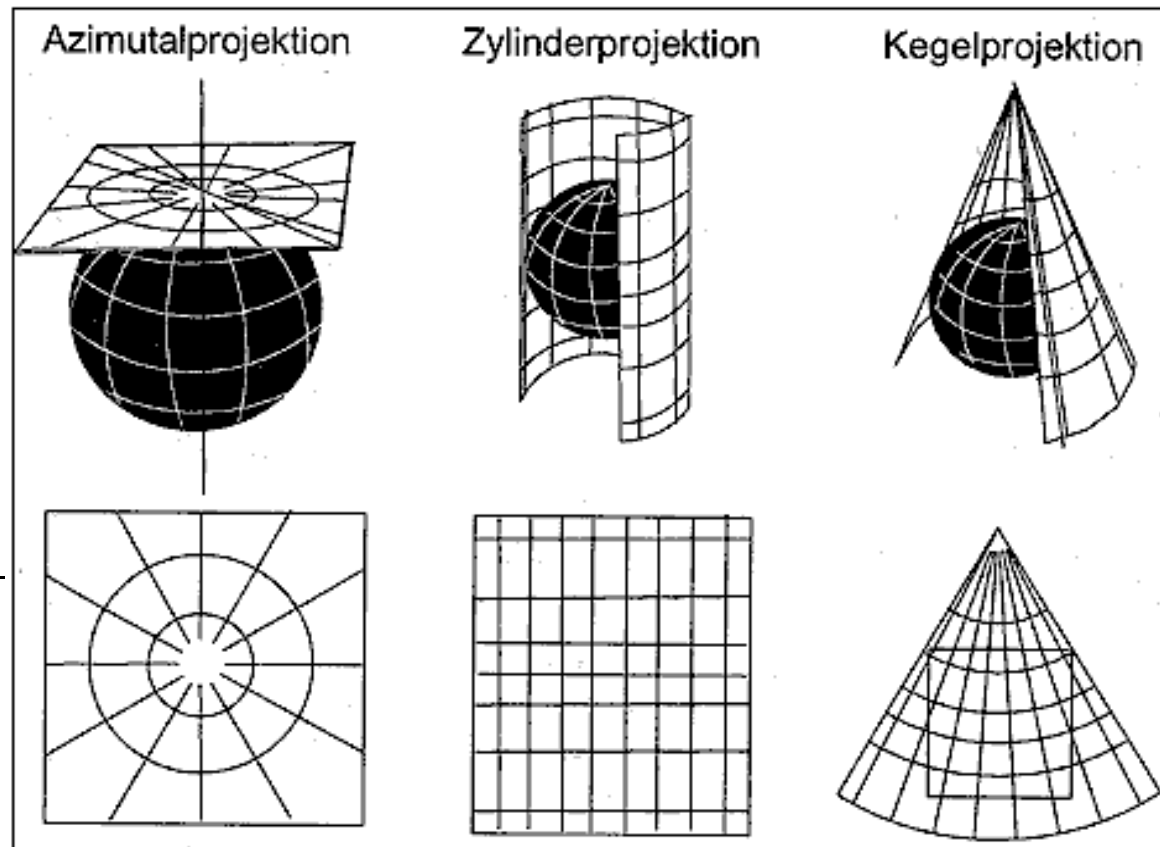
➔ Nur der Globus ist gleichzeitig winkeltreu, flächentreu und längentreu.

# Projektionsarten

Aufgabe der Kartographie ist es, geeignete Abbildungsfunktionen (Projektionen oder Kartenentwürfe) zu finden, die die Kugeloberfläche auf die Ebene unter Berücksichtigung von

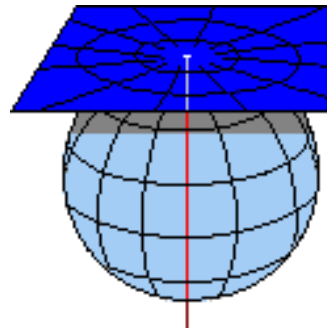
- ▲ Längentreue,
- ▲ Flächentreue und
- ▲ Winkeltreue abbilden.

Die Abbildungen des Systems von Längen- und Breitengraden nennt man Netzentwürfe.



