

Die Welt als runde Sache auf der ebenen Karte



Die Welt als runde Sache auf der ebenen Karte

Zur Person:

Wolfgang Hinsch

Hamburg

Vermessungsingenieur

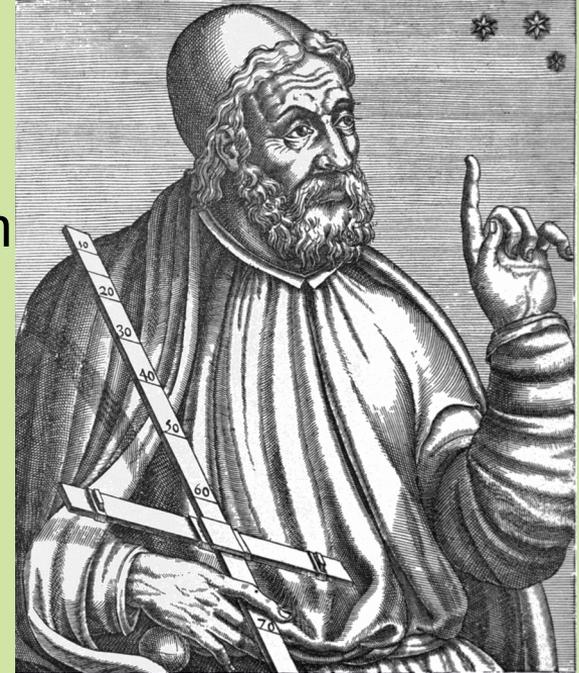
aktiv bei OSM seit 2008

Inhalt

- Kurze Historie der Erderfassung
- WGS84 als modernes Koordinatensystem
- Höhenbestimmung
- Projektionen für Kartenentwürfe
- Anwendungshinweise

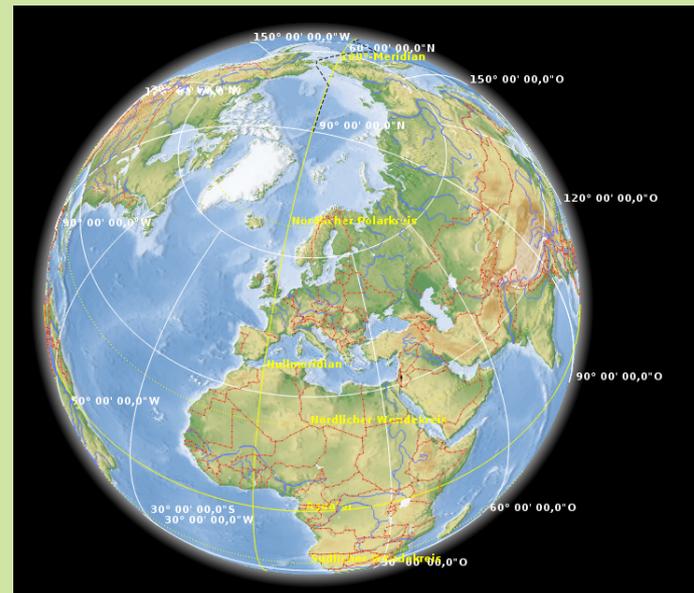
Kurze Historie der Erderfassung

- Geographische Koordinaten 360°
 - Wahrscheinlich aus Babylonien
 - Übernommen von griechischen Astronomen
 - Atlas des Ptolemäus
- Im Frühmittelalter vergessen
 - Die Erde als Scheibe
- Ab dem 15. Jh. wieder in Gebrauch



