



Modul O-60: Räumliche Bezugssysteme und Positionierung

Dr. rer. nat. Patrick Reidelstürz (Diplom Forstwirt)

02

Räumliche Bezugssysteme und Positionierung

Vermessung der Erde

Dr. Patrick Reidelstürz

Räumliches Bezugssystem: Erde

Zur Positionierung von Objekten interessiert uns das räumliche Bezugssystem „Erde“.

Orbit und Weltraum sollen aus unseren Betrachtungen ausgeschlossen sein.

Aus Sicht der Positionierbarkeit beinhaltet die Erde als unser Bezugssystem unterschiedliche Flächen und Räume:

- Landflächen
- Wasserflächen
- Unterwasserräume
- Luftraum

→ **Definition des Bezugssystems „Erde“ im Gesamten**

Um eine Positionierbarkeit auf unserem Bezugssystem Erde zu ermöglichen,...

...muss die räumliche Ausdehnung dieses Bezugssystems verstanden werden.

→ Auseinandersetzung mit der Form der Erde.

Brainstorm:
Welche Form hat die Erde?



2.1 Erdgestalt, Zeitgenössische Meinungen

2.1 Erdgestalt, Zeitgenössische Meinungen

(A) Vorstellungen über die Erdgestalt in der Bibel

2.1 Erdgestalt, Zeitgenössische Meinungen

(B) Antike Gelehrte

Pythagoras (um 500 v. Chr.) und **Aristoteles** (um 350 v. Chr.), begründeten die Tatsache, dass die Erde eine Kugel ist damit, dass z.B. Schiffe schrittweise am Horizont verschwinden und später ebenso wieder auftauchen.

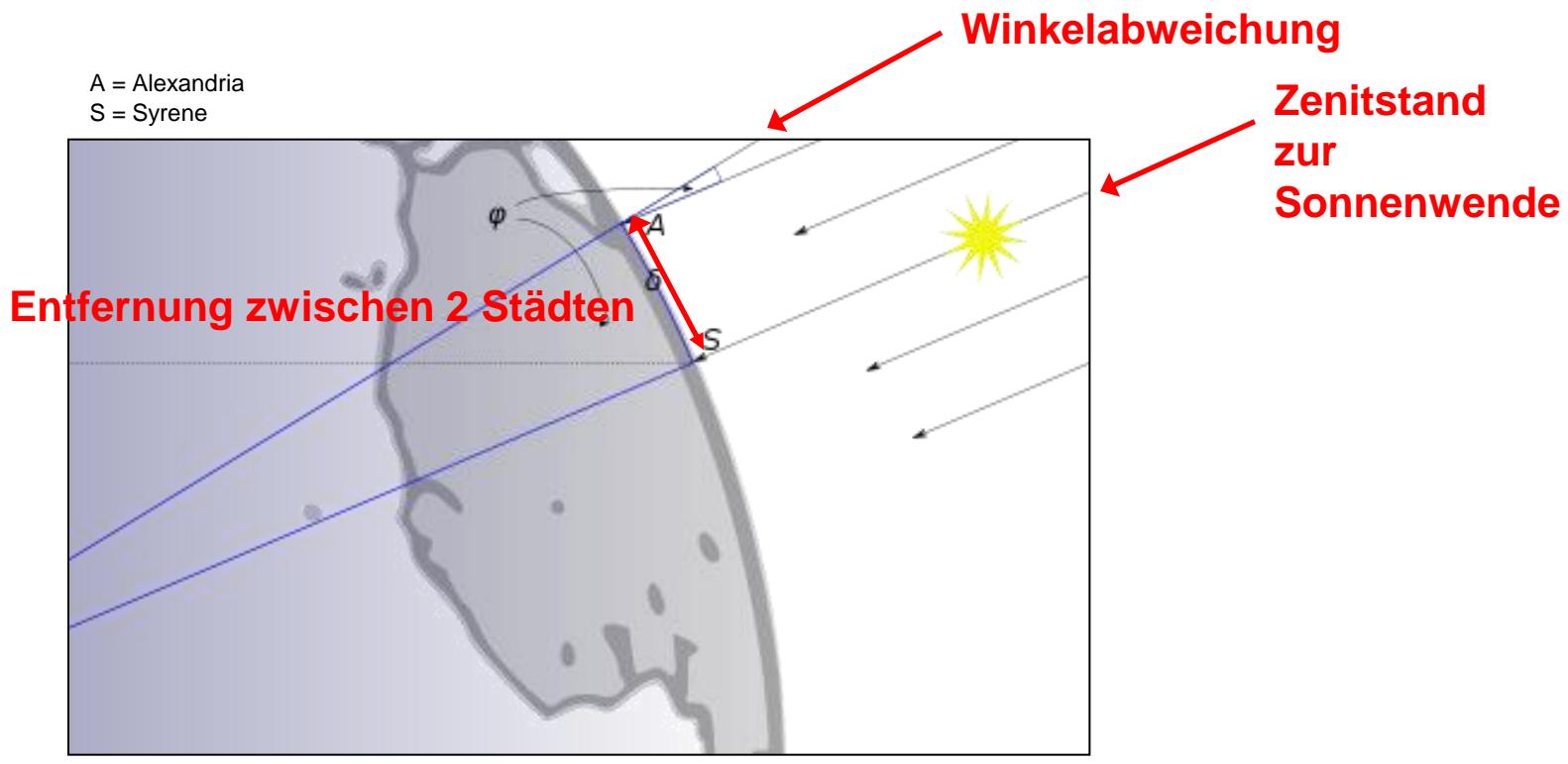
Erste Messung zur Bestimmung des Erdumfangs geschah durch Eratosthenes um 220 v. Chr..

Er bestimmte auch die Schiefe der Ekliptik (Bahnebene).



Erdgestalt

Messmethode des Eratosthenes zur Bestimmung des Erdumfanges



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Eratosthenes>

Umfang = Vollkreis durch Winkelabweichung * Entfernung zwischen den beiden Städten

Ermittelt erstaunlich genaue 41.750 km statt 40.075 km am Äquator

Erdgestalt

Messmethode des Eratosthenes zur Bestimmung des Erdumfanges

Das Verfahren des Eratosthenes ist in einer Beschreibung des Astronomen Kleomedes überliefert. Es bestand aus folgenden Schritten. Er ging davon aus, dass die ägyptischen Städte Alexandria (an der Mittelmeerküste) und Syene (das heutige Assuan, die südlichste Stadt des Landes) auf demselben Meridian (Längengrad) liegen. Der Abstand zwischen zwei von Eratosthenes festgelegten Messpunkten in den beiden Städten betrug nach seiner Kenntnis 5000 Stadien. Da Alexandria erst im 4. Jahrhundert gegründet worden war, konnte er sich für die Distanz nicht auf Angaben in der altägyptischen Literatur verlassen, sondern ließ wahrscheinlich den Abstand seiner beiden Messpunkte von königlichen Schrittzählern genau ausmessen. An beiden Orten stellte er ein Gnomon auf, eine innen mit einer Gradeinteilung ausgestattete metallene Halbkugel mit einem senkrechten Zeiger zur Ablesung des entstehenden Schattens. Die Messung der Sonnenhöhe über dem Horizont wurde mit diesen Geräten mittags am Tag der Sommersonnenwende durchgeführt. Sie ergab, dass der Schattenzeiger in Syene keinen Schatten warf, die Sonne also dort genau im Zenit stand. In Alexandria war die Sonne zu diesem Zeitpunkt den „fünfzigsten Teil“ eines Vollkreises vom Zenit entfernt, also nach der heutigen Kreiseinteilung in 360 Winkelgrade $7^\circ 12'$. Somit musste man 5000 Stadien nach Süden wandern, um ein Fünfzigstel des Erdumfangs zurückzulegen. Daraus ergab sich für den Erdumfang ein Wert von $50 \times 5000 = 250.000$ Stadien.

Eine erhebliche Ungenauigkeit resultiert aus dem Umstand, dass Alexandria und Syene in Wirklichkeit nicht auf demselben Meridian liegen; Syene befindet sich etwa 3° östlich von Alexandria. Da für die Distanz zwischen den beiden Städten ein Wert von 5000 Stadien gemessen wurde, hätte sich für einen genau auf dem Meridianbogen von Alexandria liegenden Punkt ein Abstand von 4615 Stadien und damit für den Erdumfang ein Betrag von $50 \times 4615 = 230.750$ Stadien ergeben.

Unklar ist, wie lang das für die Messung verwendete Längenmaß „Stadion“ war. Es kann sich wohl kaum um das rund 185 Meter lange „olympische“ Stadion handeln, denn dann hätten sich die Schrittzähler bei der Bestimmung des Abstands der beiden Städte, der tatsächlich in der Luftlinie 835 km beträgt, um mehrere Tagesreisen geirrt. Daher gehen zahlreiche Forscher davon aus, dass das verwendete Längenmaß deutlich kürzer war. Die Vermutungen schwanken zwischen 148,8 und 180 Metern. Eine besonders oft genannte Zahl, die aus einer Angabe in der *Naturalis historia* Plinius' des Älteren abgeleitet wird, ist 157,5 m. Geht man von der tatsächlichen Distanz von 835 km aus, so kommt man für das Stadion auf $835 : 5000 = 167$ m.

Für die Genauigkeit der Bestimmung des Erdumfanges spielt die verwendete Längeneinheit allerdings keine Rolle: nach dem Versuchskonzept und der Messung handelt es sich um das 50-fache der Entfernung von Alexandria nach Assuan, nach heutigen Einheiten also um 835 km mal 50 gleich 41.750 km, was dem tatsächlichen Wert (40.075 km am Äquator) sehr nahe kommt.

2.2 Erdgestalt



Was ist ein Globus?



Globus

Ein Globus veranschaulicht die Erdgestalt in einem idealisierten Kugel-Modell:



Wasserballglobus

Quelle: http://www.ju-online.net/shop_cfg/Gothic/wasserballglobus.jpg

Globus

Ein Globus veranschaulicht die Erdgestalt in einem idealisierten Kugel-Modell:

→ hier mit Erdachsenneigung



Schreibtischglobus

Quelle: http://www.ju-online.net/shop_cfg/Gothic/wasserballglobus.jpg

Globus

Ein Globus veranschaulicht die Erdgestalt in einem idealisierten Kugel-Modell:



→ oder aus ideologisch idealistischer Sicht!

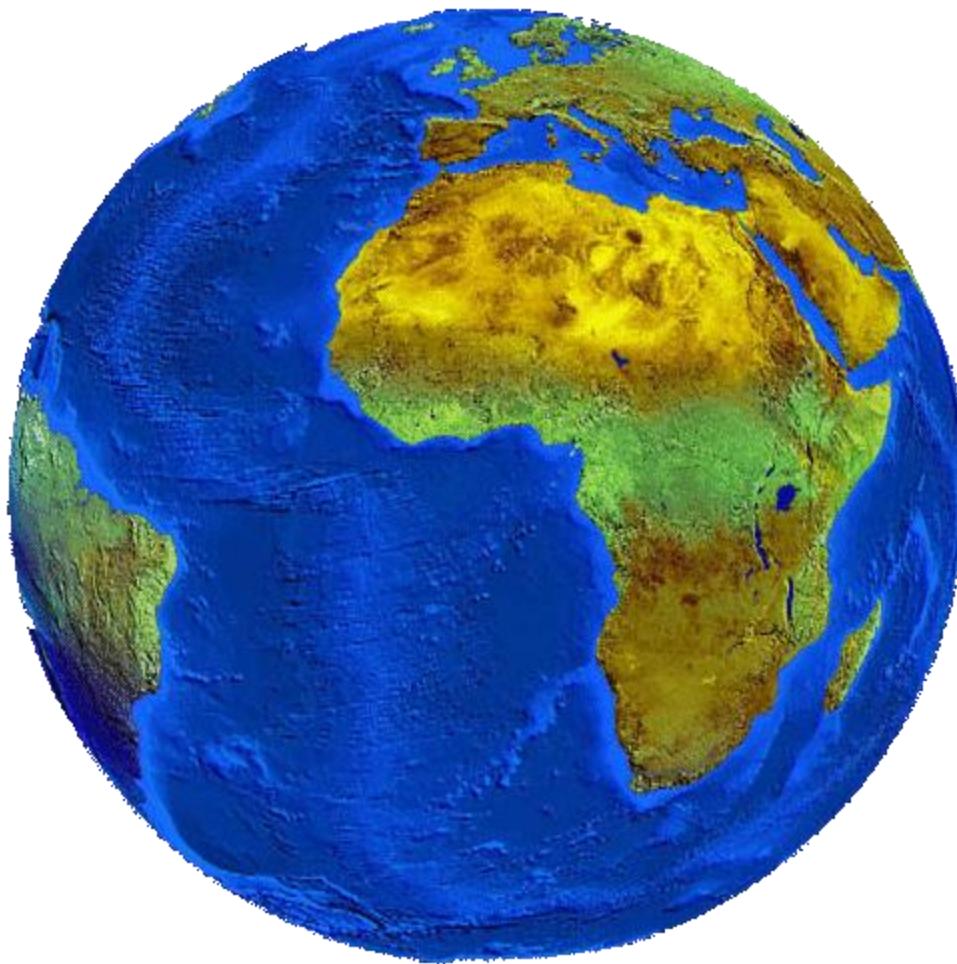
Bavaria Globus

Quelle: <http://www.jinterkart.de/produktinfo/.php>

patrick.reidelstuerz@th-deg.de

Virtueller Globus

Ein georefferenziertes Mosaik aus wolkenfreien Satellitenbildern (hier NOAA)



Virtueller Globus

Quelle: http://ekhmg.ek.funpic.de/Homepage%20neu/satgeo/bilder/virtueller_globus.gif

„Google Earth“ als Virtueller Globus

Ein georeferenziertes Mosaik aller möglichen verfügbaren Luft- und Satellitenbilder



Goolge Earth

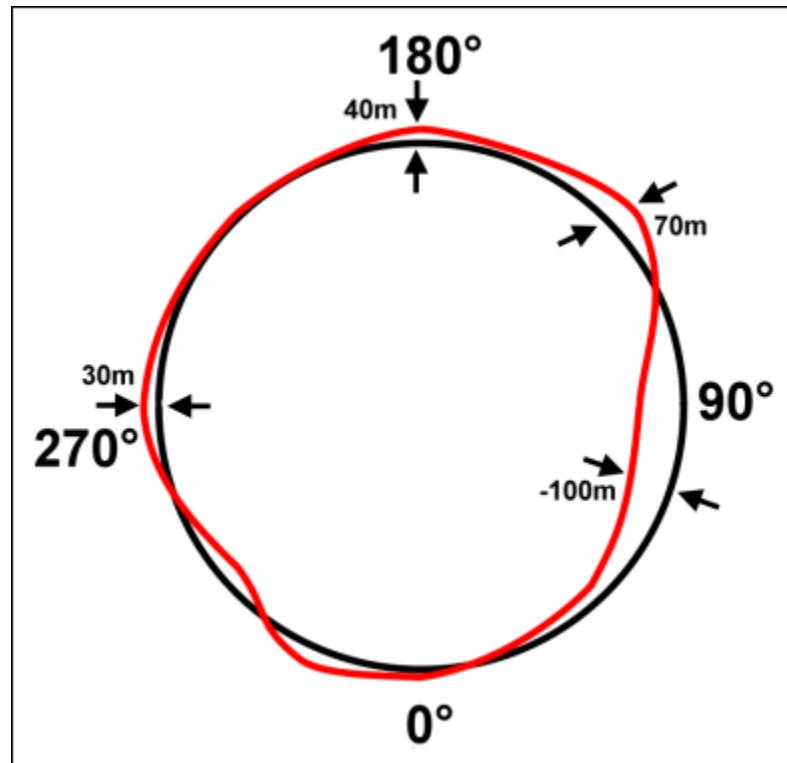
2.3

Wirkliche Erdgestalt

Wirkliche Erdgestalt:

In der Realität: → Abweichungen vom idealisierten Kugel - Modell.

- Eine genaue Bezugsfläche für die Erdoberfläche wird aber benötigt. Warum?
- Die Vermessung der realen Bezugsfläche (Geoid) löst das Problem.

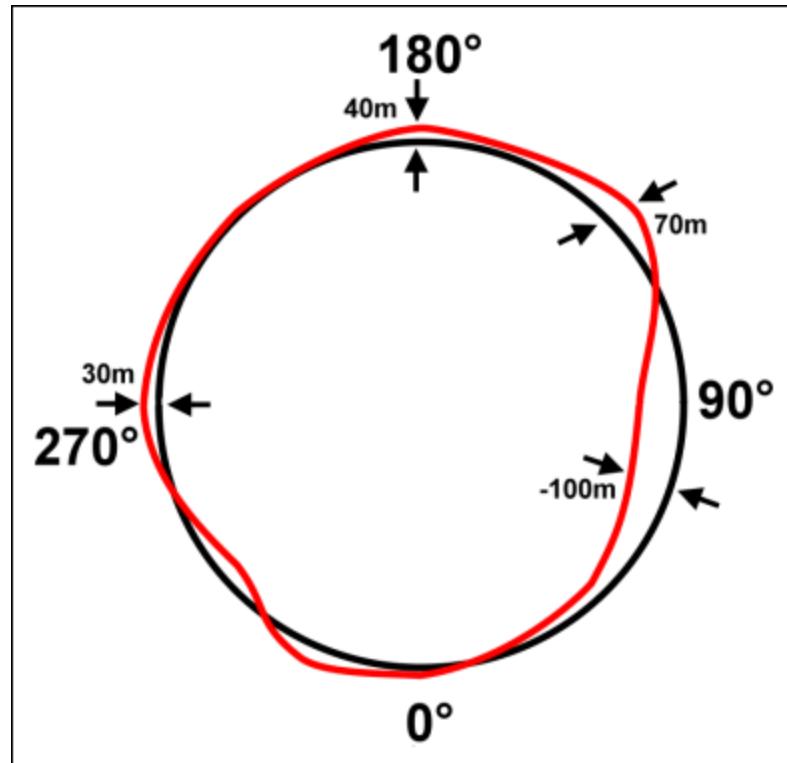


Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Geoundaequrp.png>

Geoid:

Exakt vermessene Bezugsebene im Sinne von „Normalnull“

- stellt die „Ebene“ dar, auf die sich Höhen und Senken im Kartenmodell beziehen
- sehr unregelmäßige Erscheinung



Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Geoundaequrp.png>

Geoid: Bestimmungsmethoden

- (1) Meeresspiegel zur Bestimmung des Geoids**
- (2) Astrogeodätische Bestimmung des Geoids**
- (3) Gravimetrische Bestimmung des Geoids**
- (4) Automatische Verfahren der Satellitengeodäsie**

(1) Meeresspiegel zur Bestimmung des Geoid's

Der Meeresspiegel ist eine gute Hilfe zur Beschreibung der Erdgestalt:

- Niveaufläche, auf die man sich weltweit beziehen kann
- diese Niveaufläche wird allerdings von Strömungen und Gezeiten gestört

Eine Eigenschaft des Meeresspiegels lässt seine Übertragbarkeit als Bezugsfläche für das Land geeignet erscheinen:

- Auf dem Meeresspiegel ist das Schwerepotential konstant, weil es überall senkrecht auf der Lotrichtung steht!