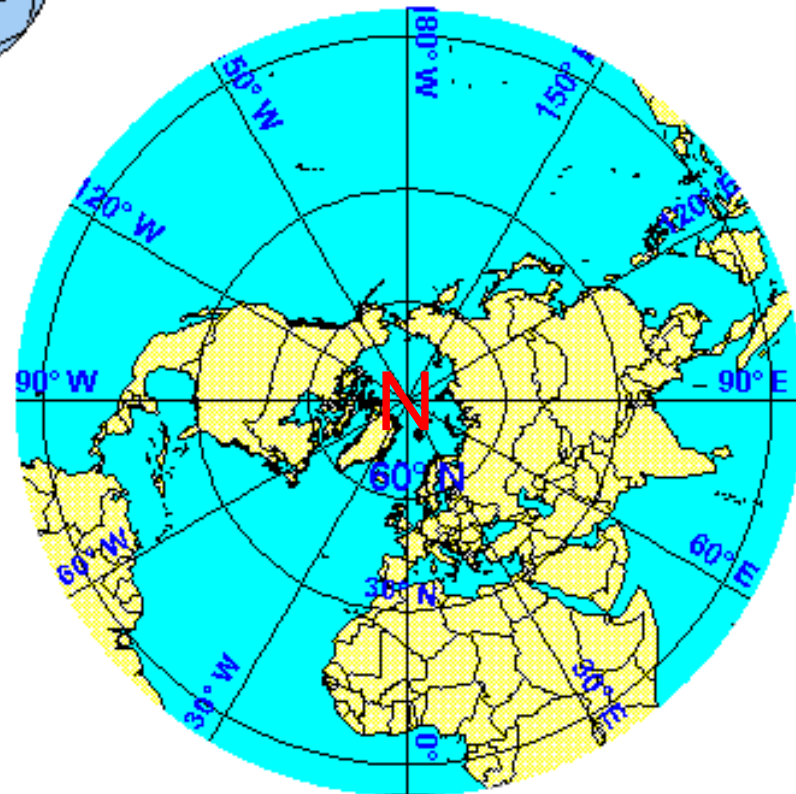
# Azimutalprojektion

▲ Bei der azimutalen Projektion wird die Erdoberfläche direkt auf eine Ebene abgebildet, welche die Erdkugel in einem Punkt berührt.



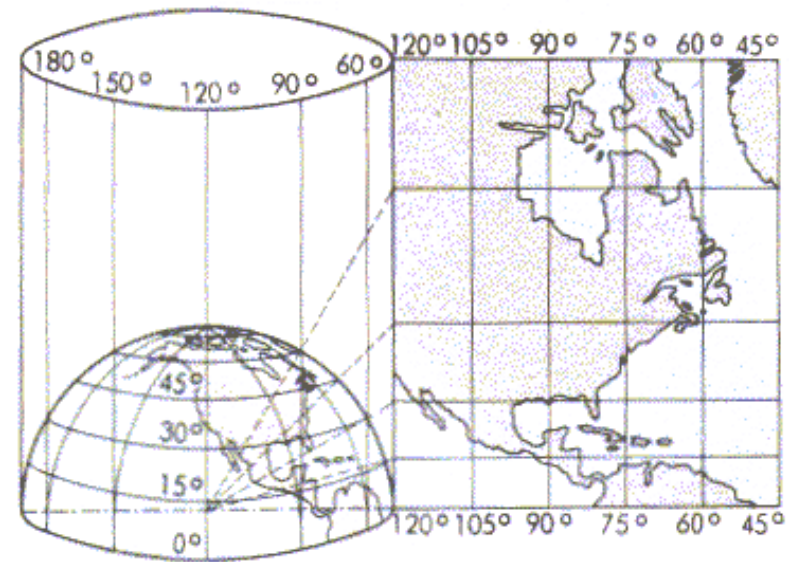
▲ In der Luftfahrt findet die **polarstereographische Projektion** zur Darstellung der Polregionen Verwendung.

▲ Die polarstereographische Projektion ist winkeltreu, aber nicht maßstabstreu.