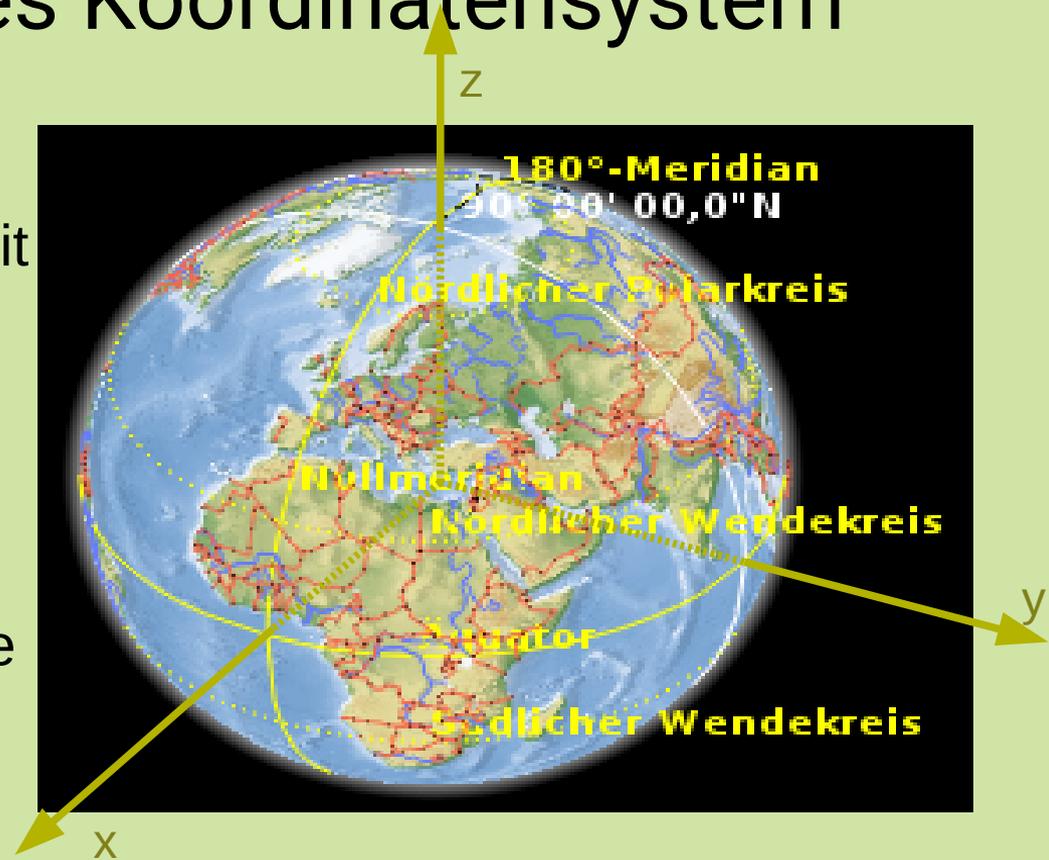
Kurze Historie der Erderfassung

- Die Erde als Kugel
 - Erste Anwendung: Seefahrt
 - Teilung der Erde in 180° W-O und 90° N-S
 - Bequeme Umrechnung mit Uhrzeit und Teilbarkeit
 - Nullpunkt Schnittpunkt Äquator – Meridian durch die Sternwarte von Greenwich



WGS84 als modernes Koordinatensystem

- Globale Koordinaten (WGS84) für die Erde und den nahen Orbit
 - Erdmittelpunkt ist der Nullpunkt
 - X-Achse zum Nullmeridian
 - Y-Achse 90° Ost
 - Z-Achse Nordpol
- 12 Fundamentalstationen für die Verankerung des GPS werden durch dieses System definiert