Was heißt das?

Schwerepotential:

Potential⁽¹⁾ auf einem Himmelskörper, das sich aus den Kraftfeldern der Masseanziehung (Gravitation) und der Rotation (Zentrifugalkraft) ergibt.

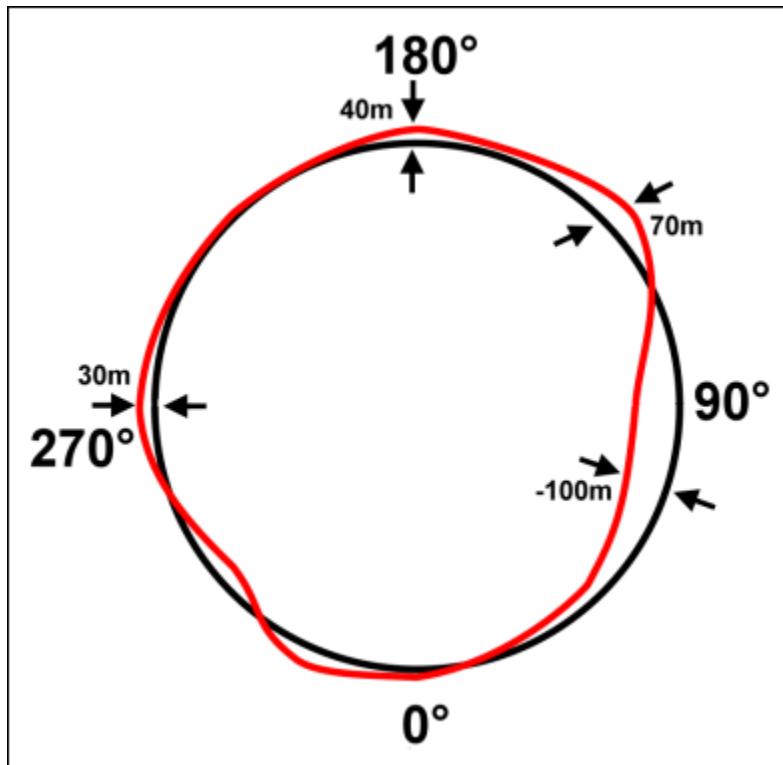
Anhand des Gravitationspotentials lässt sich das Gravitationsfeld beschreiben.

Am Meeresspiegel gibt es also im Gegensatz zu den **Landoberflächen keine Schwerkraftanomalien (Gravitationspotential überall konstant)**, weil sich das flüssige Wasser den Masseanziehungskräften anpasst!

Er kann deshalb als Bezugsfläche für die Ableitung einer idealisierten Form dienen.

- Zur Bestimmung des Geoids muss man also auch an Land die virtuelle Oberfläche finden, bei der es keine Schwerkraftanomalien gibt
- Bei Schwerkraftanomalien verschiebt sich die Oberfläche des Geoids nach oben oder unten

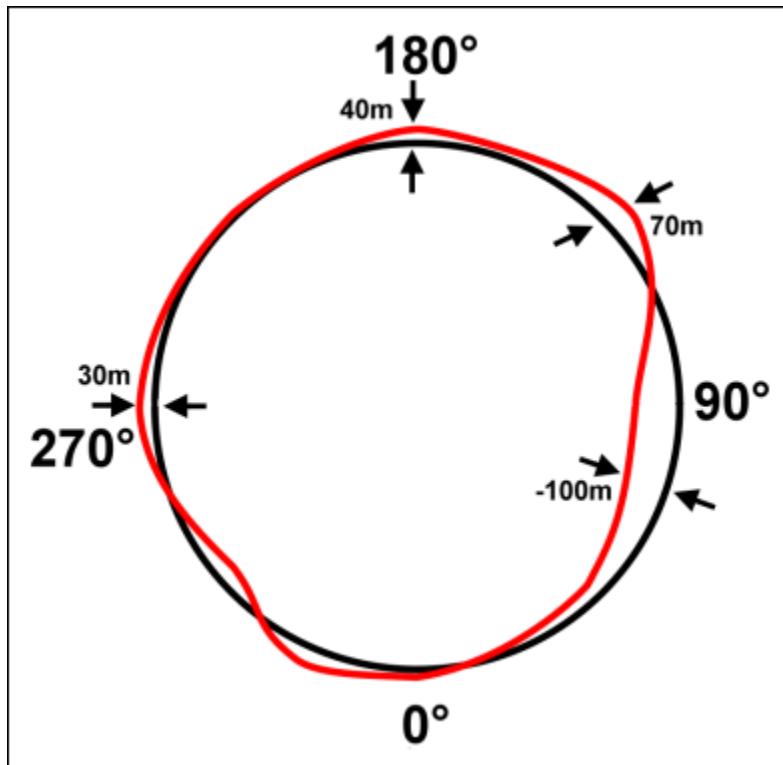
(1) Möglichkeit der Kraftentfaltung



Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Geoundaequrp.png>

Das Geoid ist die Niveaumöglichkeit, auf der es keine Schwerkraftanomalien gibt!

Das Geoid ist die Niveaumöglichkeit, auf der das Lot in allen Punkten senkrecht steht!



Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Geoundaequrp.png>

Zur Geoidbeschreibung kann man sich also zunächst
→ an der Meeresoberfläche orientieren!

Bestimmung der Meeresbezugsfläche durch Pegelmessungen

Der Meeresspiegel wird erdumspannend mit Pegelmessungen beobachtet.

Er eignet sich auch deshalb als weltweite Bezugsfläche für Höhenmessungen und Schweremessungen.

Schon vor 200 Jahren haben europäische Länder an verschiedenen Küstenorten Pegel eingerichtet:

- Amsterdamer Pegel = Normalnull
- Pegel in Triest
- Pegel in Marseille
- Pegel in St. Petersburg

Ihre Verbindung durch Höhennetze über Land hätte sich dazu geeignet, das kontinentale Geoid zu bestimmen.

Aus politischen Gründen wurde das aber erst mit den Europenetzen im 20ten Jahrhundert möglich.

(2) Astrogeodätische Bestimmung des Geoids

Erste durchgeführte Methode zur Bestimmung des Geoid's.

Anfänglich nur an einzelnen Vermessungspunkten.

Bestimmung durch Messung von Lotrichtungen zu einem erdfesten Bezugssystem.

Verwendung von Fixpositionen im Himmelsraum.

(Heute mit Zenitkameras bei klarem Himmel aus dem zenitalen Sternenfeld).

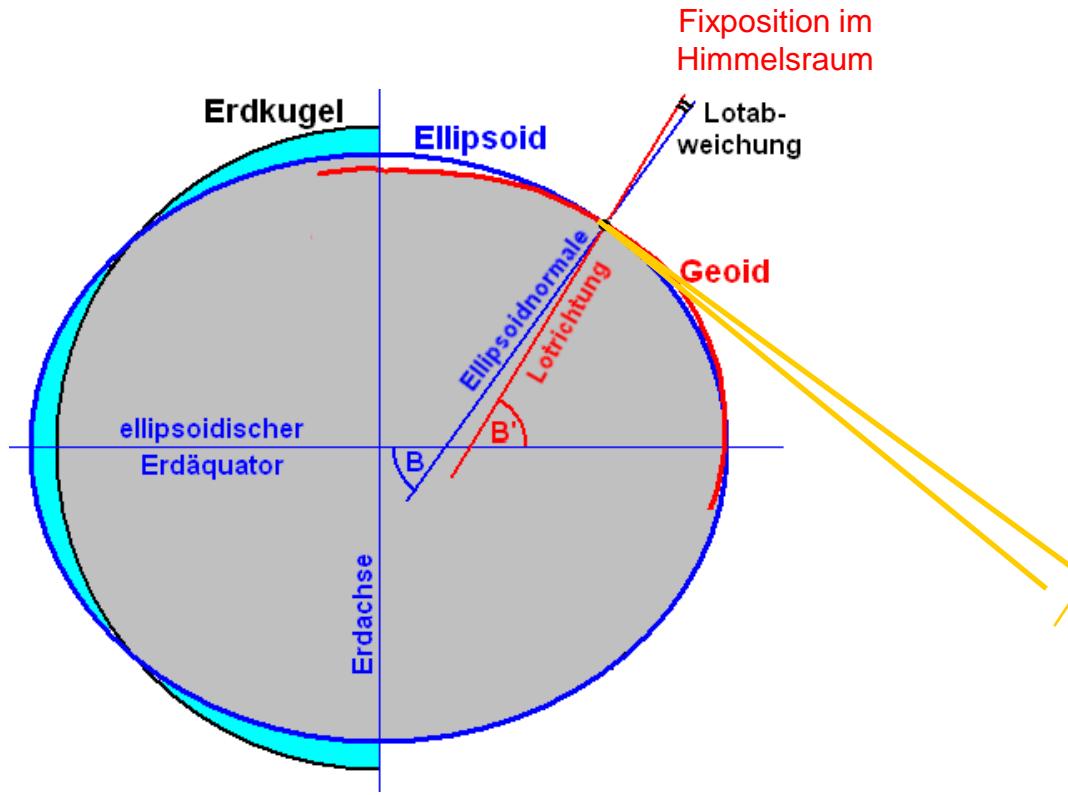
→ astrogeodätische Lotmessungen

→ Die Lotabweichung entspricht der Neigung des Geoids zum Rotationsellipsoid:

Die Lotabweichung zum Rotationsellipsoid entspricht der Neigung des Geoids.

Das heißt:

Die Parallaxe (Winkelabweichung) zwischen den Winkeln B und B' entspricht der Neigung der Geoid-Oberfläche zum angenommenen Rotationsellipsoid



Lotabweichung:

(Winkel zwischen der Lotrichtung und der Ellipsoidnormalen
in einem Vermessungspunkt)

(3) Gravimetrische Bestimmung des Geoids

Seit den 1930er Jahren

Durch linien- und rasterförmige Schweremessungen mit Gravimetern

Für globale Messungen zu aufwendig

Mit **Gravimetern** wird die Schwerkraftbeschleunigung an einem Punkt bestimmt.

Sie setzt sich aus

- der Gravitationsbeschleunigung,
- der Zentrifugalbeschleunigung,
- dem Erdabstand,
- der Gezeitenwirkung,
- dem Einfluss des umgebenden Geländes und weiterer Faktoren zusammen.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Gravimeter>

(4) Automatische Verfahren der Satellitengeodäsie

Seit den 1970er Jahren starke Verbesserungen:

Regional:

Durch intensive Verdichtung der Lotabweichungs- und Schwerenetze durch linien- und rasterförmige Schweremessungen mit Gravimetern

Global:

Durch jahrelange Satellitenaltimetrie ⁽¹⁾ der Meeresoberfläche

- (1) Ein Satellit trägt als Nutzlast einen Radar-Altimeter. Von diesem werden kurzwellige Radioimpulse senkrecht nach unten ausgesendet, an der (Meeres-)Oberfläche reflektiert und das Signal am Satelliten wieder empfangen. Wenn dessen Bahn genau bekannt ist, erhält man aus der gemessenen Laufzeit des Signals und der geozentrischen Höhe des Satelliten die Meereshöhe.

Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Geoids_sm.jpg

Bsp.: Geoid - Bestimmung durch das Doppelsatellitensystem GRACE:

Bsp.: Geoid - Bestimmung durch das Doppelsatellitensystem GRACE:

Die Satelliten wurden am 17. März 2002 mit einer Rokot-Rakete von Plessezk aus in eine nahezu polare (Inklination=89°) und zirkulare Umlaufbahn mit einer Anfängshöhe von 500 km gestartet. Die Satelliten arbeiten nach dem **SST-Prinzip** (Satellite-to-Satellite Tracking):

Sie umrunden die Erde auf derselben Bahn in etwa 200 km Abstand und messen mit Mikrowellen kontinuierlich die gegenseitige Distanz. Dadurch lassen sich Unregelmäßigkeiten des Schwerefeldes mit hoher Präzision analysieren, obwohl die Schwerkraftanomalien in einigen hundert Kilometern Höhe schon deutlich weniger ausmachen als an der Erdoberfläche...

GRACE ermöglicht es auch, aus den angesammelten Messdaten **Änderungen des Geoids** mit hoher Präzision festzustellen.

GRACE	
	
Typ:	Forschungssatellit
Land:	USA/Deutschland
Behörde:	NASA/DLR
NSSDC ID:	2002-012A/B
Missionsdaten	
Start:	17. März 2002
Startplatz:	Plessezk
Trägerrakete:	Rokot
Status:	aktiv
Bahndaten	
Umlaufzeit:	94,5 min
Bahnhöhe:	450-500 km
Bahnneigung:	89°
Exzentrizität:	0,0018185786

Zusammenfassung: Lösungen zur Geoidberechnung

- (1) **Astrogeoid auf der Basis von Lotabweichungen**,
gewonnen aus einer Kombination astronomischer und geodätischer Methoden
- (2) **Gravimetrisches Geoid** auf Basis rasterförmiger Schweremessungen
- (3) Seit 1970er Jahren: kombiniert „**Astro-gravimetrisches Geoid**“
- (4) Modelle des Geopotentials (Schwerefeld im Außenraum der Erde)
Aus den von Geoid und Erdinnern verursachten Bahnstörungen der Satelliten werden hochgradige Potentialentwicklungen mit Kugelflächenfunktionen berechnet.

Genauigkeit der Geoid Berechnung

Methode	Genauigkeit/Auflösung	Messabstand
(1) Astrogeoid	5-50cm	10-50 km
(2) Gravimetrisch	5-50cm	3-15 km
(3) Astro-gravimetrisch	5-50cm	3-15 km
(4) Geopotential	anfangs: 20 Grad Breite und Länge heute: 0,5 Grad Breite und Länge	1000*1000km 50km

Geoidform

- Unregelmäßige Fläche mit vielen Beulen und Dellen
- Größenordnung: lediglich 0,001 Prozent des Erdradius`
Verformungen von -110m im Indischen Ozean bis +90m über Südostasien
- Verursachung der wellenartigen Geoidformen durch
 - Schwereanomalien der Gebirge und
 - ungleichmäßige Massenverteilung im Erdinnern
- Die **wirkliche Form der Erde** weist eine vom Relief geprägte Oberfläche auf,
Das **Geoid hingegen** ist eine geglättete, an allen Seiten geschlossene Fläche,
die in allen Punkten **senkrecht zur Lotrichtung** verläuft.
- Die Niveaupläne des Schwerepotentials entspricht etwa der Oberfläche der freien Weltmeere.
- Die Kenntnisse über die Gestalt des Geoids basieren auf Schweremessungen und Beobachtungen aus dem Weltraum.

2.4 Abgeleitete Geoide

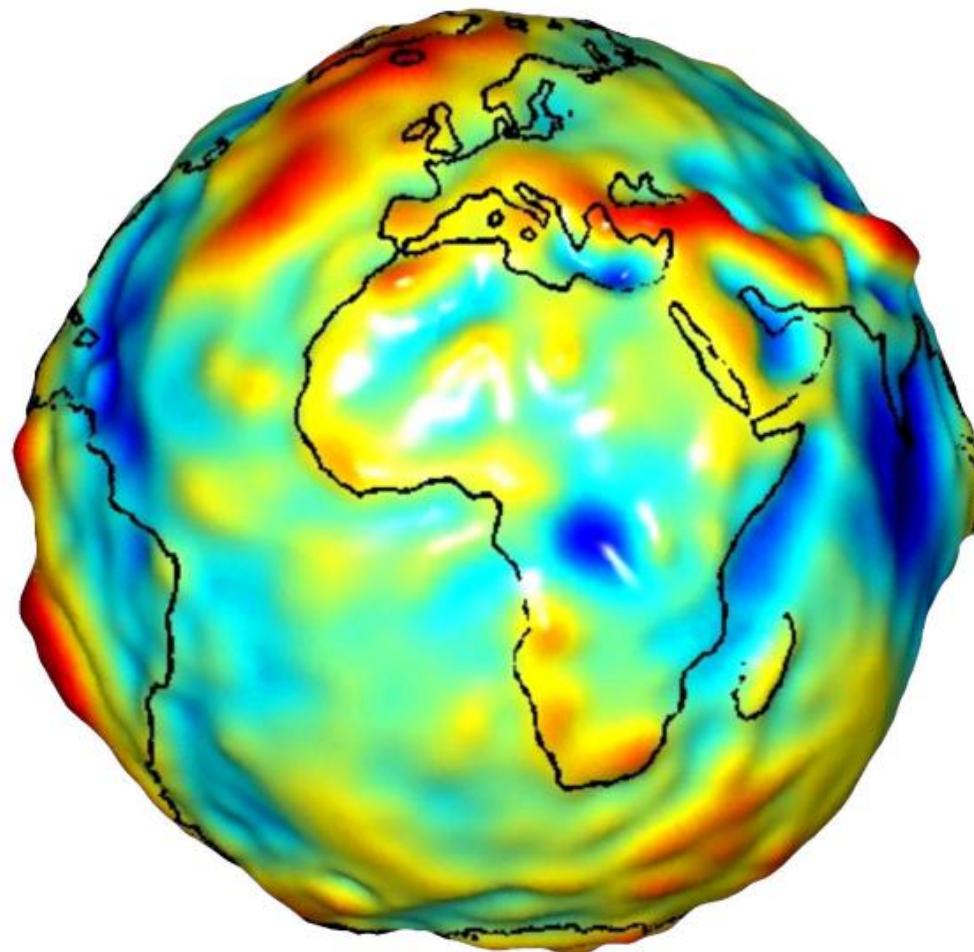
Bsp.1: Geoidbestimmung aus dem Projekt „GRACE“ (NASA/DLR)

GRACE (NASA): <http://www.youtube.com/watch?v=h45iqPyT6IU>

→Notizen machen und alles Relevante zusammentragen

Bsp.1: Geoidbestimmung aus dem Projekt „GRACE“ (NASA/DLR)

→ Doppelsatellit **Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE)**
(Projekt zur genauen Bestimmung des Erdschwerefeldes)



Bsp. 2: Geoidbestimmung aus „GOCE“ Daten (ESA)

GOCE (ESA): <http://www.youtube.com/watch?v=qu-o75pe5GY>

→ Notizen machen und alles Relevante zusammentragen

Bsp. 2: Geoidbestimmung aus „GOCE“ Daten

1. April 2011 Netzwelt

ESA-Satellit "Goce": Die Erde ist nicht rund

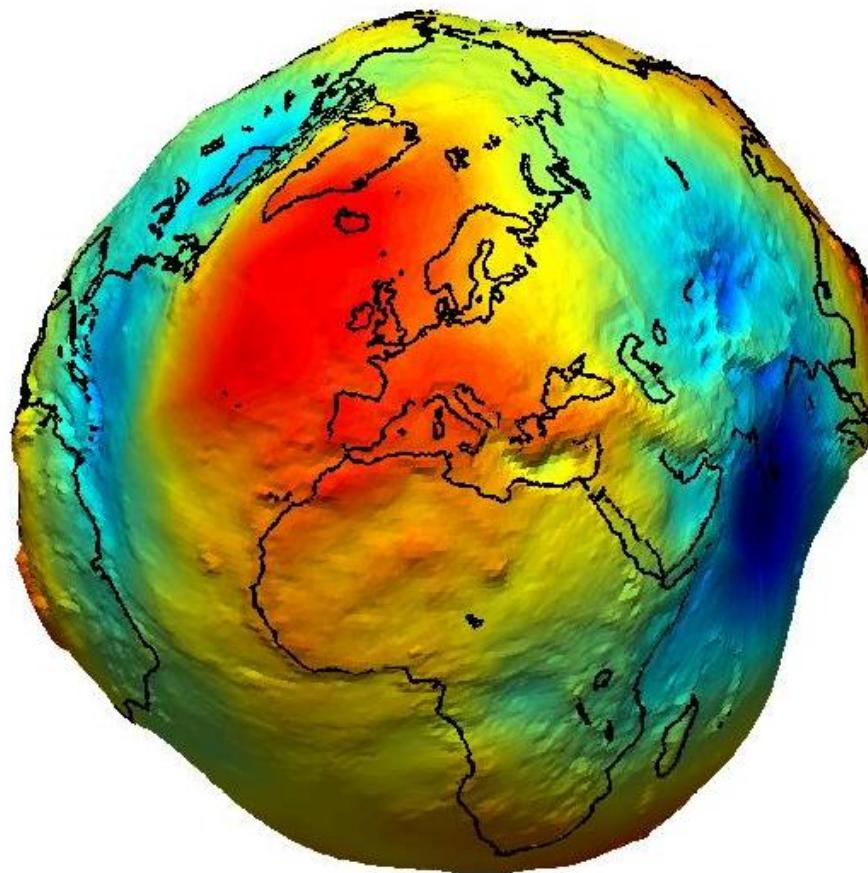
Mit Hilfe von Daten des ESA-Satelliten "Goce" haben Wissenschaftler ein präzises Modell des Schwerkeldes der Erde erstellt. Es zeigt sich, dass die Erd-Gravitation einige Dellen und Beulen aufweist. Die Erde erscheint dadurch nicht mehr rund, sondern wirkt eher wie eine Kartoffel.