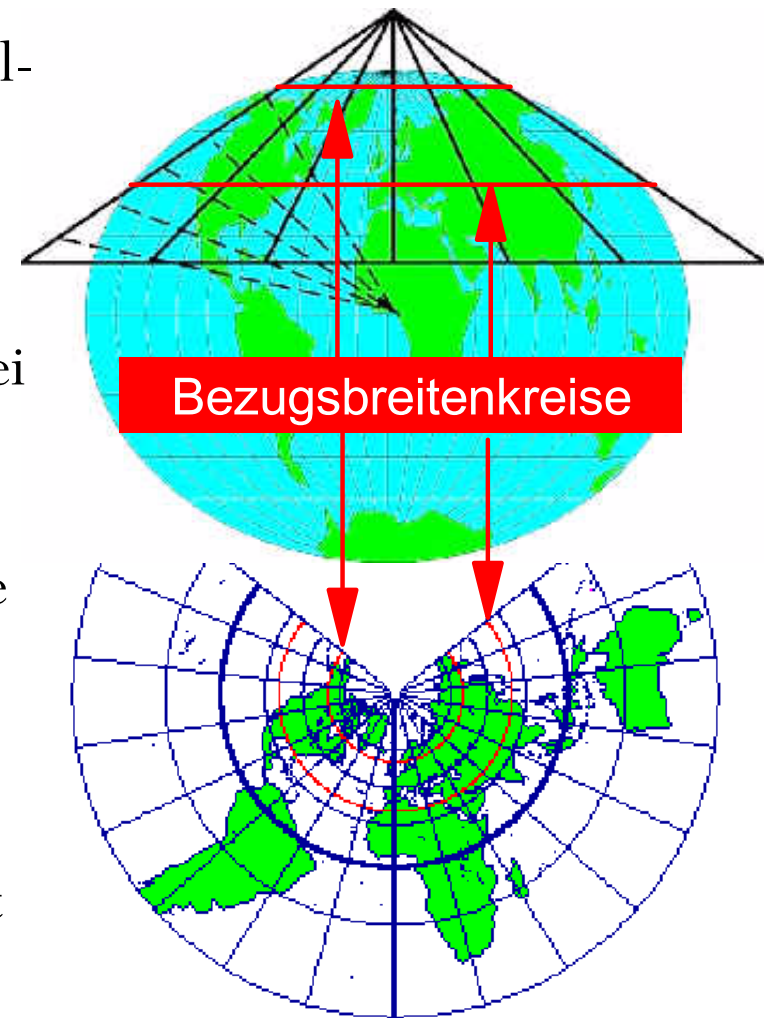
# Zylinderprojektion

- ▲ Vom Erdmittelpunkt wird auf einen Zylindermantel projiziert, welcher die Erde am Äquator berührt (polständige Zylinderprojektion). Sie hat am Äquator fast keine, an den Polen maximale Verzerrung. Sie ist nicht winkeltreu.
- ▲ Die **Mercatorkarte** ist eine rechnerisch korrigierte Zylinderprojektion. Sie ist wegen der Verschiebung der Breitenkreise winkeltreu. Eine Loxodrome ist dort deshalb eine gerade Linie, die Orthodrome polwärts gekrümmt. Die Mercatorkarte wird fast ausschließlich in der Seefahrt eingesetzt.



# Schnittkegelprojektion

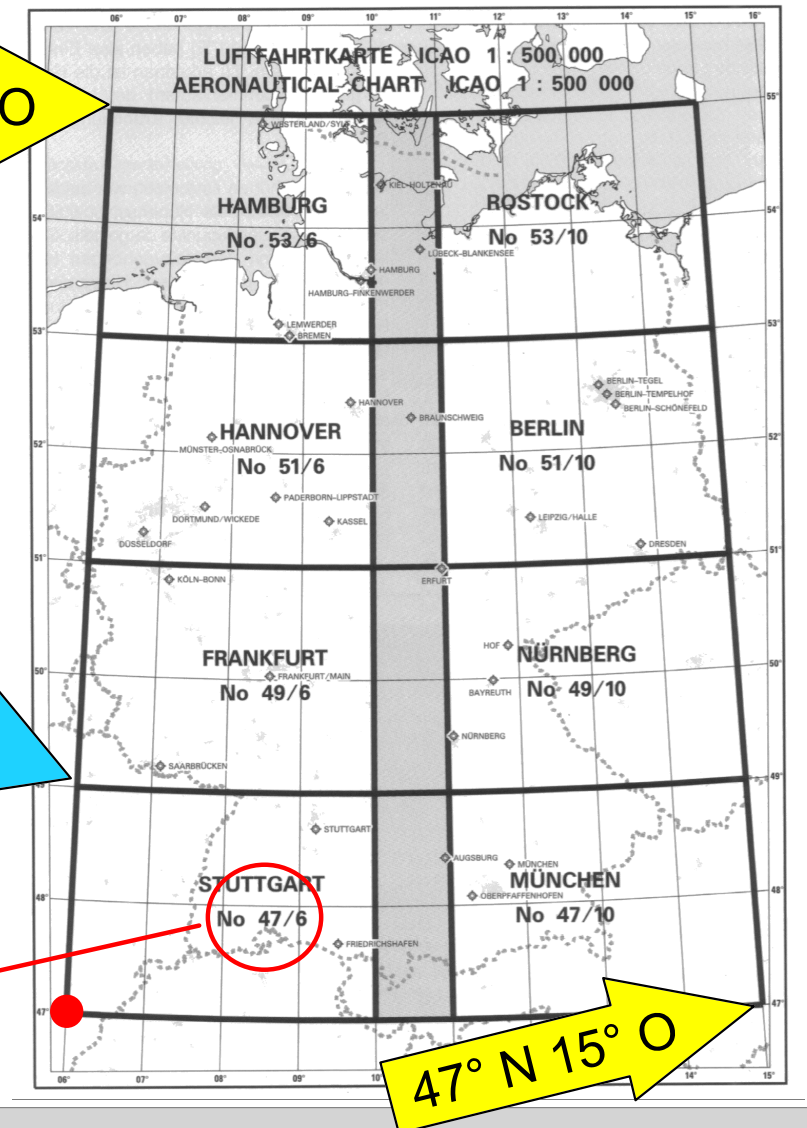
- ▲ Projektionszentrum ist der Erdmittelpunkt, wobei auf einen Kegelmantel projiziert wird.
- ▲ Die Lambert-konforme Schnittkegelkarte schneidet die Erde an zwei **(Bezugs-)Breitenkreisen**, den Standardparallelen. Dort ist sie nicht verzerrt und deshalb längentreu. Die ganze Karte ist winkeltreu.
- ▲ Die ICAO-Karte ist eine **Lambert-Schnittkegelprojektion**.
- ▲ Großkreise erscheinen darauf als fast gerade Linien, die Loxodrome ist äquatorwärts gekrümmt.



# ICAO-Kartenschnitt

- ▲ Die Luftfahrkarte ICAO 1:500.000 in winkeltreuer Schnittkegelprojektion nach Lambert besteht für die BRD aus 8 Blättern.
- ▲ Das Kartenwerk umfaßt das Gebiet von  $47^{\circ}$  N bis  $55^{\circ}$  N und von  $6^{\circ}$  O bis  $15^{\circ}$  O.
- ▲ Die längentreuen **Bezugsbreitenkreise** sind  $44^{\circ}$  N und  $48^{\circ}$  N sowie  $50^{\circ}$  N und  $54^{\circ}$  N.