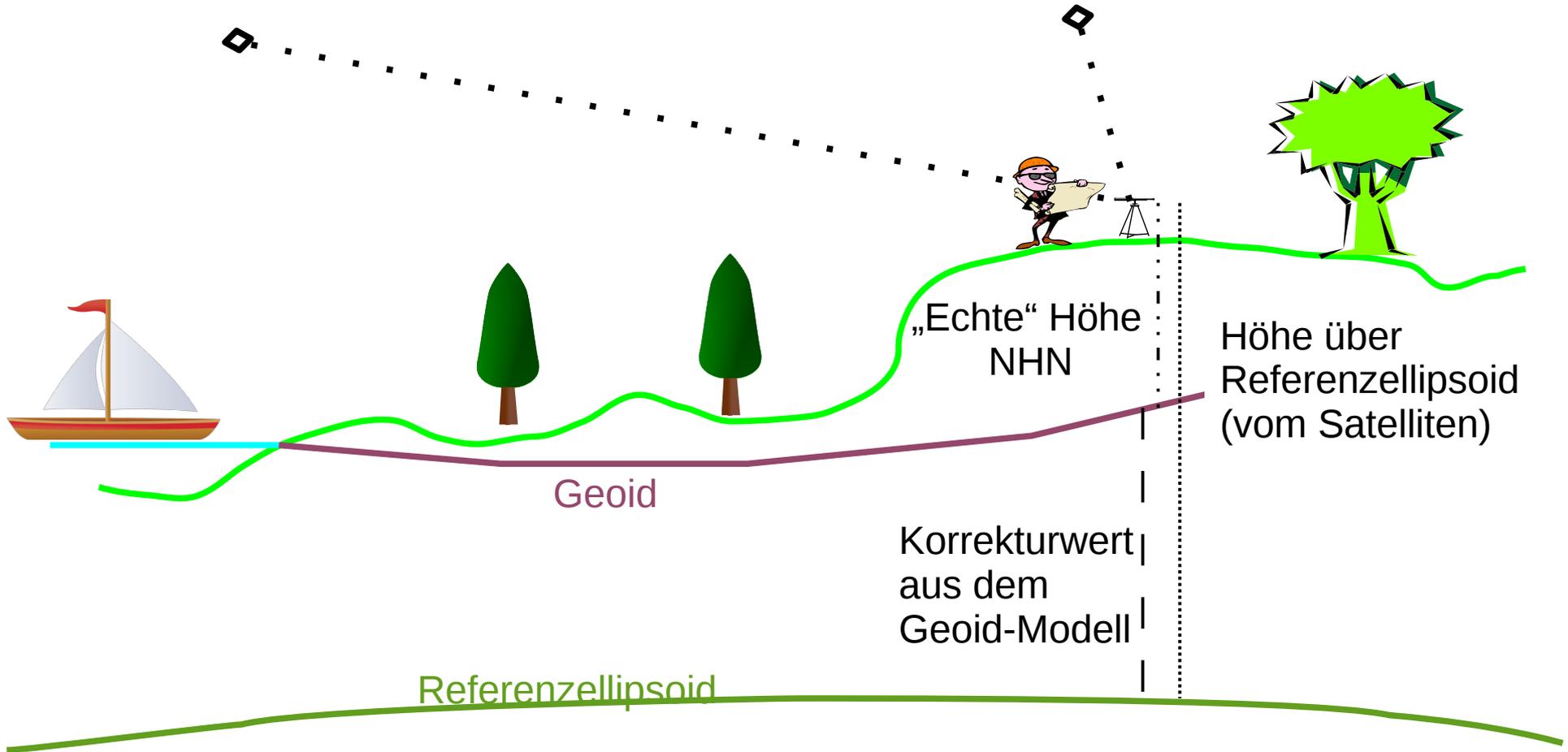
WGS84

- Für Orientierung auf der Erde ist das 3D-System ungeeignet
- Rückgriff auf das gebräuchliche 360°-System
- Die Erde ist keine Kugel, die Erdachse ist kürzer als der Durchmesser am Äquator
- Näherungsquerschnitt der Erde = Ellipse
- Ellipse kreist um die Erdachse → Rotationsellipsoid
- GPS-Positionen beziehen sich auf den Ellipsoid

Höhenbestimmung

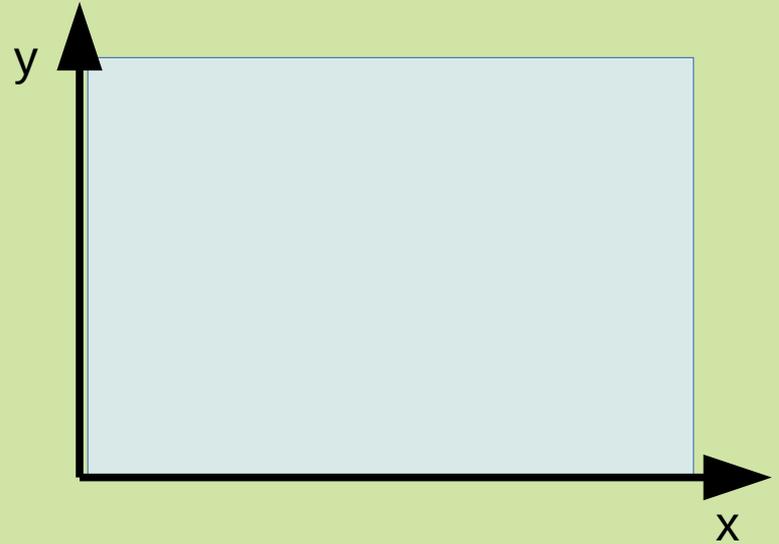
- Die Form des Ellipsoid ist für die Höhenbestimmung zu ungenau
- Deshalb Definition eines Geoids (EGM96)
- Geoid ist eine Fläche gleichen Schwerepotentials, üblicherweise die gedachte Höhe des Meeresspiegels
- Die Schwerkraft richtet sich nach der Untergrundbeschaffenheit
- Abstand Rotationsellipsoid – Geoid in Deutschland 34 – 51 m
- Berechenbar aus den Lagekoordinaten