Insgesamt zwei Jahre lang hat der Goce-Satellit die Daten für die bislang genaueste Kartierung der Gravitation der Erde gesammelt. Anhand der Informationen haben Wissenschaftler ein neues sogenanntes Geoid erstellt, das eine hypothetische Vorstellung eines globalen Ozeans ohne Gezeiten und Strömungen abbildet. Die gedachte Ozean-Oberfläche wird dabei einzig durch die Gravitation beeinflusst.

Oberfläche mit Dellen und Beulen

Das Geoid zeigt, dass diese Oberfläche nicht überall auf der Erde gleich geformt ist. Die Dellen in dem Modell entsprechen Gebieten mit geringer Schwerkraft, wohingegen die Beulen Flächen mit starker Anziehungskraft zeigen. Das neue Modell wurde auf dem vierten internationalen Goce-Nutzer-Workshop an der Technischen Universität München vorgestellt.

Anhand des neuen Geoids erhoffen sich Wissenschaftler, die Funktionsweise der Erde deutlich besser zu verstehen. So liefert das Modell etwa wichtige Referenzdaten für Ozeanographen. Sie erhalten anhand der Differenzen zwischen dem idealisierten Ozean und dem tatsächlichen Meeresspiegel zum Beispiel Informationen zu Meeresströmungen, Änderungen des Meeresspiegels oder Eisbewegungen, die durch den Klimawandel beeinflusst werden.

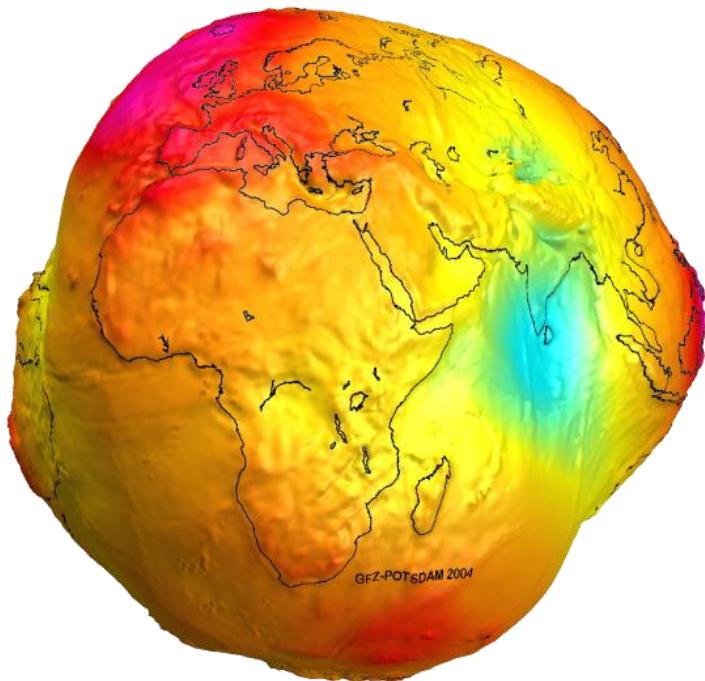


Geoid GOCE
Genauigkeit: 1-2cm

Quelle: http://geograficamente.files.wordpress.com/2009/03/c71_geoid_smooth4.jpg

Bsp. 3: Geoidbestimmung mit den Satelliten „Champ“ und „GRACE“ Geoid „EIGEN-CG01C“

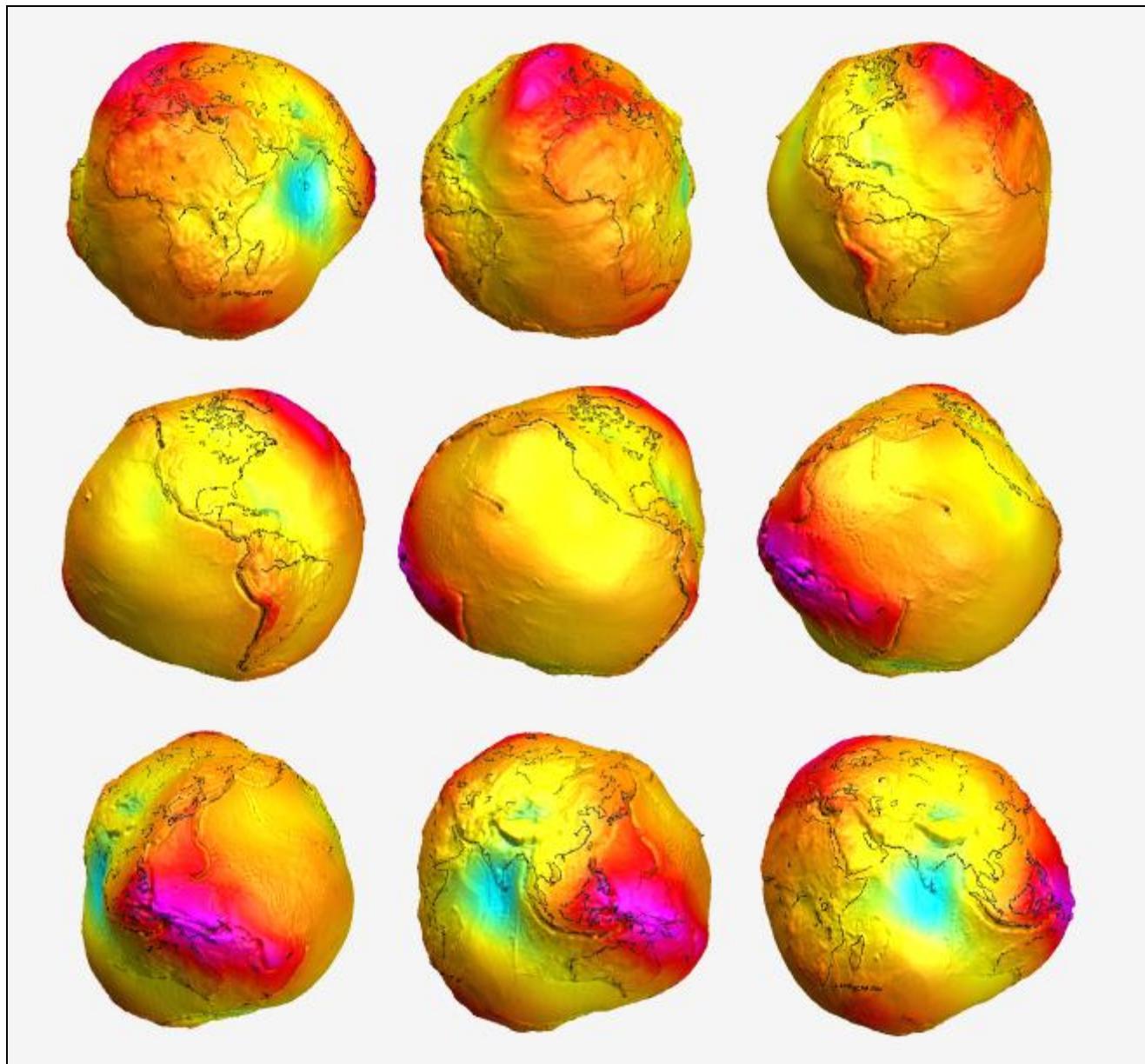
Daten der Satelliten CHAMP und GRACE flossen in das Geoidmodell ⁽¹⁾ "EIGEN-CG01C" ein (Auflösung 12km).



Quelle: http://www.dlr.de/rd/Portaldata/28/Resources/images/re/Geoid_380.jpg

- (1) Das Geoid ist eine Bezugsfläche im Schwerefeld der Erde zur Vermessung und Beschreibung der so genannten Erdfigur.

EIGEN-CG01C

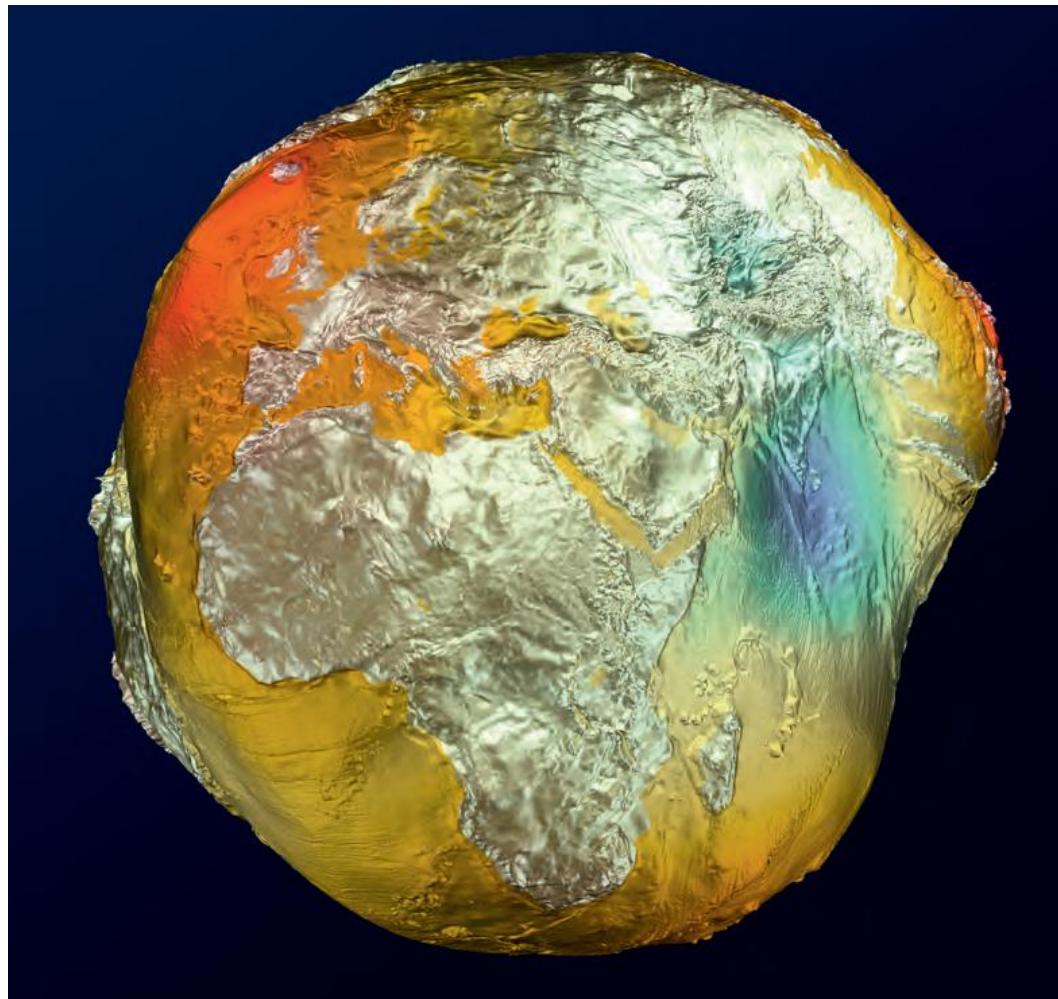


Quelle: http://www.dlr.de/rd/Portaldata/28/Resources/images/re/Geoid_380.jpg

patrick.reidelstuerz@th-deg.de

Potzdamer Kartoffel

Daten der Satelliten CHAMP und GRACE (Tandem) flossen in das Geoidmodell ⁽¹⁾ ein.



Quelle: http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Public+Relations/M30-Infomaterial/Druckschriften/GFZ-PR-Faltblatt-Kartoffel-Geoid-de_pdf

Selbststudium jeder für sich:

(1) „Faltplatt GFZ: Die Erde als Kartoffel/Das Potzdamer Geoid“

http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Public+Relations/M30-Infomaterial/Druckschriften/GFZ-PR-Faltblatt-Kartoffel-Geoid-de_pdf

→ Stichpunktartig zusammenfassen, jemand wird vortragen

(2) Artikel Welt am Sonntag: „Die Erde ist eine Kartoffel“

→ Stichpunktartig zusammenfassen, jemand wird vortragen

(3) Artikel heise.de: Mission „GOCE“ beendet

→ Stichpunktartig zusammenfassen, jemand wird vortragen

(4) Projektseite googlen und wesentliche Meilensteine zusammentragen

Quelle:

<http://www.goce-projektbuero.de/7782---goce~Aktuelles~Nachrichten.html>

Selbststudium in Kleingruppen:

(1) Artikel: „TanDEM-X-Mission, DLR“

→ Stichpunktartig zusammenfassen

→ Frage beantworten: - Leitet TanDEM-X ein Geoid Modell ab?
- Wenn ja, wie? Wenn nein, warum nicht?

(2) Artikel: Satellitenmissionen CHAMP, GRACE & GOCE

http://misc.gis.tu-berlin.de/igg/htdocs/fileadmin/Daten_MCA/EM3/Satellitenmissionen.pdf

→ aufgeteilt in mehrere Gruppen (können intern wiederum aufteilen)

→ Stichpunktartig zusammenfassen, Vortragen

Zusammenfassende Definition

Als Geoid bezeichnet man die Äquipotentialfläche des Schwerkiefeldes der Erde, welches den mittleren Meeresspiegel bestmöglich approximiert.

Betrachtet man das Meerwasser als frei bewegliche Masse, welche nur der aus Gravitation und Zentrifugalkraft zusammengesetzten Schwerkraft unterworfen ist, so bildet sich die Oberfläche der Ozeane nach Erreichen des Gleichgewichtszustandes als Niveaufläche des Schwerepotentials aus. Diesen idealisierten Meeresspiegel kann man sich (etwa durch ein System kommunizierender Röhren) unter den Kontinenten fortgesetzt denken, so dass eine geschlossene Fläche entsteht, die das Geoid veranschaulicht. Mit dem auf einen Raumpunkt mit dem Ortsvektor x bezogenen Schwerepotential $W(x)$ lautet die Gleichung des Geoids: $W(x)=W_0=\text{const.}$

Das Geoid als eine teilweise im Innern der Erdmasse verlaufende Fläche ist stetig und stetig differenzierbar, besitzt jedoch Unstetigkeiten in der Flächenkrümmung an allen Unstetigkeitsstellen der Massendichte und ist somit **keine analytische Fläche**. Aufgrund der unregelmäßigen Verteilung der Massendichte im Erdkörper kann das Geoid **nicht durch eine algebraische Flächengleichung beschrieben werden**, sondern muß mit terrestrischen oder satellitengestützten Methoden der Geodäsie bestimmt werden. Das Geoid ist **Bezugsfläche für die orthometrischen Höhen**.

Quelle: <http://www.fe-lexikon.info/lexikon-g.htm>

2.5 Geoidnäherung durch Referenzellipsoide

Wegen der unregelmäßigen Form ist das Geoid mathematisch sehr schwer zu beschreiben.

Landvermessung, Kartografie und GPS-Ortsbestimmung benötigen aber eine einfache Definition der Erdfigur.

Deshalb ersetzt man das Geoid durch andere, einfachere geometrische Bezugsflächen.

→ konkret: **Referenzellipsoide**, die das Geoid besser nachbilden als eine Kugel.

Referenzellipsoide sind als Bezugssysteme meist **Rotationsellipsoide**, die das Geoid auf etwa 50m genau approximieren.