NO 47/6 = Koordinaten des linken unteren Eckpunktes des Kartenblatts =  $47^{\circ}$  N /  $6^{\circ}$  O





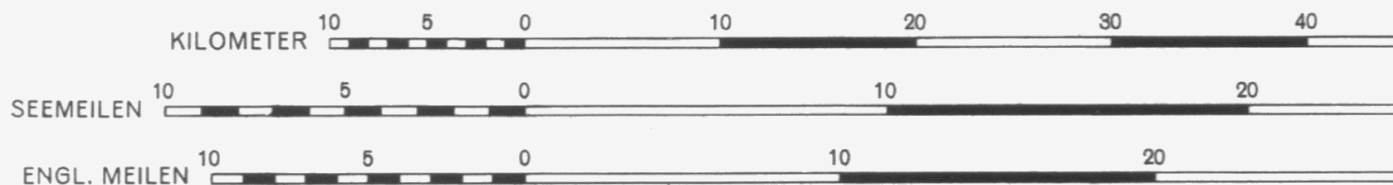
# Maßstab

- ▲ Die ICAO-Karte 1:500.000 ist die Standardkarte für die VFR-Streckennavigation.
- ▲ Der Maßstab ist das Verhältnis einer Strecke in der Karte zu der entsprechenden Distanz in der Natur. Der Maßstab wird durch eine Verhältniszahl (z.B. 1:500.000) oder durch einen Längenmaßstab auf der Karte angegeben.

Bei der ICAO-Karte entspricht  $1 \text{ cm} = 500.000 \text{ cm} = 5 \text{ km}$  in der Natur.

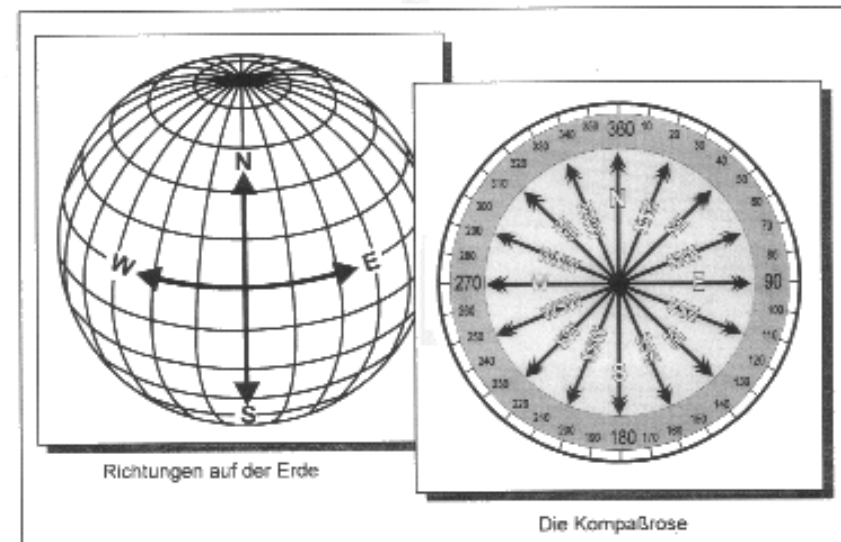
- **kleiner Maßstab:** in der Karte ist ein großes Gebiet dargestellt (detailarm)
- **großer Maßstab:** in der Karte ist ein kleines Gebiet dargestellt (detailgenau)
- ➔ **Merkregel:** Wenn man 1 durch eine große Zahl teilt, ergibt sich eine kleine Zahl, also ein kleiner Maßstab.

LUFTFAHRTKARTE    AERONAUTICAL CHART  
ICAO 1:500 000



# Richtungen 1

- ▲ Richtungen (Kurse) werden von der Bezugsrichtung Nord ( $0^\circ$ ) aus im Uhrzeigersinn als Winkel von  $000^\circ$  bis  $360^\circ$  gemessen. Kurse werden immer als 3-stellige Zahl angegeben.
- ▲ Die Haupthimmelsrichtungen sind:
  - N (Nord) =  $000^\circ$  oder  $360^\circ$
  - NO (Nord-Ost) =  $045^\circ$
  - O (Ost) =  $090^\circ$
  - SO (Süd-Ost) =  $135^\circ$
  - S (Süd) =  $180^\circ$
  - SW (Süd-West) =  $225^\circ$
  - W (West) =  $270^\circ$
  - NW (Nord-West) =  $315^\circ$