Höhenbestimmung im WGS84



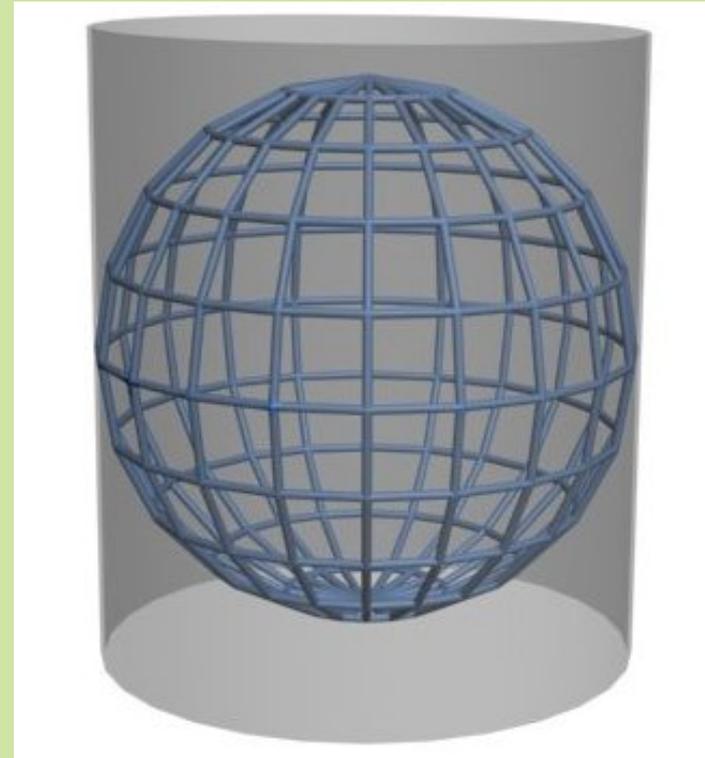
Problemstellung

- WGS84 liefert lat/lon-Koordinaten auf einer (mehr oder weniger) runden Welt
- Das Papier ist flach
- Je größer der darzustellende Bereich ist, desto stärker muss die Darstellung verzerrt werden (Projektion)
- Eine nahezu unverzerrte Darstellung ist nur auf kleinen Flächen möglich, da hier die Erdkrümmung keine messbare Rolle spielt



Stehender Zylinder: Mercator-Projektion

- Stehender Zylinder um den Äquator
- Längen- und Breitenkreise sind zueinander parallel
- Koordinatensystem Lat/Lon
- Die Längengrade werden um den Kehrwert des Cosinus der geographischen Breite gedehnt
- Winkeltreu
- Gleitender Maßstab
- Flächen und Wege werden in Richtung der Pole größer



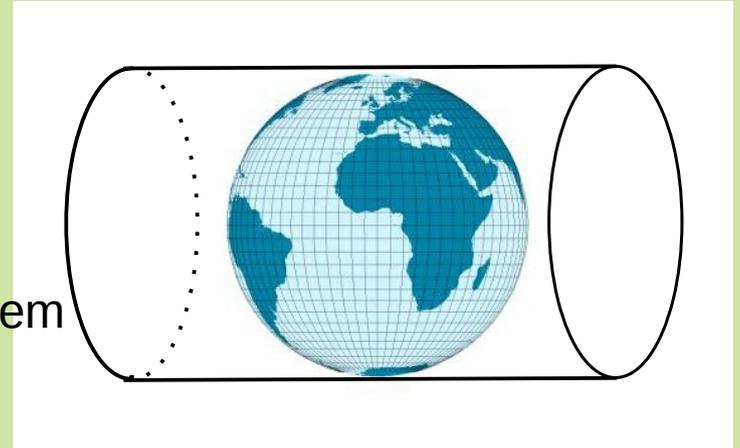
Mercator-Projektion

- Die Verzerrung ist deutlich sichtbar (Grönland)
- Die kürzeste Verbindung zwischen 2 Orten (Großkreis) ist eine gebogene Linie
- Polargebiete sind nicht darstellbar
- Früher hauptsächlich für Seekarten genutzt, Kurs ist als Winkel ablesbar
- Heute auch genutzt für viele Online-Karten, die die ganze Welt abdecken, wie z.B. OpenStreetMap