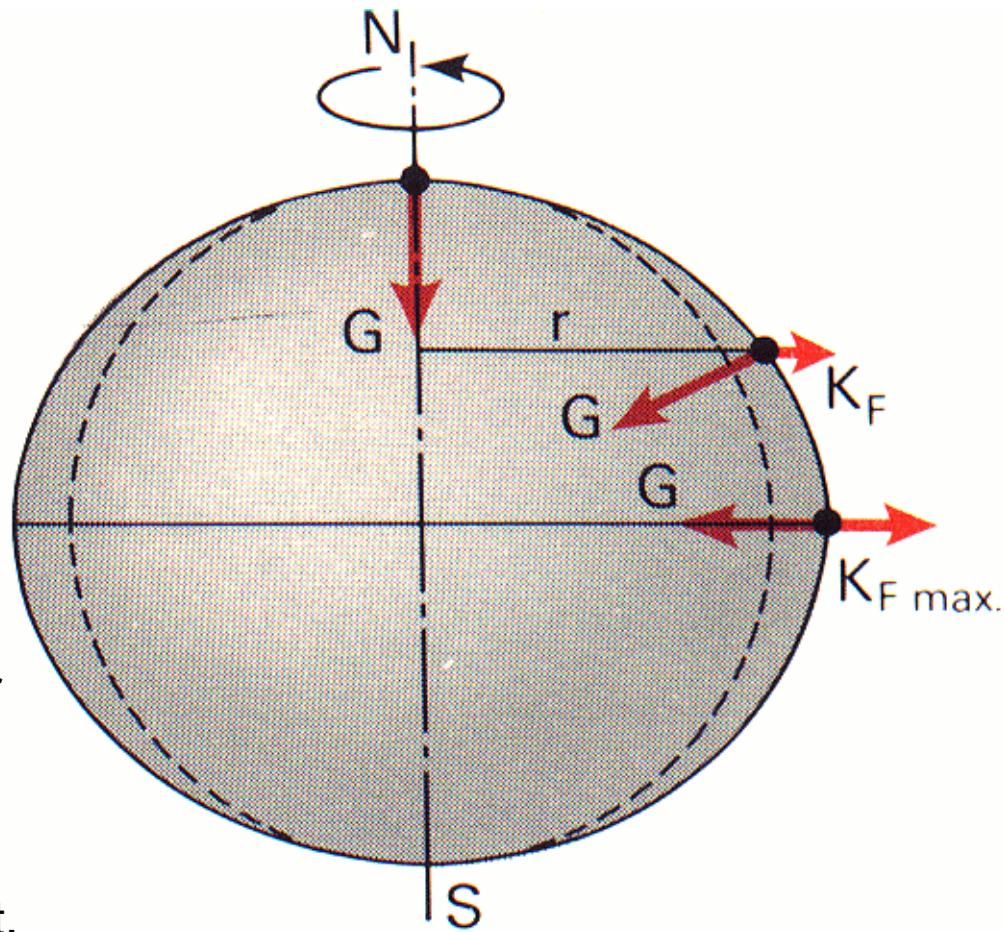
Diese streng mathematischen Flächen können aber nicht durch physikalische Messungen bestimmt werden.

Rotationsellipsoid

Dient der Entferungs- und Richtungsberechnung über große Distanzen auf der Erdoberfläche.

„Ein Rotationsellipsoid (Englisch "spheroid") ist ein Ellipsoid, das durch die Drehung einer Ellipse um eine ihrer Achsen entsteht“.

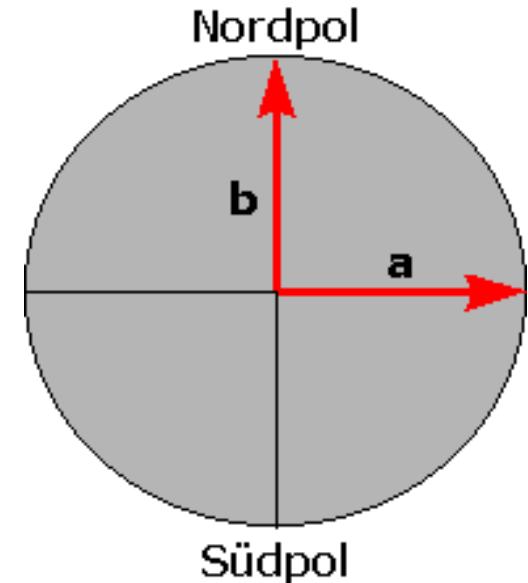
Die meisten größeren Himmelskörper sind angenähert abgeplattete Rotationsellipsoide.
An den Polen sind die Körper abgeplattet, am Äquator ausgebaucht.

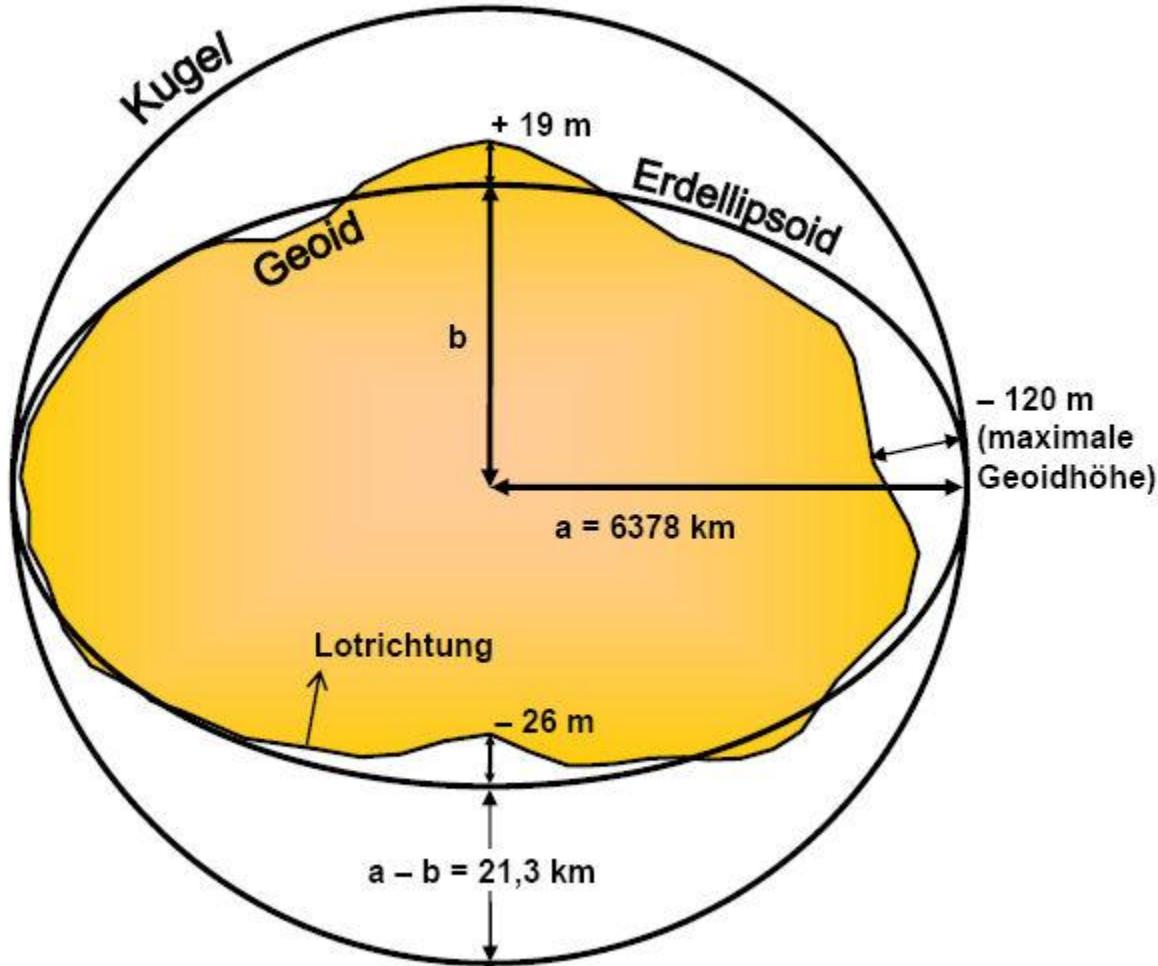


Quelle: http://www.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/lectures/ph1_0102/earthdef.gif

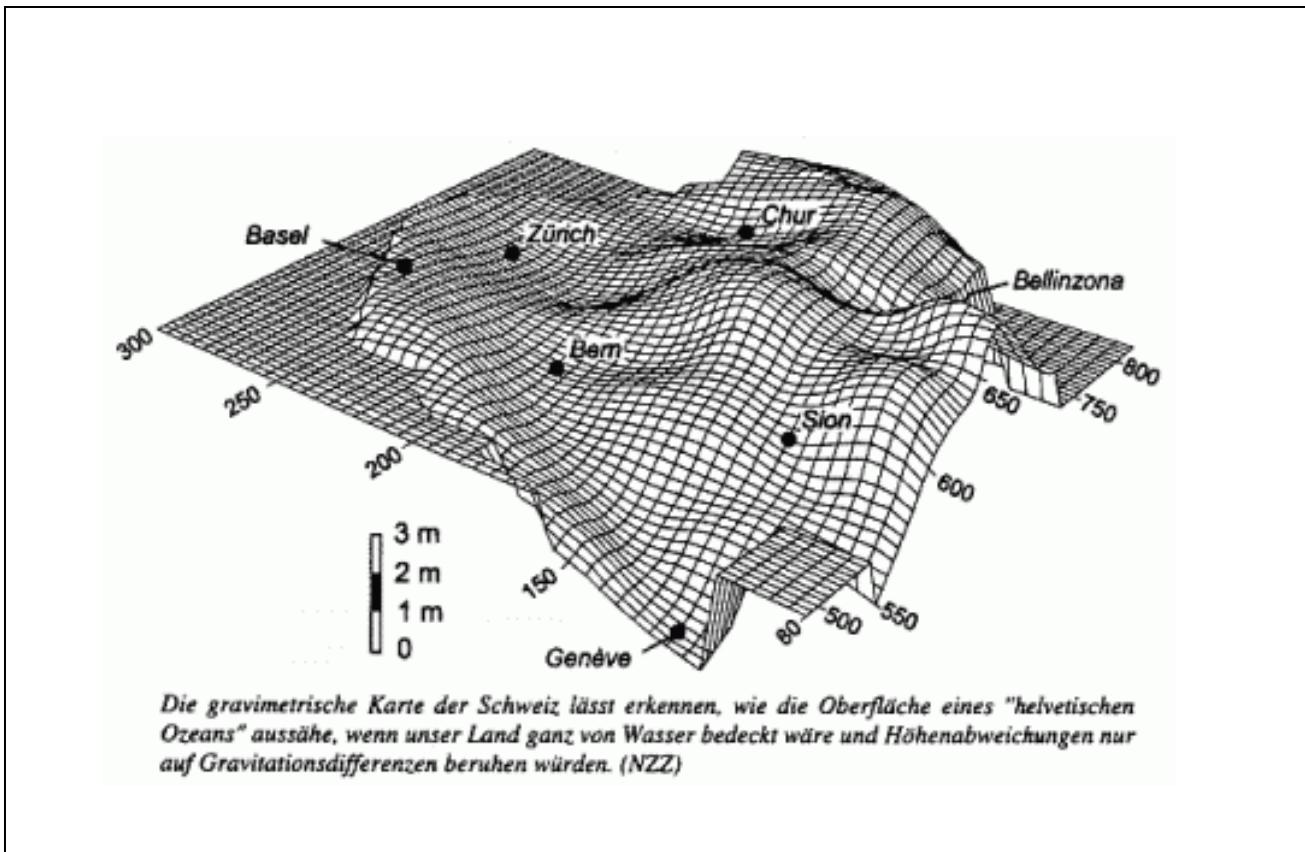
Rotationsellipsoid:

- **geometrisch** definierte Bezugsfläche in Form einer Ellipse, die mathematische Berechnungen zulässt.
- Idealisierte Gestalt der Erde, die im Unterschied zum Kugelmodell die Abplattung der Erde an den Polen berücksichtigt.
- Newtons Gravitationsgesetz:
Die Fliehkraft ist im Äquator am größten, d.h. im Flüssigkeitsstadium muss am Äquator eine Aufwölbung erfolgt sein;
Krümmungsmessungen ergaben an den Polen kleinste Krümmung und am Äquator größte Krümmung.
- Der Durchmesser am Äquator ist um etwa 1/300 größer als der an den Polen,
 - der äquatoriale Radius ist die Haupt-Halbachse (a),
 - der polare Radius ist die Neben-Halbachse (b).



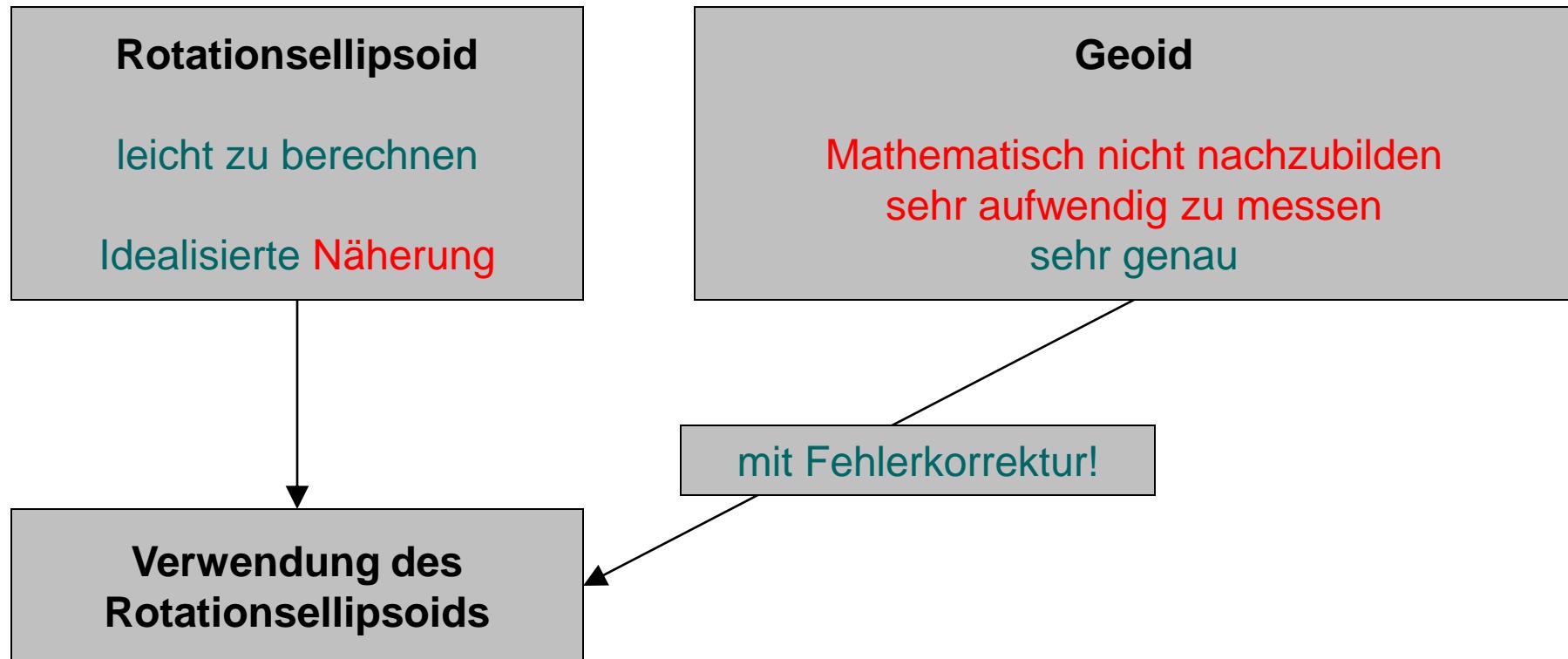


Quelle: <http://www.fe-lexikon.info/images/geoid1.jpg>

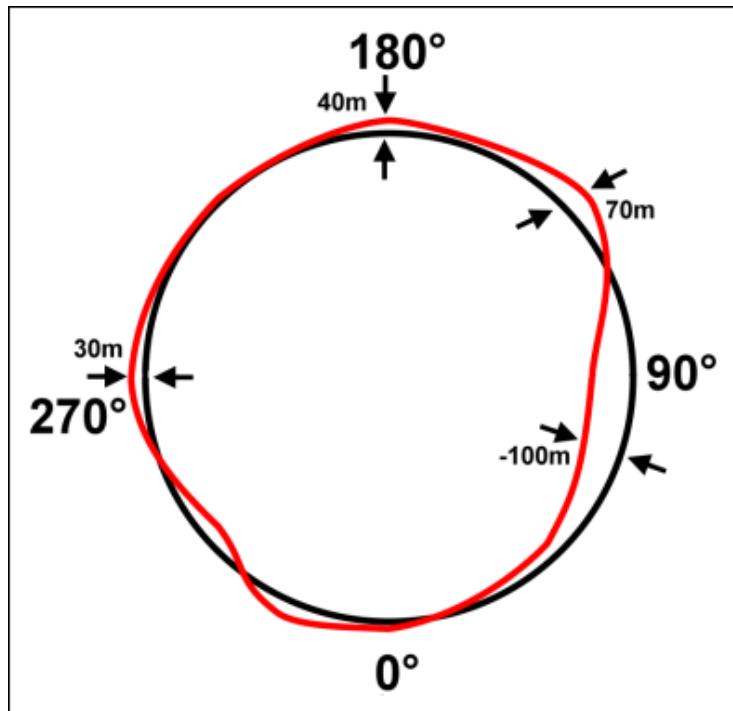


Quelle: http://www.nautisches-lexikon.de/b_navi/geodesie/x_geoid.html0

2.6 Geoidundulation



Um den Fehler zwischen dem Rotationsellipsoid und Geoid zu eliminieren:
Bestimmung der Abweichungen durch systematische Messungen.
Diese Abweichungen werden als **Geoidundulation** bzw. Geoidhöhe bezeichnet.



Veranschaulichung der Schwerevariation entlang des Äquators, bezogen auf eine kreisförmige Referenzfläche (schwarz).

Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Geoundaequrp.png>

$$\text{Geoidundulation } N = h - H$$

h = ellipsoidische (geometrische) Höhe (h) *

H = Orthometrische (Physikalische Höhe, Geoid) (H) *

*Definition später

Abweichungen zwischen Ellipsoid und Geoid

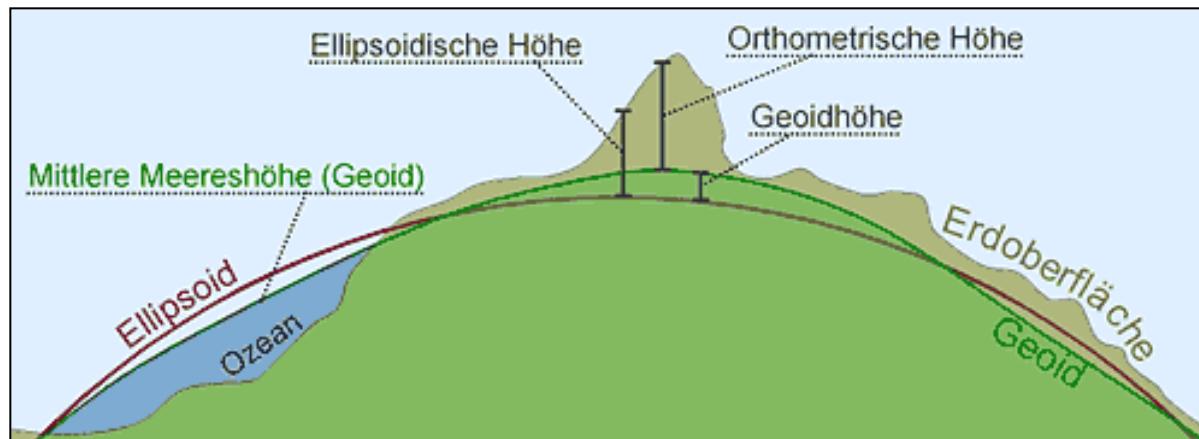
(Geoidundulation, Geoidhöhe):

- Global: Werte zwischen -108 m und + 82 m (BOLLMANN & KOCH 2002)
- Variieren auf 1000km um etwa +- 30m

Begriffe:

Erdoberfläche, **Geoid (mittlere Meereshöhe)**, **Ellipsoid**

Geoidhöhe (N), Ellipsoidische Höhe (h), Orthometrische Höhe (H)



Quelle: <http://www.kowoma.de/gps/geo/mapdatum.htm>

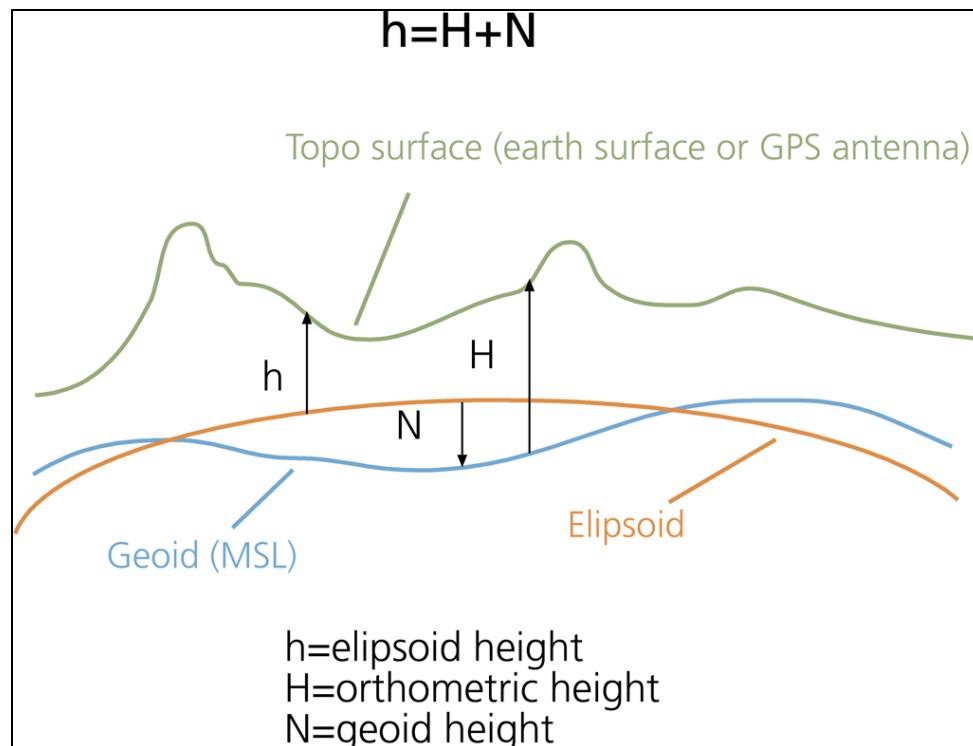
Abweichungen zwischen Ellipsoid und Geoid

(Geoidundulation, Geoidhöhe):

Begriffe:

Erdoberfläche, Geoid (mittlere Meereshöhe), Ellipsoid

Geoidhöhe (N), Ellipsoidische Höhe (h), Orthometrische Höhe (H)



Geoidundulation $N = h - H$
(=Geoidhöhe)

Ursachen der Geoidundulation:

- Dichteanomalien im Erdmantel aufgrund von Mantelkonvektion
- Dadurch Topografievariationen

Die Ursachen für die langwelligen Geoidschwankungen (Geoidundulationen) liegen in großräumigen Dichtevariationen im Erdmantel und zu geringerem Maße auch in der Erdkruste. Eine anomal höhere Gesteinsdichte erzeugt eine zusätzliche Gravitationsbeschleunigung und beult somit das Geoid aus, geringere Dichten führen zu „Dellen“ im Geoid. Aber auch die Topografie selbst stellt lateral variable Massenvariationen dar und führt zu Geoidundulationen.

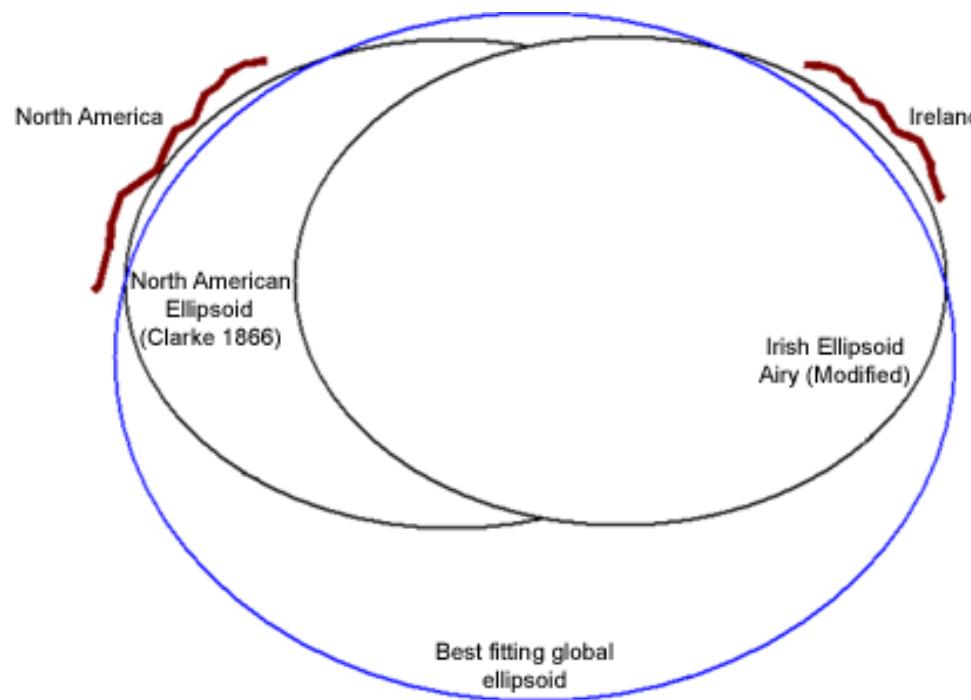
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Geoids_sm.jpg

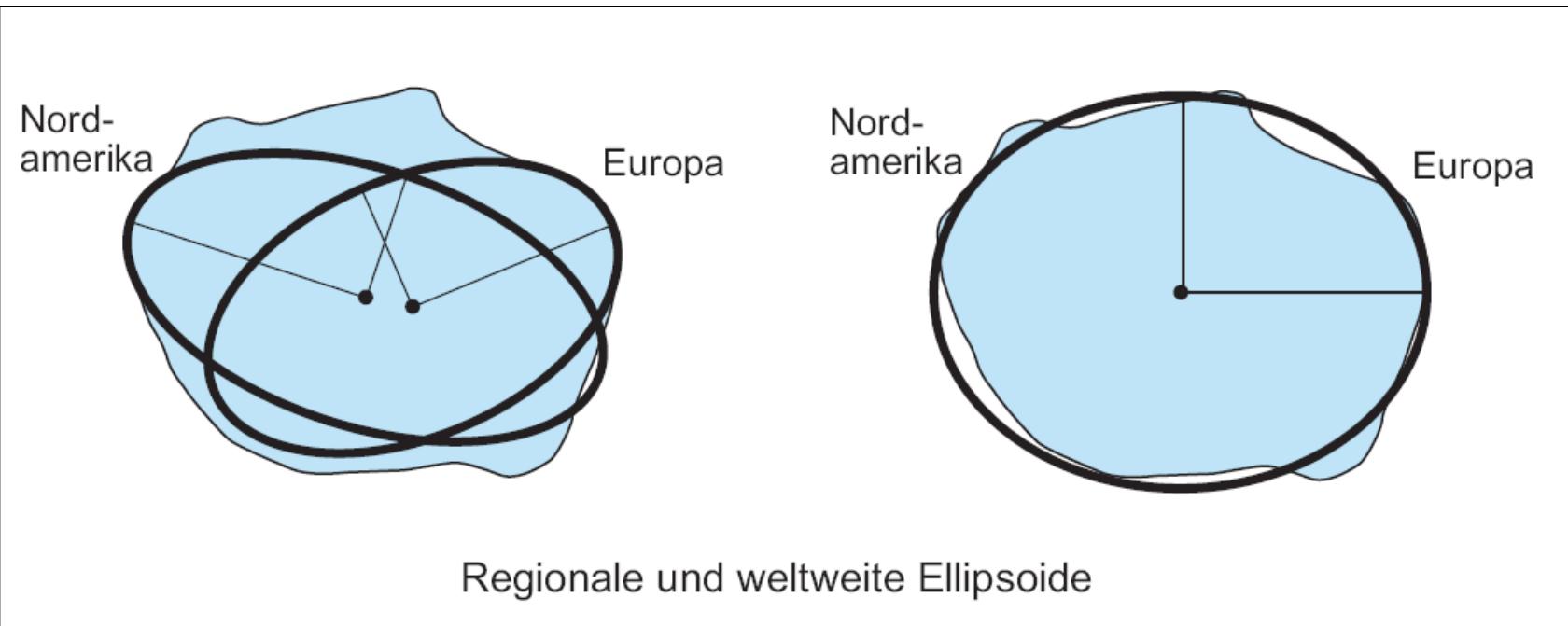
2.7 Referenzellipsoide

In verschiedenen Regionen werden verschiedene Referenzellipsoide benutzt.

Die Geoidundulation soll lokal möglichst gering sein.

Man verwendet daher Referenzellipsoide, die sich lokal am besten an die Geoidgestalt der Erde „schmiegen“.

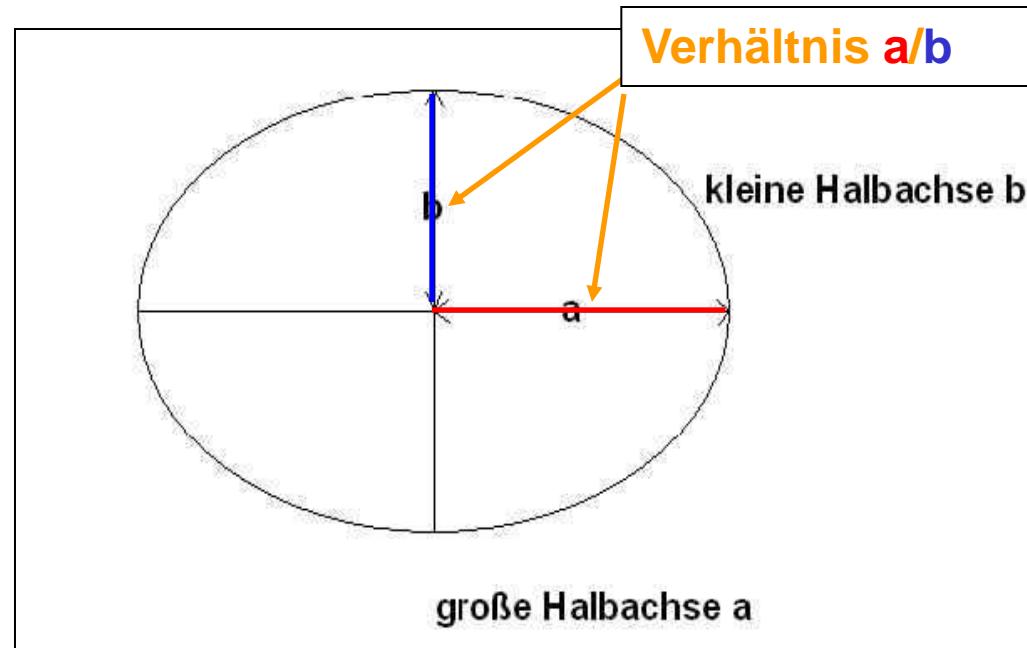




Die folgende Grafik erläutert die Problematik regionaler Ellipsoide in Bezug auf die weltweite Verwendung. Um die ganze Welt annähernd genau abzubilden, benötigen Sie ein weltweites Ellipsoid wie das GRS80. Die Annäherung der Ellipsoide an das Geoid ist hier stark übertrieben dargestellt.

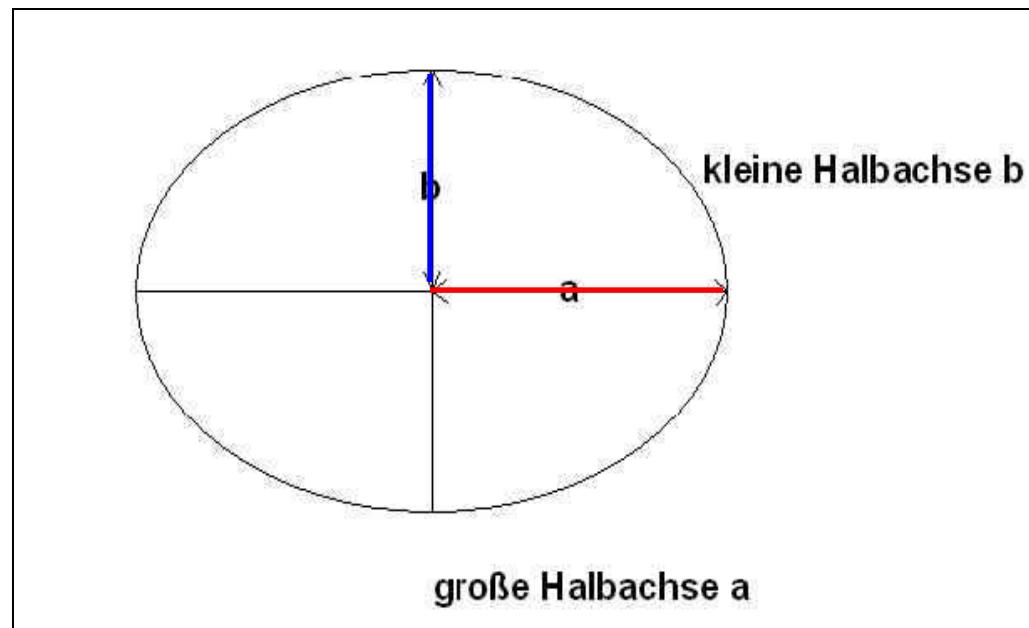
Referenzellipsoide werden üblicherweise beschrieben durch

- eine **Haupt-Halbachse** (Äquatorradius) und
- eine Abflachung (das **Verhältnis** zwischen **Äquator-** und **Polradius**)



Eine Definition ist auch denkbar mittels

- großer Halbachse (a)
- kleiner Halbachse (b)



Historische Referenzellipsoide

Bessel-Ellipsoid

Durch weiträumige (hauptsächlich astrogeodätische) Vermessung in [Europa](#) (auch Russland) und [Indien](#) bestimmte der als Astronom, Mathematiker und Geodät bekannte deutsche Wissenschaftler Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) den Bessel-Ellipsoid (auch Bessel 1841).

Beruhend auf 38 präzisen Messungen geographischer Länge und Breite weist Bessels Modell nur etwa 700 m zu kurze Achsen verglichen mit heutigen Modellen auf ([**Tabelle: Referenzellipsoide**](#)).

Das Bessel-Ellipsoid bildete lange Zeit die Grundlage der Landvermessung in Europa. 1950 basierten etwa 50% der [**Triangulationen**](#) in Europa und etwa 20% auf anderen Kontinenten auf dem Bessel Ellipsoid.

Hayford-Ellipsoid

Erst 1909 publizierte der US-amerikanische Geodät John Fillmore Hayford (1868-1925) ein Ellipsoid auf Basis geophysikalischer Berechnungen.

Das (an [Amerika](#) angepasste) Hayford-Ellipsoid ist nach modernen Erkenntnissen an der Äquatorachse etwa 251 m zu lang, an den Polen um 90 m zu flach.

Ursache der Meßunterschiede ist beispielsweise der Umstand, dass Gebirge in Eurasien hauptsächlich in Ost-West, in Amerika hingegen in Nord-Süd Richtung verlaufen.

Referenzellipsoide im Vergleich

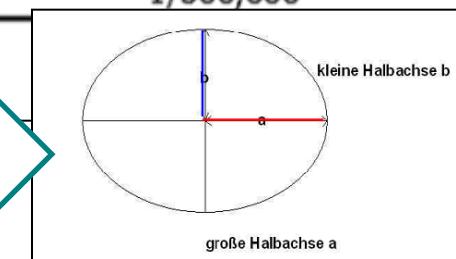
Große und Kleine Halbachse a, b und polare Abplattung f von ausgewählten Referenzellipsoiden.

Name	Jahr	Große Halbachse a	Kleine Halbachse b	Polare Abplattung f
WGS84	1984	6.378.137,0	6.356.752,3	1/298,257
GRS 80	1980	6.378.137,0	6.356.752,3	1/298,257
WGS 72	1972	6.378.135,0	6.356.750,5	1/298,260
Krassovskij	1940	6.378.450	6.356.863,0	1/298,300
International (Hayford)	1924	6.378.900	6.356.911,9	1/297,000
Clarke	1880	6.356.514,9	6.356.514,9	1/293,460
Bessel	1841	6.377.550	6.356.079,0	1/299,150
Everest	1830	6.377.220	6.356.075,4	1/300,800

Daten: Robinson et al. 1995, S. 45.

Abweichungen etwa 0,001%

Im Teamwork berechnen:
Max. Abweichungen
Abweichung vom arithm. Mittel (%)



$$f = (a - b) / a$$

Selbststudium in der Kleingruppe:

**Recherchieren Sie im Internet in Kleingruppen nach folgenden Stichworten und tragen Sie die wichtigsten Informationen auf PPT Seiten übersichtlich zusammen.
Ergänzen Sie mit möglichst anschaulichen Abbildungen.**

- **WGS 84**
- **GRS 80**
- **ED 50**

Tragen Sie die Ergebnisse kurz vor.

Was unterscheidet ED50 von den beiden anderen?