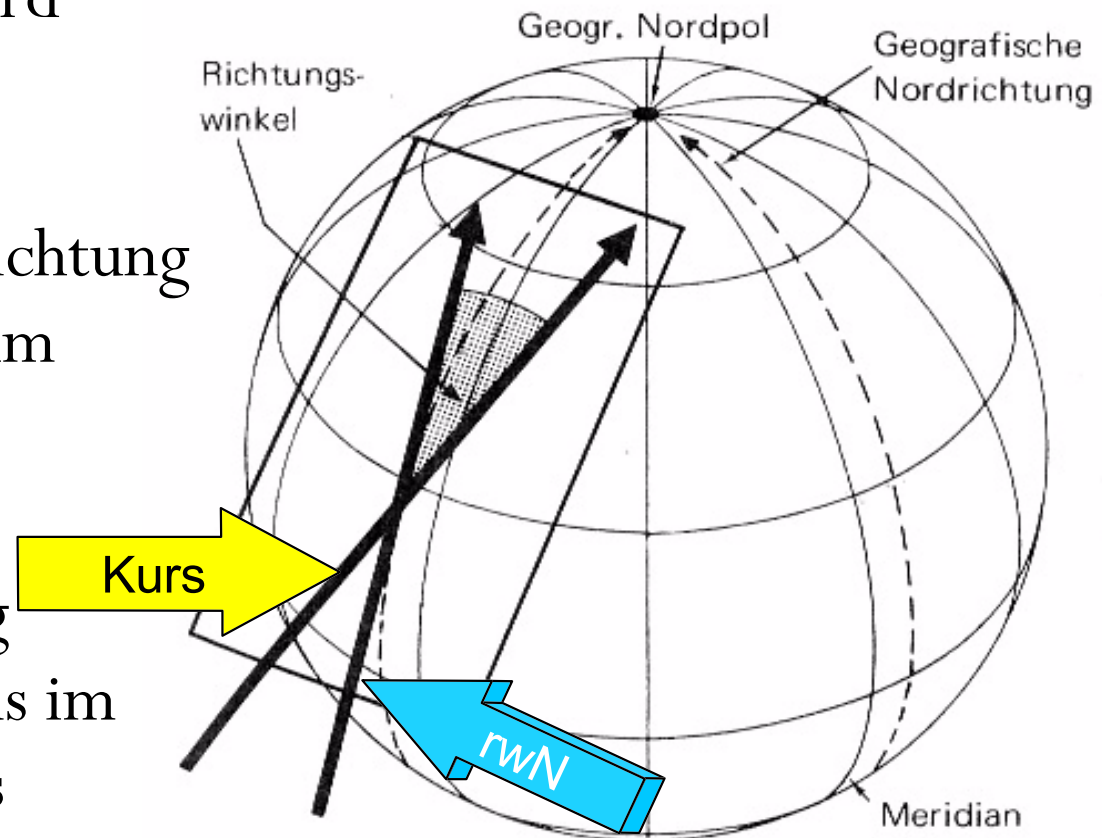
# Richtungen 2

- ▲ rechtweisend Nord  
= rwN

(engl.: True North = TN)

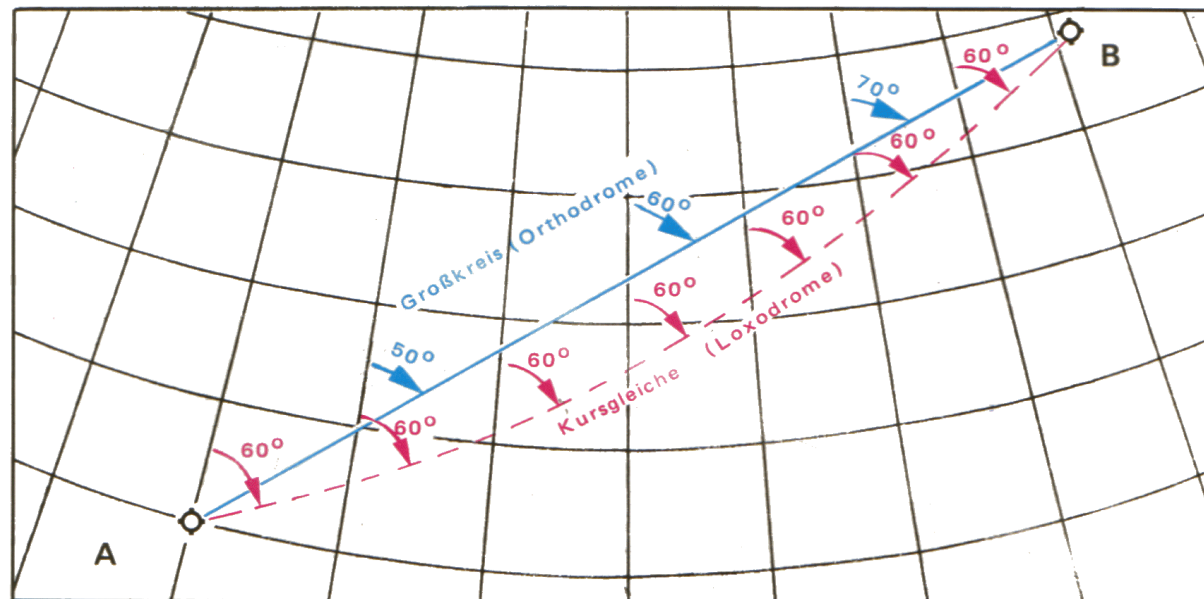
bezeichnet die Richtung der Meridiane zum geographischen Nordpol.

- ▲ Die Kursrichtung wird von rwN aus im Uhrzeigersinn als Winkel zwischen Meridian und Kurslinie gemessen.