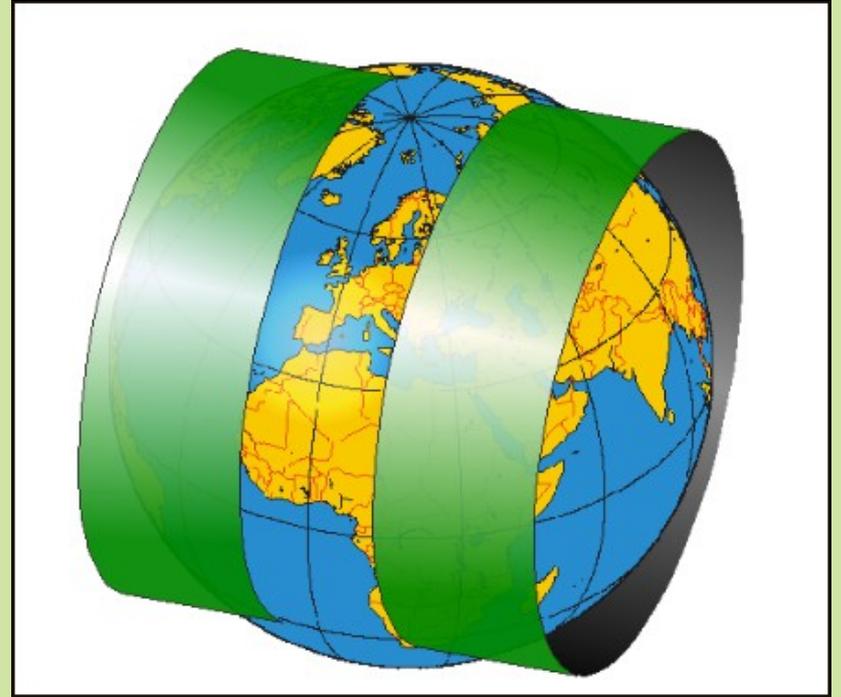
Gauß-Krüger-Projektion

- Liegender Zylinder berührt im Mittelmeridian
- Referenzellipsoid: Bessel/Krassowski
- Je 1 Zylinder für 3°
- Koordinatensystem metrisch, Nullpunkt ist 500 km östlich des Schnittpunktes Äquator-Mittelmeridian
- X-Achse ist Meridian, Y-Achse Äquator Koordinatensystem
- Koordinaten werden zunächst auf dem Mittelmeridian, dann von dort rechtwinklig abgetragen
- Der Maßstab ist über die ganze Karte einheitlich
- Alle Längen- und Breitenkreise außer dem Mittelmeridian und dem Äquator sind gebogen
- Die geographische Nordrichtung ist nicht parallel zu den seitlichen Kartenrändern



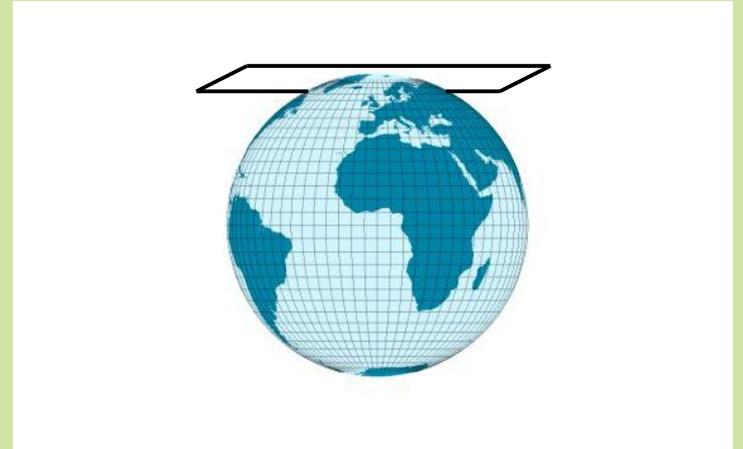
UTM-Projektion

- Ähnlich Gauß-Krüger
- Benutzt wird WGS84-Ellipsoid
- Streifenbreite ist 6°
- Der Zylinder schneidet 180km links und rechts vom Mittelmeridian das Ellipsoid
- Zur Begrenzung der Verzerrung wird ein Faktor von 0,9996 angebracht
- Wird benutzt von 80° Süd bis 84° Nord