**Zusatzaufgabe:
Wieviele weitere Referenzellipsoide können Sie im Internet finden?**

Europäisches Datum ED50

Europäisches Datum ED50

- ein geodätisches Datum, beschreibt die Lage und den Maßstab eines zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystems bzw. geodätischen Netzes. wobei als Bezugssystem ein geeignetes referenzellipsoid zugrunde liegt
- ED50 ist ein geodätisches Datum, von dem aus [das internationale Vermessungsnetz](#) der Europäischen Staaten ab 1950 gerechnet wurde.
 - Dieses [Europenetz](#) ist eine exakte Verknüpfung von etwa 20 staatlichen Triangulationsnetzen.
 - In Nordamerika gibt es dazu analog das [NAD](#) (North American Datum)
 - Das ED50 beruht auf dem internationalen Ellipsoid von 1924 ([Hayford](#))
 - Aufgrund der Dominanz der USA nach dem WK2 wurde es gewählt, obwohl es für Europa nicht optimal ist

2.8 Geodätisches Datum

- ein Geodätisches Datum, beschreibt
 - die **genaue Lage** und
 - den **Maßstab** eines zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystems bzw. geodätischen Netzes.
 - die **Orientierung** eines Referenzellipsoids **gegenüber dem Erdkörper**
- Es fixiert also ein Referenzellipsoid auf dem Geoid

Definition:

Geodätisches Datum

engl.: geodetic datum

Themengebiet: Vermessung, Geodäsie

Bedeutung:

Geodätisches **Datum** ist ein Begriff aus der **Geodäsie** und die Grundlage der **Landesvermessung**. Es beschreibt mithilfe von **Daten** und einem Parametersatz, der aus **Festpunkten** und deren **Koordinaten** besteht, die genaue Lage, das Ausmaß und die **Orientierung** eines **Referenzellipsoids** gegenüber dem Erdkörper. Eine eindeutige Festlegung eines **Koordinatensystems** in Bezug auf Erde oder Messobjekt erfolgt über den **Koordinatenursprung**, die **Orientierung** der **Achsen** und einen **Maßstab**.

- Beschreibt die Orientierung eines Referenzellipsoiden auf dem Geoid
- Festlegung des Koordinatensystems in Bezug auf die Erde
 - Koordinatenursprung
 - Orientierung der Achsen
 - Maßstab

Funktion und Zweck:

Es gibt weltweit verschiedene Ellipsoide als mathematische Ersatzfiguren für den Geoiden:

- **lokales Referenzellipsoid:** optimale Anpassung an regionale Situationen
- **globales Ellipsoid:** optimale Anpassung an gesamten Erdkörper an.

→ **Jedes muss durch ein Geodätisches Datum orientiert und fixiert sein**

Differenz zwischen Referenzellipsoid und dem Geoiden

- **Im Flachland:** eher gering.
- **In gebirgigen Ländern:** Ellipsoid meist über dem Geoid.

Hintergründe und Verschiedenes:

In Deutschland wird das von Bessel entwickelte Ellipsoid verwendet.

Das Bessel – Ellipsoid wird durch das Potsdamer Datum (PD) festgelegt.

Es werden Gauß-Krüger-Koordinaten verwendet.

In Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt wird oft noch eine Gauß-Krüger-Abbildung auf dem Krassowski-Ellipsoid mit Datum Pulkowo verwendet.

→ Dies ist das frühere System der DDR.

WGS 84

World Geodetic System (**WGS84**) von 1984

→ weltweites Bezugssystem auf Basis des Ellipsoids GRS80.

- Für die **west- und mitteleuropäische Ebene** definierte man dazu das **Europäische Datum (ED50)** von 1950, welches auf dem **Hayford-Ellipsoid** beruht.
- Für **Nordamerika** wurde 1927 das **Nordamerikanische Datum (NAD27)** definiert.
- UTM Abbildung



Geodätische Daten, die ein unterschiedliches Bezugssystem verwenden, können umgerechnet werden, damit sie mit anderen Koordinatensystemen kompatibel und vergleichbar sind.

Deutschland**lokales Bezugssystem**

Fast ganz
Deutschland

Mecklenburg-
Vorpommern
Sachsen-Anhalt

Bessel
Ellipsoid

Potsdamer
Datum (PD)

Krassowski
Ellipsoid

Datum
Pulkowo

früheres
DDR System

Abbildung Gauß-Krüger

WGS84**weltweites Bezugssystem**

west- und
mitteleuropäische
Ebene

Nordamerika

Hayford
Ellipsoid

Europäisches
Datum
(ED50)

Ellipsoid
GRS80

Nordamerikanisches
Datum
(NAD27)

**Umstellung
GK auf UTM**

**UTM
Koordinaten**

Deutschland

lokales Bezugssystem

Fast ganz
Deutschland

Mecklenburg-
Vorpommern

Sachsen-Anhalt

Bessel
Ellipsoid

Potsdamer
Datum (PD)

Krassowski
Ellipsoid

Datum
Pulkowo

früheres
DDR System

Abbildung Gauß-Krüger

Deutschland**lokales Bezugssystem**

WGS84

**Vermeidung des Fehlers
durch Kontinentaldrift**

welt

Fast ganz
DeutschlandMecklenburg-
Vorpommern
Sachsen-Anhaltwest- und
mitteleuropäische
Ebene

Nordamerika

Bessel
EllipsoidKrassowski
EllipsoidHayford
EllipsoidEllipsoid
GRS80Potsdamer
Datum (PD)Datum
PulkowoEuropäisches
Datum
(ED50)Nordamerikanisches
Datum
(NAD27)früheres
DDR SystemUmstellung
GK auf UTM**Abbildung Gauß-Krüger**UTM
Koordinaten

welt

Deutschland Umstellung lokales Europäisches Bezugssystem	WGS84 weltweites Bezugssystem	
Rein Europäisches System	west- und mitteleuropäische Ebene	Nordamerika
Ellipsoid: Geodetic Reference System (GRS80) Datum: ETRS89 UTM Koordinaten	Hayford Ellipsoid Europäisches Datum (ED50) Umstellung GK auf UTM	Ellipsoid GRS80 Nordamerikanisches Datum (NAD27) UTM Koordinaten

→ Kopien: Arbeitspapier Bezugssysteme



NAD27: North American Datum von 1927, Hintergründe:

Von 1871 bis 1899 führte der National Geodetic Survey eine groß angelegte transkontinentale Vermessungs-Kampagne entlang des 39. Breitengrades durch, um das bereits weit ausgebauten Vermessungsnetz der östlichen Bundesstaaten mit der pazifischen Westküste zu verbinden. Im Zuge dieser Expansion war auch eine Verlagerung des Ursprungspunktes von Principio in die Mitte des nordamerikanischen Kontinents notwendig. Als neuen Fundamentalpunkt wählte man Meades Ranch, zwischen den Städten Lucas und Tipton in Kansas (bei $\delta 39^{\circ} 13' 27''$ N, $98^{\circ} 32' 32''$ W (WGS84)). Konsequenterweise benannte man das *New England Datum* um in *U.S. Standard Datum*. Nachdem 1913 Kanada und Mexiko beschlossen hatten, ebenfalls ihre Vermessungsnetze auf Grundlage des *U.S. Standard Datum* aufzubauen, wurde dieses in *North American Datum* umbenannt. Es basiert wie seine Vorfürer auf dem Clarke-Ellipsoid von 1866 und sein Fundamentalpunkt ist Meades Ranch in Kansas.

1927 wurden die Positionen von 25.000 Festpunkten durch Ausgleichsmethoden auf Grundlage vergangener Vermessungsdaten neu berechnet. Aus dem so gebildeten Referenzrahmen von Festpunkten geht die Bezeichnung NAD 27 hervor.

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/North_American_Datum/

ETRS89

Um die vielfältigen Systeme zu vereinheitlichen, findet derzeit eine Umstellung auf das **Europäische Terrestrische Referenzsystem (ETRS89)** unter Verwendung des **Ellipsoids Geodetic Reference System (GRS80)** statt. Für die Umstellung von Gauß-Krüger-Koordinaten auf **UTM-Koordinaten** ist der Datumswechsel von **PD** auf **ETRS89** nötig.

ETRS89

Um die vielfältigen Systeme zu vereinheitlichen, findet derzeit eine Umstellung auf das **Europäische Terrestrische Referenzsystem (ETRS89)** unter Verwendung des **Ellipsoids Geodetic Reference System (GRS80)** statt. Für die Umstellung von Gauß-Krüger-Koordinaten auf **UTM-Koordinaten** ist der Datumswechsel von **PD** auf **ETRS89** nötig.

ETRS89: European Terrestrial Reference System 1989

- basiert auf WGS84,
- ist aber nur für Europa gültig,
um Koordinatenverschiebung durch Kontinentbewegung zu vermeiden

ETRS89

Um die vielfältigen Systeme zu vereinheitlichen, findet derzeit eine Umstellung auf das **Europäische Terrestrische Referenzsystem (ETRS89)** unter Verwendung des **Ellipsoids Geodetic Reference System (GRS80)** statt. Für die Umstellung von Gauß-Krüger-Koordinaten auf **UTM-Koordinaten** ist der Datumswechsel von **PD** auf **ETRS89** nötig.

GRS 80: Geodätisches Referenzsystem 1980

- Erdmodell, das die wichtigsten Parameter der Erdfigur, der Erdrotation und des Schwerefeldes umfasst.
- sein Referenzellipsoid dient dem europäischen Raumbezugssystem - ETRS89 als geometrische Rechen- und Abbildungsfläche

Geodätisches Datum: Interessantes

Das Bessel-Ellipsoid mit dem Datum Potsdam in Deutschland ist 606 Meter in x-, 23 Meter in y- und 413 Meter in z-Richtung vom Mittelpunkt des WGS84 verschoben.

Geodätisches Datum: PD (Potsdam-Datum)



Der **Fundamentalpunkt** auf dem Rauenberg, bei **Potsdam**, gilt als Trigonometrischer Punkt 1. Ordnung. Er war der Ausgangspunkt für die Berechnung der geographischen Koordinaten des damaligen preussischen Hauptdreiecknetzes.

Als Zentralpunkt bestimmt er noch heute die Lage und die Orientierung des deutschen Hauptdreiecknetzes auf dem als Bezugsfläche gewählten **Bessel-Ellipsoid**.

(Das Bessel-Ellipsoid passt sich durch seine Datengrundlage der Form unserer Erde und der mittleren Erdkrümmung in Eurasien besonders gut an und wurde daher vielen Landesvermessungen zugrunde gelegt.)

Geodätische Grundlagen

Geodätisches Datum: Potsdam-Datum (Zentralpkt. Rauenberg), Bezugsfläche Bessel-Ellipsoid, Orientierung Berlin, Marienkirche

Höhensystem: Normalnull (NN)

Abbildung: Gauß-Krüger-Abbildung

Koordinaten und Höhen der Karte

Geographische Koordinaten (bezogen auf Potsdam-Datum)	Gauß-Krüger-Koordinaten (bezogen auf Potsdam-Datum)	UTM-Koordinaten der Zone 33	Höhen
13° 20' Geographische Länge	45 99 Rechtswert (in km)	3 77E Ostwert (in km)	Die Höhen sind in Metern über Normal-
48° 30' Geographische Breite	53 75 Hochwert (in km)	53 74N Nordwert (in km)	null (NN) angegeben.

Bitte mit
„Arbeitspapier Bezugssysteme“
abgleichen

Deutschland Umstellung lokales Europäisches Bezugssystem	WGS84 weltweites Bezugssystem	
Rein Europäisches System	west- und mitteleuropäische Ebene	Nordamerika
Ellipsoid: Geodetic Reference System (GRS80) Datum: ETRS89 UTM Koordinaten	Hayford Ellipsoid Europäisches Datum (ED50) Umstellung GK auf UTM	Ellipsoid GRS80 Nordamerikanisches Datum (NAD27) UTM Koordinaten

Kleine Studentische Übung

(1) Suchen Sie auf den Karten nach Angaben zum Bezugssystem:

- Bezugssystemname
- Geoid
- Ellipsoid
- Geoidundulation
- Datum
- Projektion
- Koordinatensystem

(2) Vergleichen Sie das Bezugssystem auf den alten mit den neuen Karten

→ Bitte schonend mit den Karten umgehen!



Koordinaten		
UTM-Koordinaten der Zone 32 (bezogen auf ETRS89/WGS84)	Geographische Koordinaten (bezogen auf ETRS89/WGS84)	Gauß-Krüger- Koordinaten (bezogen auf Potsdam-Datum)
6 58E Ostwert (in km) 54 75N Nordwert (in km)	11° 10' Geographische Länge 49° 24' Geographische Breite (östliche Länge von Greenwich)	44 40 Rechtswert (in km) 54 74 Hochwert (in km)

Suchen Sie nach Angaben zum Bezugssystem:

- Bezugssystemname
- Geoid
- Ellipsoid
- Geoidundulation
- Datum
- Projektion
- Koordinatensystem

Bitte schonend mit den Karten umgehen!

Suchen Sie nach Angaben zum Bezugssystem:

- Bezugssystemname
- Geoid
- Ellipsoid
- Geoidundulation
- Datum
- Projektion
- Koordinatensystem

Geodätische Grundlagen

Bezugssystem:	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989 (ETRS89), entspricht dem Weltweiten Geodätischen System 1984 (WGS84)	
Abbildung:	Universale Transversale Mercatorabbildung (UTM-Abbildung)	
Höhensystem:	Höhen in Meter über Normalnull (NN), Pegel Amsterdam. Umschwing von Höhen über dem Ellipsoid des ETRS89/WGS84 in Höhen über NN: -45 m.	

UTM-Koordinaten der Zone 32 (bezogen auf ETRS89/WGS84)	Geographische Koordinaten (bezogen auf ETRS89/WGS84)	Gauß-Krüger-Koordinaten (bezogen auf Potsdam-Datum)
0 68E Ostwert (in km)	11° z. Geographische Länge	44 53 Reckswert (in km)
0 19N Nordwert (in km)	40° z. Geographische Breite (westliche Länge von Greenwich)	05 18 Höchstwert (in km)

Trigonometrische Punkte			
△ 3467	Bodenpunkt mit Höhenangabe	+ 8	Kegels / Denkmal
♂ ♂	Hochpunkte: Kirche / Turm	± 4	Gipfelkreuz / Sendemast

Blatteinteilung der bayerischen Flurkarten

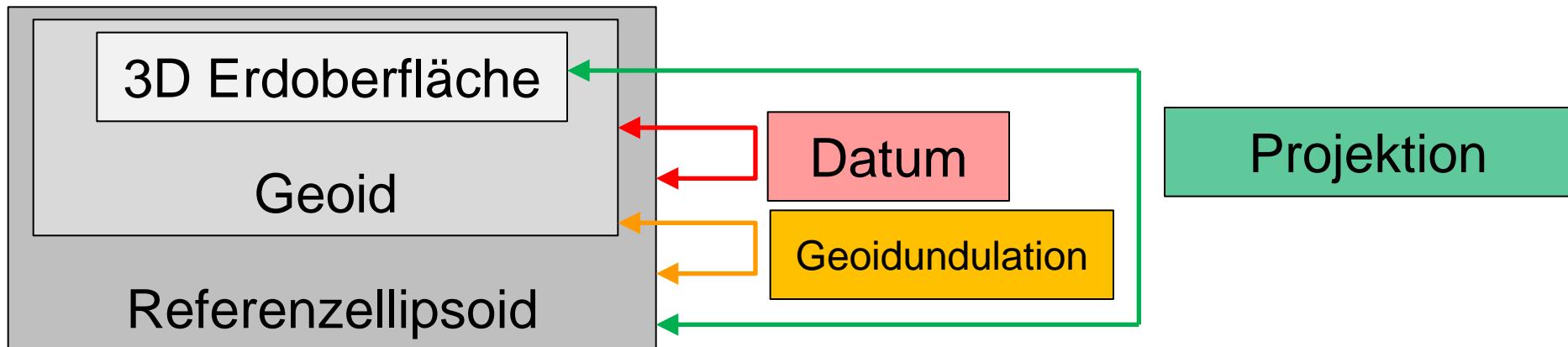
Salzner - Koordinatensystem: Region, Schichte, Reihe / NW LXXX S – Südwestecke im Karteneinschneiden

Maßstab 1 : 25 000

1 cm der Karte entspricht 250 m in der Natur

Bitte schonend mit den Karten umgehen!

Übersicht Referenzsysteme



→ Realität

→ Definiert die Lage des Referenzellipsoiden auf dem Erdmodell

→ Bezugsfläche für Normal Null

→ Art der Kartenentzerrung auf dem Referenzellipsoiden

→ mathematisch berechenbare, stetige Näherung

→ Korrektur zwischen Geoid und Referenzellipsoid

Selbststudium in der Kleingruppe:

EGM96:

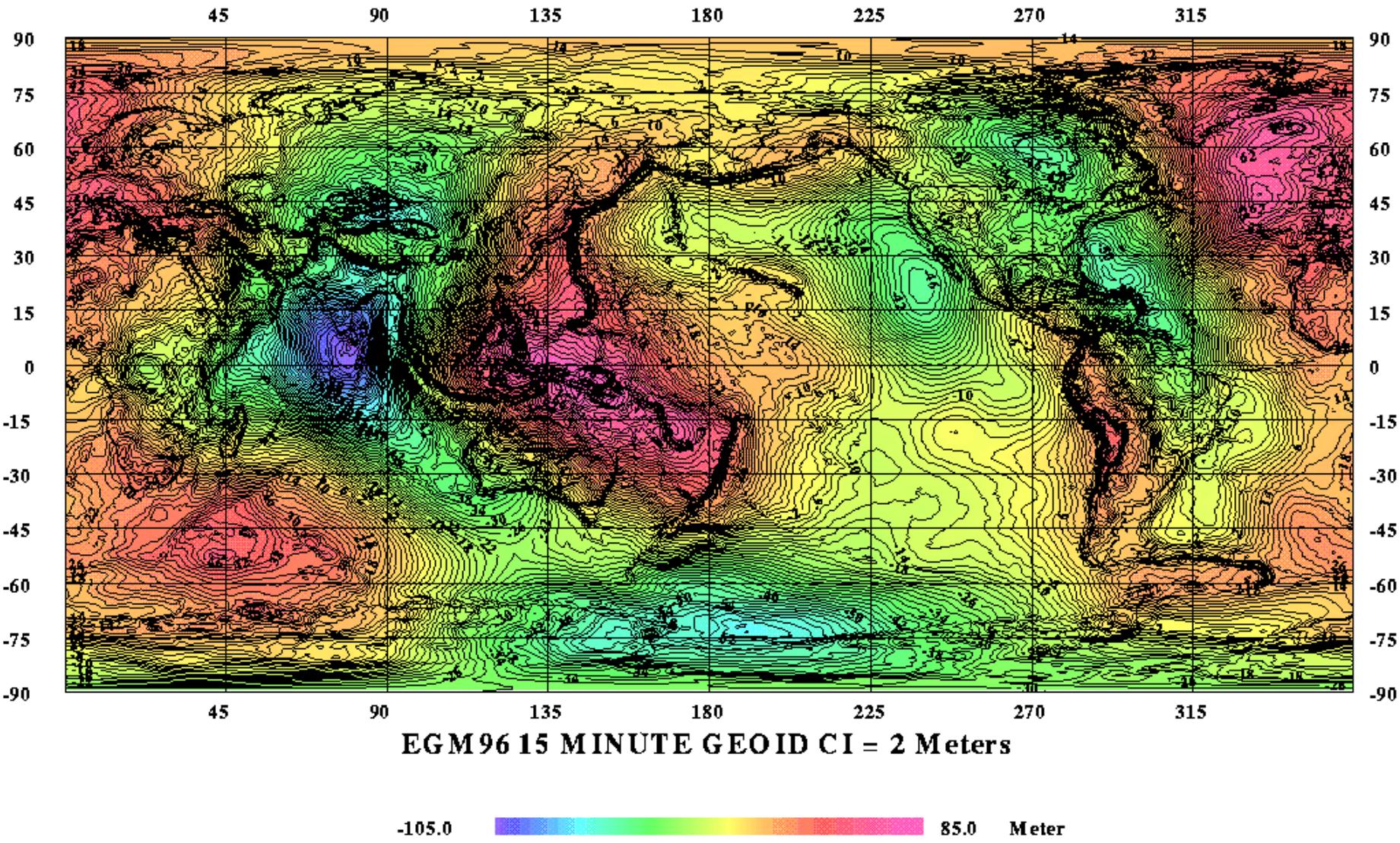
**Versuchen Sie mit Hilfe des Internets herauszufinden was das ist:
EGM96**

**Wo ist EGM 96 bei den Referenzierungssystemen einzuordnen?
Erklären Sie, was man damit machen kann.**

EGM96

Earth Gravitational Modell (EGM96) ist ein Beispiel für ein aktuelles Geoidmodell, das für WGS84-EGM96 die Geoidundulation zur Höhenanpassung liefert.