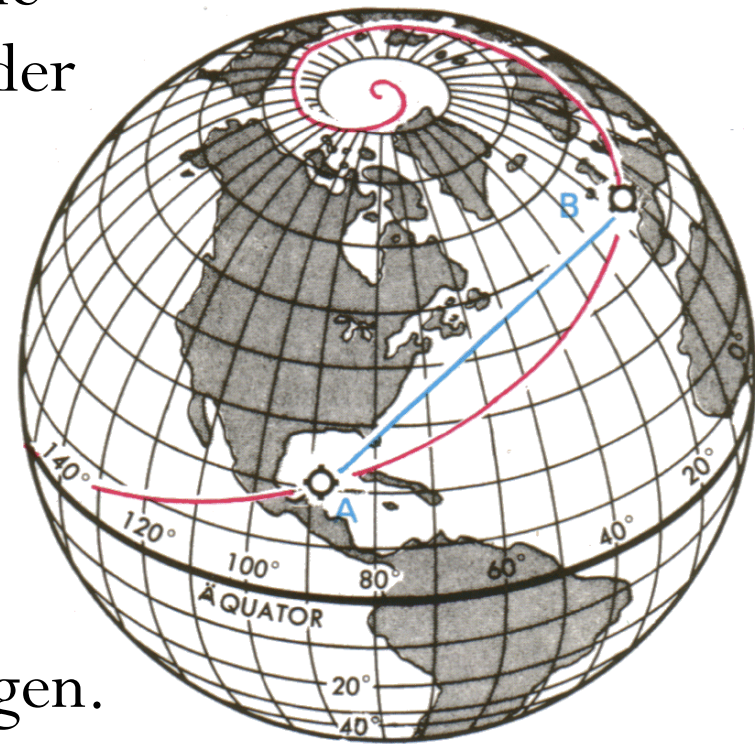
# Großkreis / Kursgleiche 1

- ▲ Die **Großkreisrichtung (Orthodrome)** ist nicht konstant, sondern ändert sich laufend.
- ▲ Die **Kursgleiche (Loxodrome)** schneidet alle Meridiane im selben Winkel.



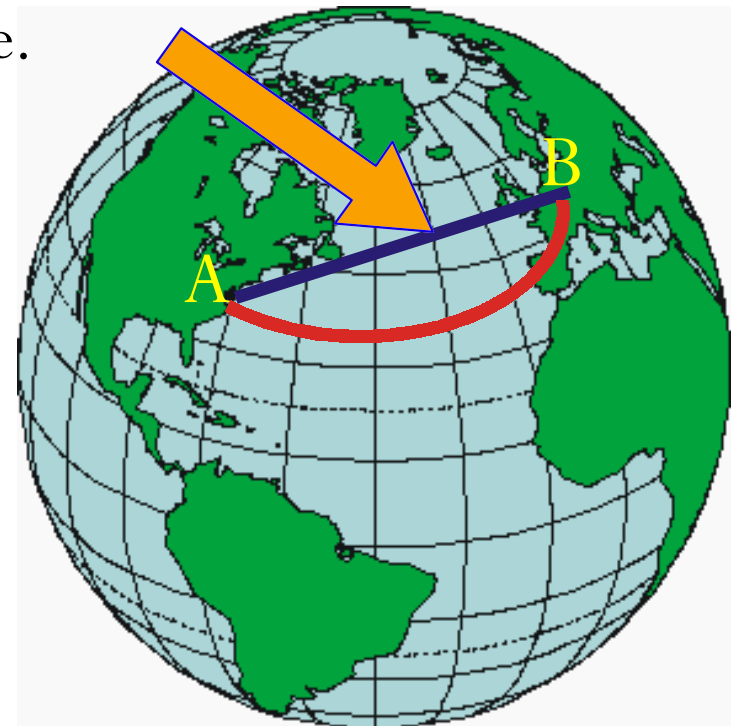
# Großkreis / Kursgleiche 2

- ▲ Die **Kursgleiche (Loxodrome)** verläuft spiralförmig zum Pol.
- ▲ Auf der Nordhalbkugel liegt die **Orthodrome** immer nördlich der Loxodrome. Diese erscheint als äquatorwärts gekrümmte Linie.
- ▲ Der Weg auf der Kursgleichen ist länger als auf der Orthodrome. Diese ist aber einfacher zu fliegen.