Universale Polare Stereografische Projektion

- Wird vom UTM-System für die Polargebiete benutzt
- Die UTM-Zylinder würden die Polargebiete zerteilen und verzerren
- Die Karte ist flach und berührt nur am Pol
- Hochachse ist der $0^{\circ}/180^{\circ}$ -Meridian
- Rechtsachse ist der 90° o/w-Meridian
- Der Pol selbst hat die Koordinaten 2000km/2000km
- Breitenkreise werden als Kreise dargestellt, Längengrade als gerade Linien
- Das Koordinatensystem ist metrisch



Universale Polare Stereografische Projektion

- Wird vom UTM-System für die Polargebiete benutzt
- Die UTM-Zylinder würden die Polargebiete zerteilen und verzerren
- Die Karte ist flach und berührt nur am Pol
- Hochachse ist der $0^{\circ}/180^{\circ}$ -Meridian
- Rechtsachse ist der 90° o/w-Meridian
- Der Pol selbst hat die Koordinaten 2000km/2000km
- Breitenkreise werden als Kreise dargestellt, Längengrade als gerade Linien
- Das Koordinatensystem ist metrisch

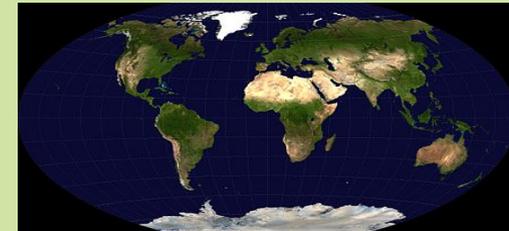
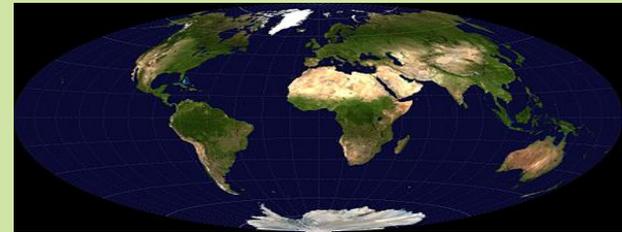
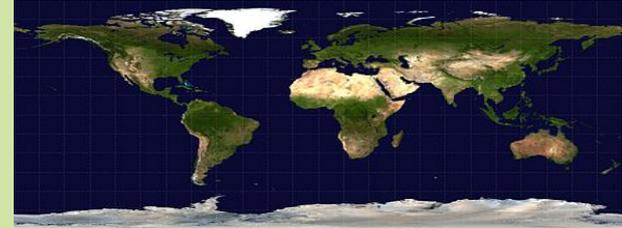


Kegelprojektionen

- Für die Darstellung größerer Gebiete wird häufig auf eine Kegelprojektion zurückgegriffen
- Dabei werden die Seitenwände des Projektionszylinders zueinander geneigt, so dass ein Kegel entsteht
- Die Berührungslinie liegt idealerweise inmitten der Darstellungsfläche

Weitere Projektionen

- Insbesondere für Weltkarten gibt es eine Reihe weiterer Projektionen
- Es wird ein Kompromiss in der Verzerrung der Winkel, Flächen und Längen gesucht
- Beispiele dazu:
 - Plattkarte
 - Hammer-Aitoff-Projektion
 - Winkel-Tripel-Projektion



Benutzung in der Praxis

- Die Koordinatensysteme lassen sich mit QGIS oder Postgis mit Hilfe der Bibliothek proj4 problemlos ineinander umwandeln
- Gauß-Krüger und UTM erlauben das direkte Rechnen mit metrischen Werten
- Programme wie QGIS beherrschen auch eine Vielzahl von Koordinatensystemen gleichzeitig
- Die European Petroleum Survey Group Geodesy (EPSG) hat ein System von Code-Nummern entwickelt
- Relevant sind vorwiegend
 - Pseudo-Mercator EPSG:3857
 - Gauss-Krüger Zonen 2 – 5 EPSG:31466 – 31469
 - UTM Zonen 32N und 33N EPSG:32632 und 32633

Happy Mapping!