Geoid - das EGM96 Geoid der NASA/NIMA

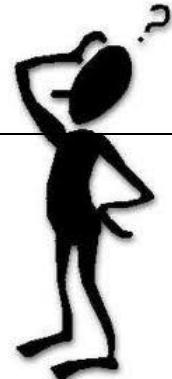


Kleine Übung

- Öffnen Sie Google Maps/Google Earth.
(bei Google Maps unter „Maps Laps“ (links unten „LatLang“ KurzInfo aktivieren))
- Testen Sie folgendes Internettool für beliebige Orte.

http://www.unavco.org/community_science/science-support/geoid/geoid.html

- Erklären Sie den Sinn!



Geoid Height Calculator

Enter latitude, longitude, and GPS height and then submit:

Latitude:	48.624	degrees North
		minutes North
		seconds North
E.g. enter the latitude as -56.25 degrees or -56 degrees 15 minutes, for 56 degrees 15 minutes South.		
Longitude:	13.172	degrees East
		minutes East
		seconds East
E.g. enter the longitude as -102.5 degrees or -102 degrees 30 minutes, for 102 degrees 30 minutes West.		
GPS Elevation:	950	meters
<input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Submit"/>		

Your Input Coordinates and GPS Height:

Latitude = 48.624° N = 48° 37' 26.4" N

Longitude = 13.172° E = 13° 10' 19.2" E

GPS ellipsoidal height = 950 (meters)

Geoid height = 45.670 (meters)

Orthometric height (height above mean sea level) = 904.33 (meters)

(note: orthometric height = GPS ellipsoidal height - geoid height)

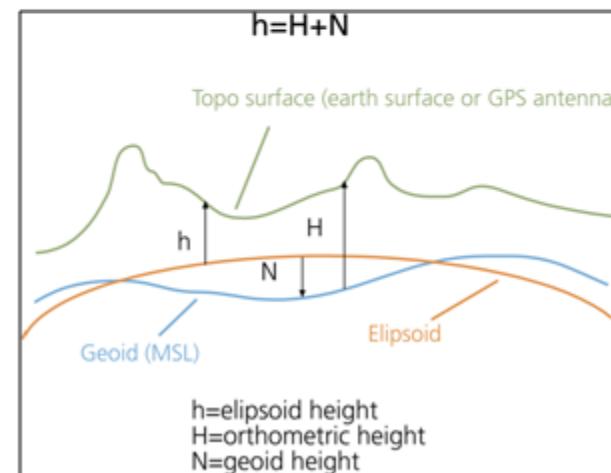
[... return to request form](#)**Abweichungen zwischen Ellipsoid und Geoid**

(Geoidundulation, Geoidhöhe):

Begriffe:

Erdoberfläche, Geoid (mittlere Meereshöhe), Ellipsoid

Geoidhöhe (N), Ellipsoidische Höhe (h), Orthometrische Höhe (H)

**Geoidundulation** $N = h - H$ ($=$ Geoidhöhe)

2.9 Die Erdpole

Nordpol

Nordpol

- (1) Geographischer Nordpol**
- (2) Arktischer Nordpol**
- (3) Arktisch magnetischer Nordpol**
- (4) Nordpol der Unzulänglichkeit**



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordpol>

(1) Geographischer Nordpol

Der geografische Nordpol ist der Punkt, an dem die **gedachte Erdachse** die Erdoberfläche durchstößt (**Symmetriearchse**).

Es ist der Schnittpunkt aller Längengrade und die geografische Position N $90^{\circ} 0,0'$ E $0^{\circ} 0,0'$

Interessantes:

Der geographische Nordpol liegt auf der Nordamerikanischen Platte, jedoch nicht auf Festland, sondern auf einer 2 bis 3 m dicken schwimmenden Eisdecke. Darunter liegt das Nordpolarmeer, welches an dieser Stelle 4087 m tief ist. Der Meeresgrund wurde hier erstmals 2007 von einer russischen Forschungsexpedition erreicht. Nahe dem Zenit steht über dem geographischen Nordpol der Polarstern in nur 42' Abstand (2008)

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordpol>



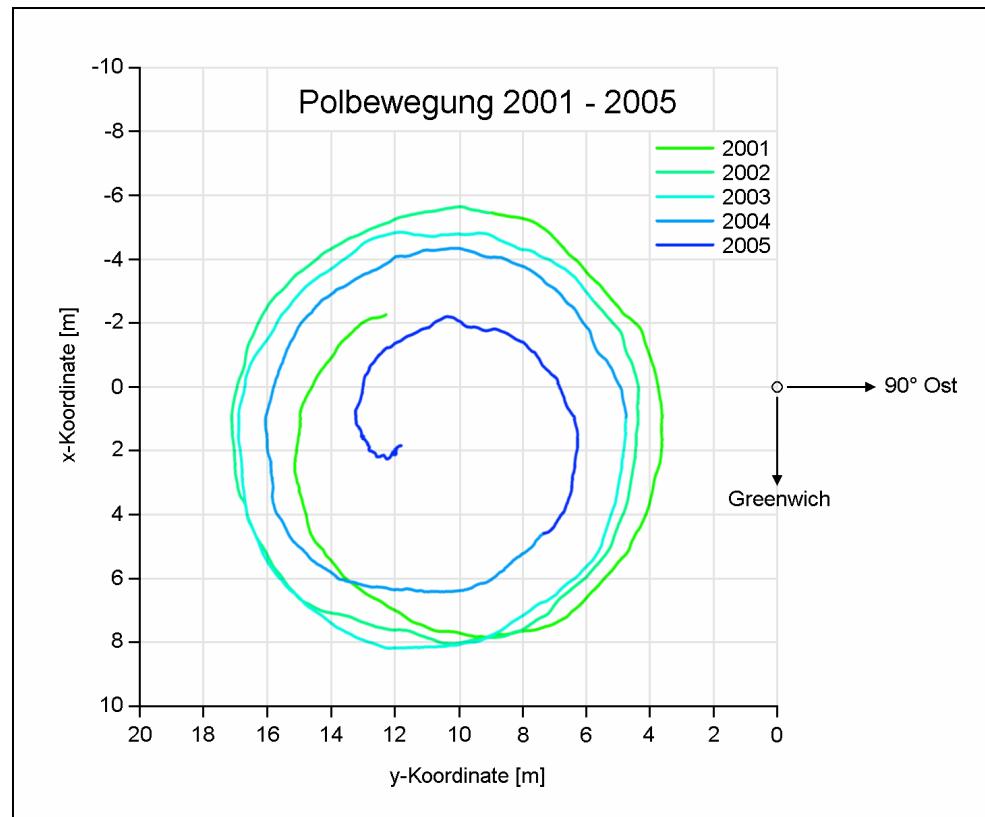
Lage der verschiedenen Nordpole

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordpol>

Polbewegung:

langsame, schwingende Verlagerung der Erdachse innerhalb des Erdkörpers.

Sie macht lediglich einige Millionstel des Erdradius' aus.



Interessantes:

Die Symmetriearchse der Erde fällt nicht genau mit ihrer Drehachse zusammen, die durch den Schwerpunkt des Erdkörpers verläuft. Darum "taumelt" der Erdkörper ein wenig bezüglich seiner eigenen Drehachse, was sich in Änderungen der geografischen Koordinaten eines ortsfesten Beobachters bemerkbar macht

Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/PolarMotion_2001_2005.png

(2) Arktischer Nordpol (Magnetischer Nordpol, arktischer Magnetpol)

Der Magnetpol, der sich in der Nähe des geografischen Nordpols befindet.



Lage der verschiedenen Nordpole

Interessantes:

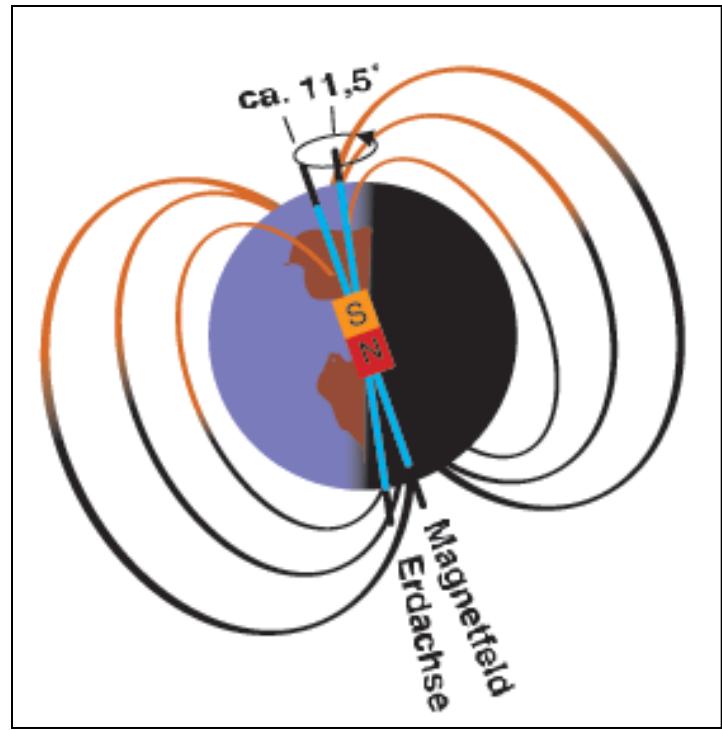
Tatsächlich sollte dieser aber als magnetischer Südpol bezeichnet werden, da sich der Nordpol eines Magneten (z.B. der eines Kompass) zu diesem hin ausrichtet und sich bekanntlich entgegengesetzte Pole anziehen. Dieser Nordmagnetpol ist also der Punkt, an dem die Magnetfeldlinien, ausgehend vom magnetischen Pol im Süden zusammenlaufen.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordpol>

Quelle: <http://geo.phys.uit.no/article/roadto.html>

Interessantes:

Tatsächlich sollte dieser aber als magnetischer Südpol bezeichnet werden, da sich der Nordpol eines Magneten (z.B. der eines Kompass) zu diesem hin ausrichtet und sich bekanntlich entgegengesetzte Pole anziehen. Dieser Nordmagnetpol ist also der Punkt, an dem die Magnetfeldlinien, ausgehend vom magnetischen Pol im Süden zusammenlaufen.



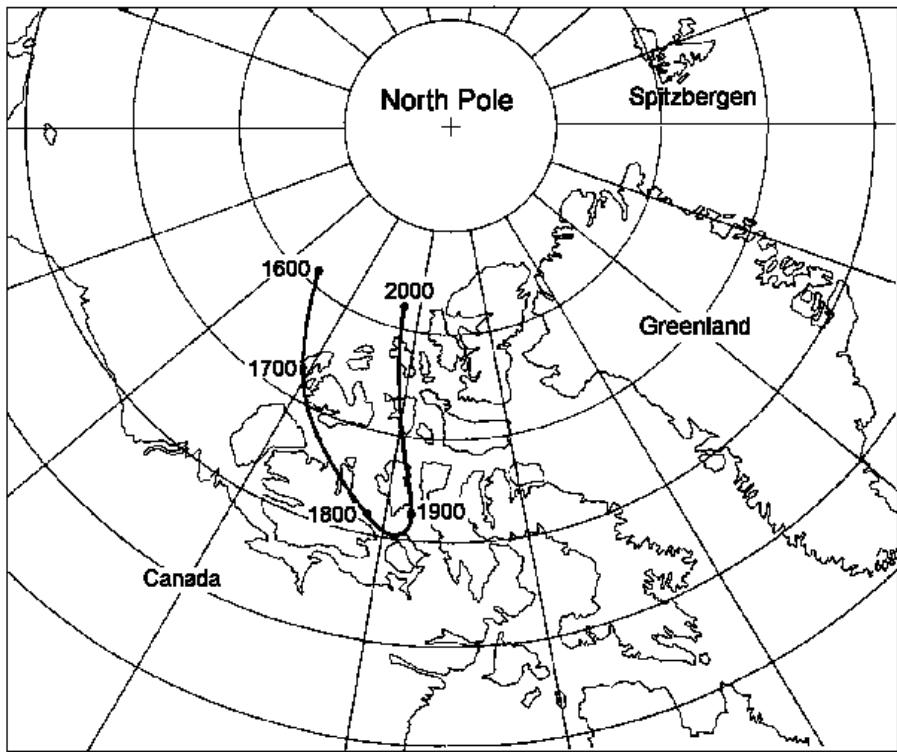
Magnetische Polwanderung

Die magnetischen Pole wandern abhängig von der Stärke der Sonnenaktivität jährlich um etwa 40km.

Insgesamt gesehen wandert der Nordpol momentan langsam durch den Norden Kanadas.

Nachdem der magnetische Pol lange Zeit Richtung Süden gewandert war, wandert er seit etwa 1900 wieder in Richtung geografischem Nordpol.

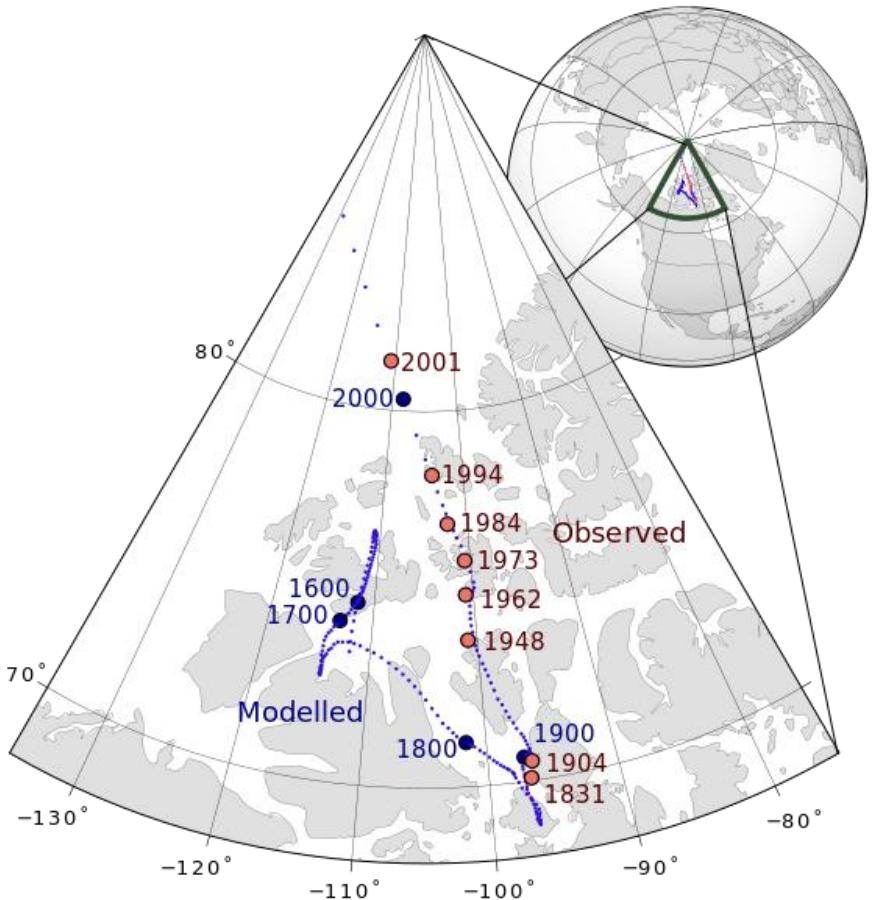
Das langfristige Wandern des Pols hängt mit den geologischen Aktivitäten im Erdinneren zusammen und lässt sich recht gut über einige Jahre voraussagen.



Quelle: <http://www.kowoma.de/gps/zusatzerklaerungen/Nordpol.htm>

Magnetische Polwanderung

Jahr	Geographische Koordinaten
2001	81,3° N, 110,8° W
2002	81,6° N, 111,6° W
2003	82,0° N, 112,4° W
2004	82,3° N, 113,4° W
2005	82,7° N, 114,4° W



Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Magnetic_North_Pole_Positions.svg

SPIEGEL ONLINE - 13. Dezember 2005, 16:34

URL: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,390185,00.html>

SCHNELLE WANDERUNG

Magnetischer Nordpol in 50 Jahren in Sibirien

Nach Jahrhunderten relativer Stabilität wandert der magnetische Nordpol wieder - und zwar mit atemberaubender Geschwindigkeit. Sollte er sein jetziges Tempo beibehalten, könnte er in 50 Jahren in Sibirien angelangt sein.

Der magnetische Nordpol ist im Unterschied zu seinem geographischen Pendant ein unsteter Geselle: Ständig ist er auf Wanderschaft - mal langsamer, mal schneller, und manchmal wechselt er gar mit dem magnetischen Südpol die Positionen. Eine solche Umkehrung der Pole fand zuletzt vor rund 780.000 Jahren statt. Dass dies irgendwann wieder geschieht, gilt unter Experten als ausgemacht. Die Frage ist nur, wann.

Als Wissenschaftler feststellten, dass der 1838 entdeckte magnetische Nordpol mit derzeit rund 40 Kilometern pro Jahr unterwegs ist und zugleich die Stärke des Erdmagnetfelds abnimmt, sahen sie schon die Zeit einer erneuten Pol-Umkehrung gekommen. Denn immerhin ist der magnetische Nordpol allein im vergangenen Jahrhundert rund 1100 Kilometer von der kanadischen Halbinsel Boothia in Richtung Sibirien gerutscht.