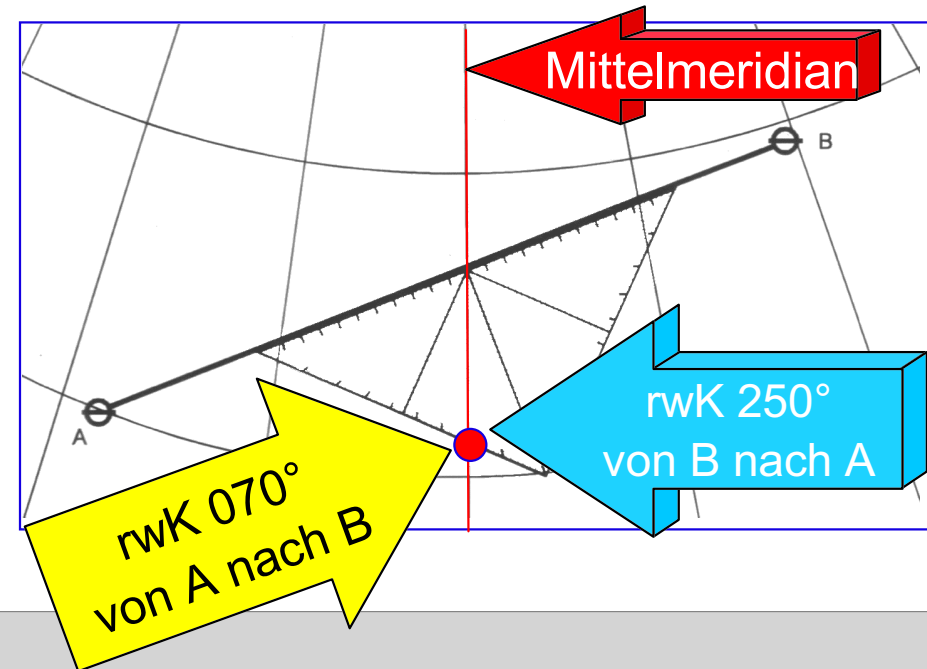
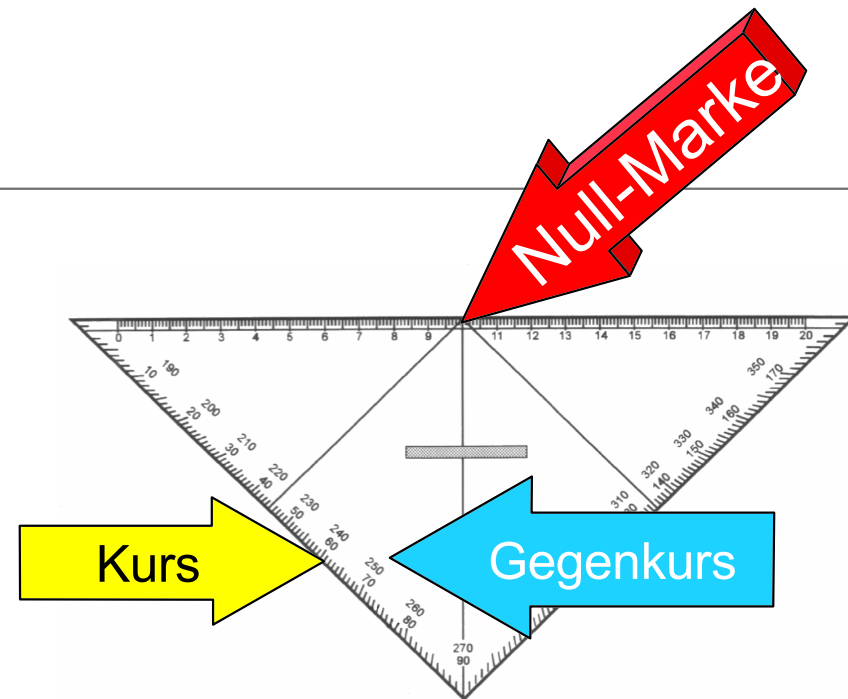
# Die Kursentnahme

- ▲ Die **Orthodrome** (Großkreis) erscheint auf der Lambert-Schnittkegelkarte als fast gerade Linie, schneidet aber die Längengrade (Meridiane) in unterschiedlichem Winkel.
- ▲ Die **Loxodrome** (Kursgleiche) verläuft als äquatorwärts gekrümmte Linie.
- ▲ Die Kursentnahme aus der ICAO-Karte erfolgt an der Orthodrome. Zum Ausgleich der Winkeldifferenzen wird der Kurs am **Mittelmeridian** gemessen, also in der Mitte der Flugstrecke A → B.



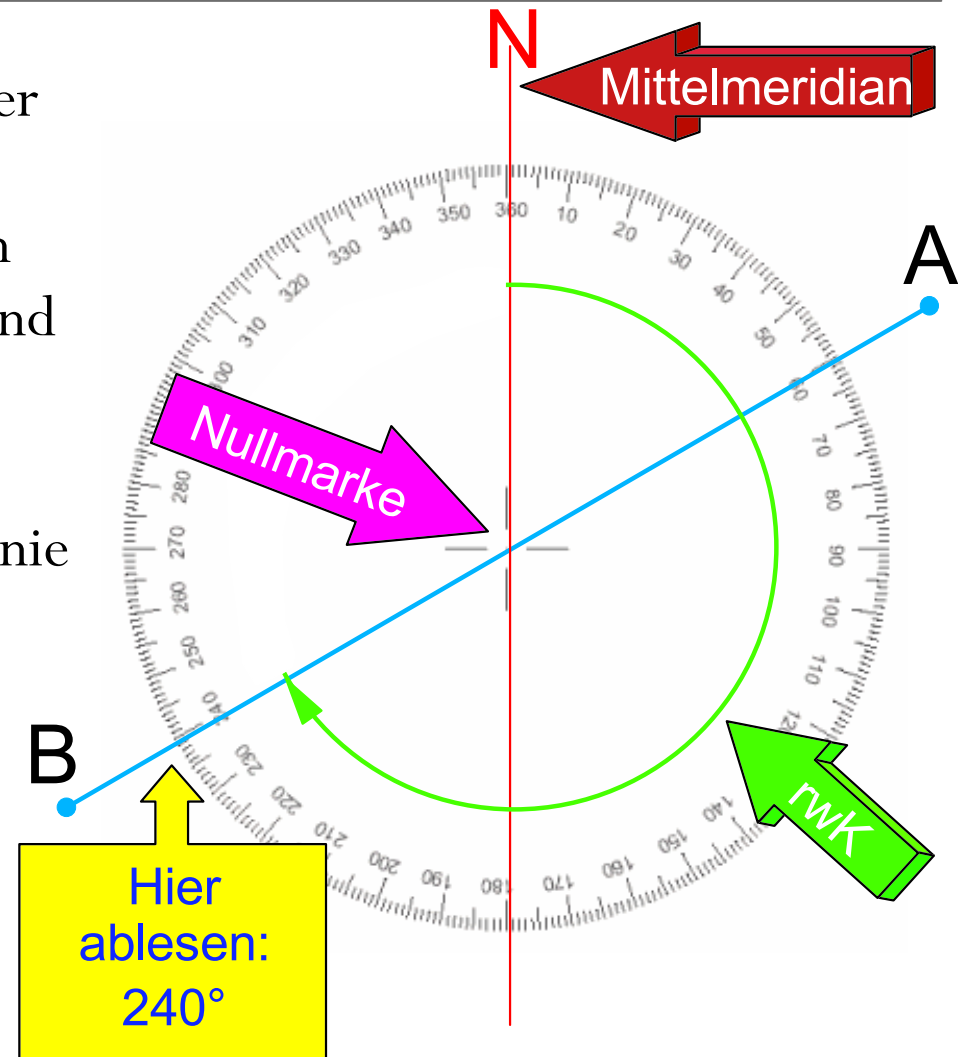
# Kursentnahme 1

- ▲ Der in der Karte eingezeichnete Kurs wird mit dem Kursdreieck am **Mittelmeridian** abgelesen.
- ▲ Die Gerade A - B ist Teil einer Orthodrome.
- ▲ Am Mittelmeridian ist der Kurs der Orthodrome gleich dem Kurs der Loxodrome.  
Der Flug führt tatsächlich entlang der Kursgleichen.



# Kursentnahme 2

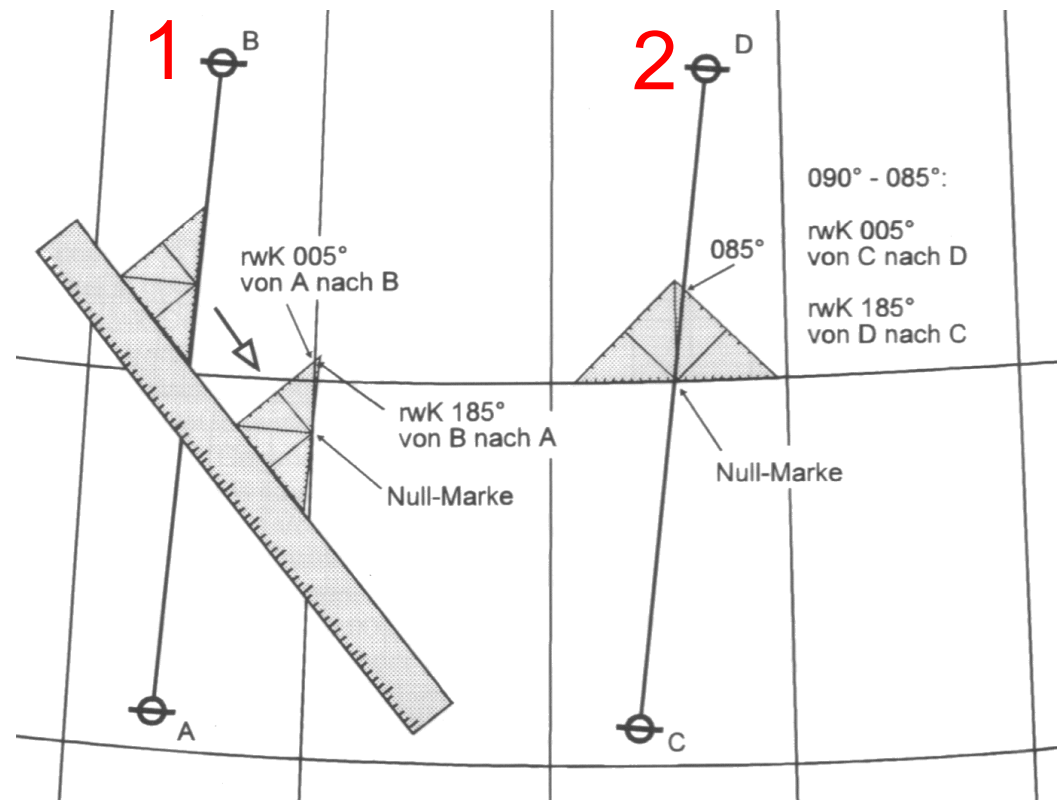
1. Bei der Kursentnahme mit der Kursrose wird deren Mittelpunkt (= Nullmarke) auf den Schnittpunkt von Kurslinie und Mittelmeridian gelegt.
  2. Der Kurs von A nach B wird beim Durchlaufen der Kurslinie bei B auf der Kursrose abgelesen.
- ▲ Der rechtweisende Kurs (rwK) von A nach B ist damit der Winkel zwischen Nord und Kurslinie (im Uhrzeigersinn).





# Kursentnahme 3

1. Verläuft die Kurslinie annähernd in Nord/Süd-Richtung ohne einen Meridian zu schneiden, wird das Kursdreieck bis zum nächsten Meridian (parallel-) verschoben und dort gemessen.
2. Da Breiten- und Längengrade einen  $90^\circ$ -Winkel bilden, kann der Winkel der Kurslinie auch am Breitenkreis gemessen und wie dargestellt errechnet werden.



# Entnahme der Entfernung

▲ Entfernungen können an jedem Längengrad und den Standardparallelen sowie am Längenmaßstab am unteren Kartenrand mit Lineal oder Stechzirkel abgegriffen werden.

▲ An allen Meridianen und den Standardparallelen gilt:

- $1^\circ = 60 \text{ NM}$
- $1' = 1 \text{ NM}$