Kleines Selbststudium:

Bild der Wissenschaft: Pole auf Wanderschaft

http://www.wissenschaft.de/home/-/journal_content/56/12054/925810/

Scinexx, das Wissensmagazin: Erde kippte, um Balance zu halten

<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-5247-2006-08-28.html>

Erdbeben in Japan verschiebt Erdachse

<http://www.dw.de/erdbeben-in-japan-verschiebt-erdachse/a-14910994>



Kleines Selbststudium:

Erdbeben in Japan verschiebt Erdachse

<http://www.dw.de/erdbeben-in-japan-verschiebt-erdachse/a-14910994>



(3) Arktischer geomagnetischer Pol

Ein theoretischer Pol des unregelmäßigen Erdmagnetfeldes, dem die Annahme entspricht, dass sich im Erdmittelpunkt ein Stabmagnet befände.

Er lag 2010 bei etwa **80° 1' N, 72° 13' W** **80.02-72.21** auf der Darling-Halbinsel der zu Kanada gehörenden Ellesmere-Insel.

Interessantes:

Beim Vergleich der Koordinaten von arktischem Magnetpol und antarktischem Magnetpol fällt auf, dass sich die beiden Magnetpole weniger genau gegenüberliegen als die geomagnetischen Pole.

Der eigentliche Unterschied ist, dass die Magnetpole durch Messungen bestimmt werden, während die geomagnetischen Pole auf Berechnungen beruhen. Die geomagnetischen Pole sind nicht ortsfest – sie folgen einem ähnlichen Bewegungsmuster wie die Magnetpole.

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordpol>



Lage der verschiedenen Nordpole

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordpol>

(4) Nordpol der Unzulänglichkeit

Anderer Ausdruck für den küstenfernsten Punkt im Nordpolarmeer.

Er befindet sich bei **84° 3' N, 174° 51' W** und damit etwa 660 km vom geographischen Nordpol entfernt.

Interessantes:

Er wurde das erste Mal 1927 erreicht.

Unterhalb des *Nordpols der Unzugänglichkeit* befindet sich kein Festland, sondern nur Eis und Wasser des hier etwa 3000 m tiefen Nordpolarmeeres.

Der *Nordpol der Unzugänglichkeit* ist ein irreführender Ausdruck, weil er nahelegt, dass Expeditionen in die Arktis hauptsächlich von den benachbarten Küsten aus unternommen würden, was in Wirklichkeit nicht der Fall ist. Unzugänglichkeitspole haben keine praktische Bedeutung.



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordpol>

Interessantes

Offiziell wurde der geographische Nordpol erstmals von den US-amerikanischen Forschern Robert Edwin Peary und Matthew Henson sowie den Inuit Sigloo, Eghingwah, Ooqueah und deren Anführer Utaaq am 6. April 1909 erreicht. Es gilt jedoch nicht als wissenschaftlich gesichert, dass diese Gruppe den Pol tatsächlich erreicht hat. Pearys Aufzeichnungen sind hierfür nicht ausreichend genau und Matthew Henson berichtet in seinen Memoiren, er sei kurz vor Expeditionsleiter Peary am Nordpol gewesen und habe diesen dort getroffen. Gemeinsam habe man die Frage klären wollen, wer wohl als Erster am Pol gewesen sei. Zu dieser Klärung ist es jedoch offenbar nie gekommen.

Außer den Genannten nahm auch Frederick Cook für sich in Anspruch, als Erster den Nordpol erreicht zu haben, und zwar bereits am 21. April 1908, also ein Jahr vor Peary. Peary startete daraufhin eine Kampagne, um die Glaubwürdigkeit von Cook zu untergraben. Ein zentraler Teil dieser Kampagne war es, Cooks Erstbesteigung des Mount McKinley als Fälschung zu denunzieren. Aber auch andere Ungereimtheiten lassen darauf schließen, dass Cook nie in der Nähe des Nordpols war. Erst die Überfliegung des Nordpols im Jahr 1926 durch Umberto Nobile, Roald Amundsen und Lincoln Ellsworth an Bord der *Norge* ist wissenschaftlich einwandfrei gesichert. Zweifelsfrei nachgewiesen ist ferner, dass 1937 eine Gruppe sowjetischer Wissenschaftler unter der Leitung von Iwan Papanin zum Nordpol flog und dabei tatsächlich das Umfeld des Pols betrat. Der erste Mensch, der den Pol nachweislich zu Fuß erreichte, war 1969 der Brite Sir Walter William Herbert.

Das nukleargetriebene U-Boot *USS Nautilus* erreichte am 3. August 1958 als erstes Schiff den geographischen Nordpol. Am 17. August 1977 gegen 04:00 Uhr Moskauer Zeit erreichte der sowjetische Atomeisbrecher *Arktika* als erstes über Wasser fahrendes Schiff den Nordpol. Hunderte Besatzungsmitglieder, Wissenschaftler und Fahrgäste betratn feierlich das direkte Polumfeld. Erst 1991 konnten nach schwerer Eisfahrt die beiden ersten konventionell angetriebenen Schiffe bis zum Nordpol vordringen: Der schwedische Eisbrecher *Oden* und das deutsche Forschungsschiff *Polarstern* erreichten den Pol am 6. September während einer dreimonatigen Expedition.

Am 2. August 2007 landeten zwei russische *Mir-Tauchboote* auf dem Meeresgrund am Nordpol in 4261 m Tiefe und setzten dort eine Titankapsel mit der russischen Flagge ab. Die Expedition hatte das Ziel, Bodenproben zu sammeln, um die russischen Territorialansprüche mit Beweisen zu stützen, dass der Nordpol zum sibirischen Festlandsockel gehört. Auch Dänemark, Kanada und Norwegen könnten territoriale Ansprüche erheben. In einem langen FAZ-Gespräch gab der Polarforscher Arved Fuchs schon Anfang 2007 zu Protokoll, ein politisch-wirtschaftlicher Wettkampf um den Nordpol sei wahrscheinlich (zahlreiche Beispiele): „Es kann durchaus zu einem Konfliktherd werden. Schließlich geht es um fossile Brennstoffe.“

2007 waren die britischen TV-Reporter Jeremy Clarkson und James May sowie die Mitglieder ihres Support-Teams im Rahmen des Top Gear: Polar Special die ersten Menschen, die den in der Polar Challenge festgelegten magnetischen Nordpol von 1996 bei **78° 36' N, 104°, 12' W** **78.595-104.1983333333** mit einem Auto erreichten. Für die Expedition wurden stark modifizierte Varianten des Toyota Hilux sowie Toyota Land Cruiser benutzt.

Expedition Top Gear



Quelle: http://thebytes.ru/wp-content/uploads/2007/07/topgearpolarsspecialhdtvxvid-biavtvavi_002709240.jpg

patrick.reidelstuerz@th-deg.de

Der Nordpol wird zum ersten mal mit einem Kraftfahrzeug erreicht:

- 2. Mai 2007
- modifizierter Toyota Hilux

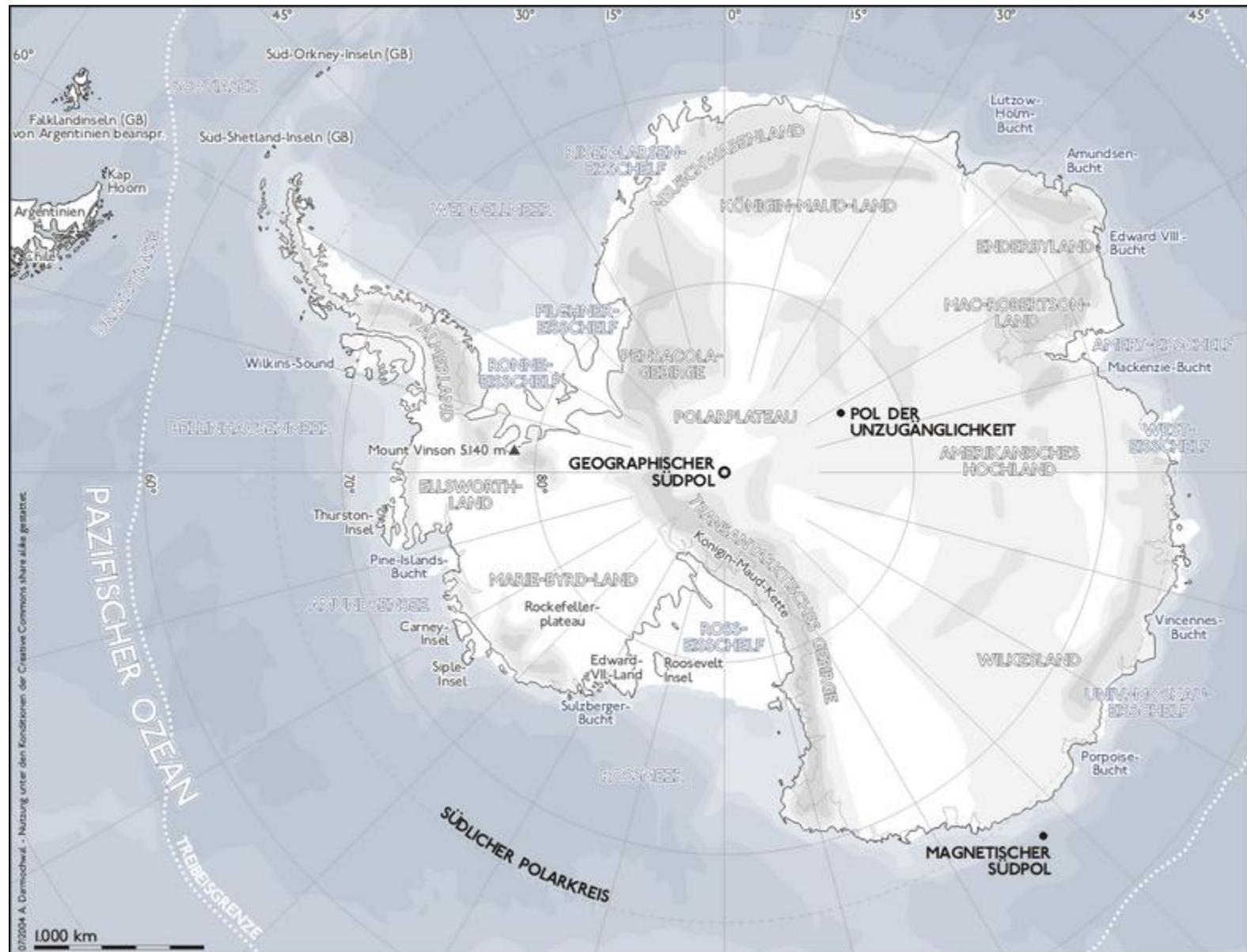


Quelle: <http://www.topgearroadtrips.com/how-to-do-the-top-gear-polar-special/>

Quelle: http://thebytes.ru/wp-content/uploads/2007/07/topgearpolarsspecialhdtvxvid-biavtvavi_002709240.jpg

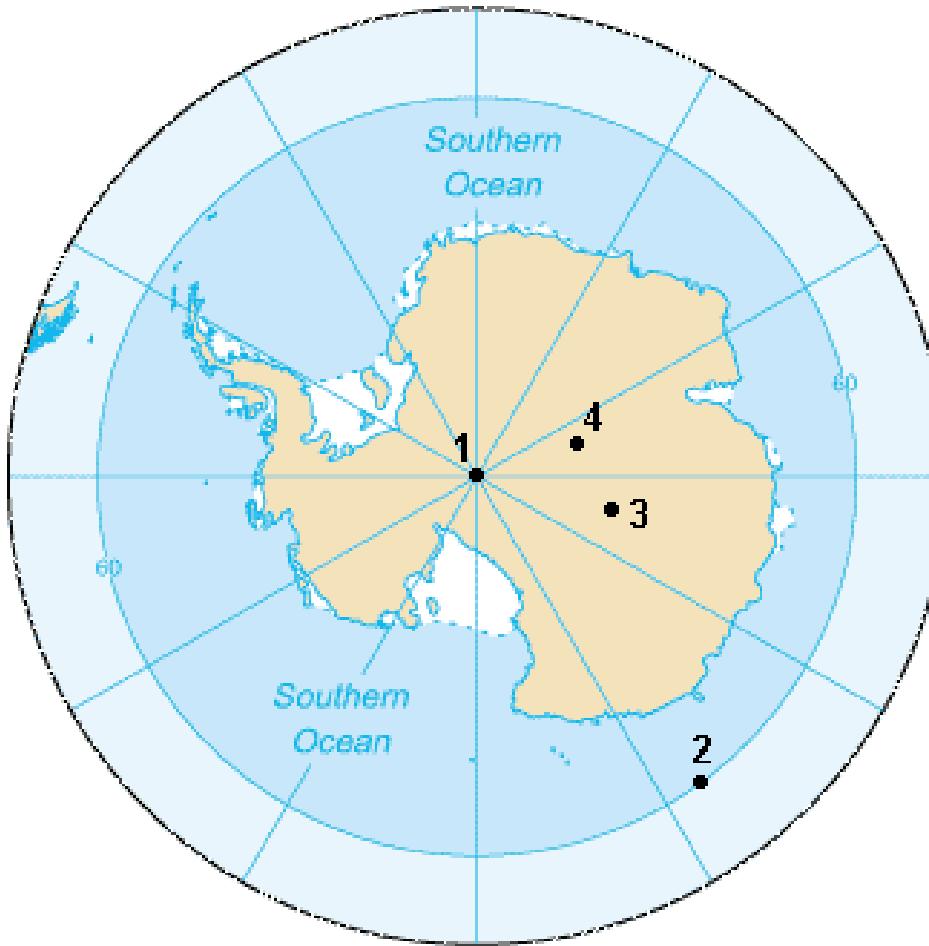
patrick.reidelstuerz@th-deg.de

Südpol



Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Karte_antarktis2_geo.png

patrick.reidelstuerz@th-deg.de



1. Der südliche geographische Pol
2. Der antarktische magnetische Pol
3. Der südliche geomagnetische Pol
4. Der Südpol der Unzugänglichkeit

- (1) Geographischer Südpol**
- (2) Antarktischer magnetischer Pol**
- (3) Südlicher geomagnetischer Pol**
- (4) Der Südpol der Unzugänglichkeit**

(1) Geographischer Südpol



Der Geographische Südpol wird durch die Planetenrotation festgelegt.

- südliches Ende der Erdachse
- Antipode des Nordpols
- feste Position bei einer geographischen Breite von $90^{\circ} 0' 0''$ S .

Somit richtet sich der Blick von hier aus nur nach einer Himmelsrichtung: nach Norden. Der Südpol hat keine eindeutige geographische Länge. Er liegt auf dem Festland des Subkontinents Ostantarktika unter dem ewigen Eis, das an dieser Stelle bis zu einer Höhe von 2800 Meter über dem Meeresspiegel reicht.

Interessantes zum Südpol:

Die ersten Menschen, die den geographischen Südpol erreichten, waren der Norweger Roald Amundsen und seine Expeditionsgruppe (Olav Bjaaland, Helmer Hanssen, Sverre Hassel, Oscar Wisting). Sie erreichten den Südpol am 14. Dezember 1911. Amundsen nannte sein dortiges Lager Polheim und das den Pol umgebende Polarplateau „Haakon VII's Vidde“ (König-Haakon-VII-Plateau) zu Ehren des Königs Haakon VII. von Norwegen.

Amundsens Konkurrent beim Wettlauf um das erste Erreichen des Südpols war der Engländer Robert Falcon Scott. Er und seine Mannschaft (Henry Robertson Bowers, Edward Adrian Wilson, Lawrence Oates, Edgar Evans) erreichten den Pol erst einen Monat nach Amundsens Gruppe am 17. Januar 1912. Auf der Rückreise vom Pol starben Scott und seine vier Begleiter an der extremen Kälte und an Unterernährung.

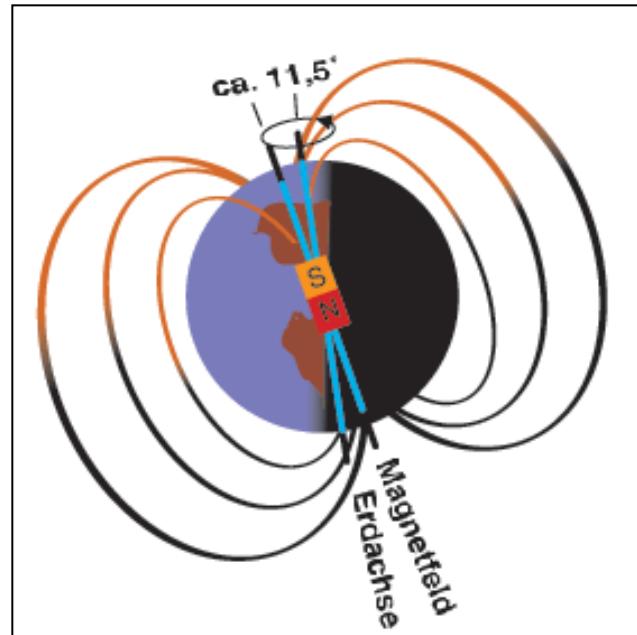
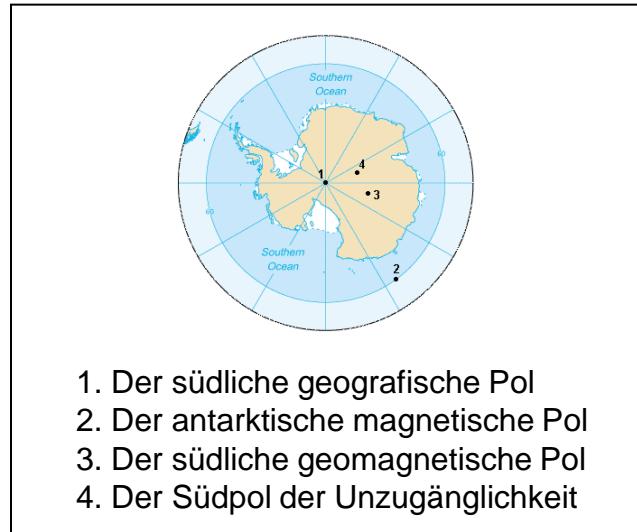
Zuvor versuchte Ernest Henry Shackleton im Jahr 1909 den geographischen Südpol zu erreichen. Seine überambitionierten Kalkulationen über den Expeditionsverlauf trugen dazu bei, dass er ihn nicht ganz erreichte. Ihm fehlten noch etwa 180 km. Obwohl er den Südpol nicht erreichte, war Ernest Henry Shackleton dem Südpol näher, als es irgendjemand zuvor je war.

(2) Antarktischer magnetischer Pol

Der antarktische magnetische Pol ist der Punkt der südlichen Hemisphäre, an dem die magnetischen Feldlinien des Erdmagnetfelds vertikal zur Erdoberfläche stehen.

Die Nadel eines speziell für solche Messungen konstruierten Kompasses zeigt am antarktischen magnetischen Pol mit ihrer Süden-Markierung zum Erdmittelpunkt.

Der antarktische magnetische Pol ist im physikalischen Sinne der Nordpol des Erdmagnetfeldes



Was zeigt ein gewöhnlicher Kompass am antarktisch magnetischen Pol an?



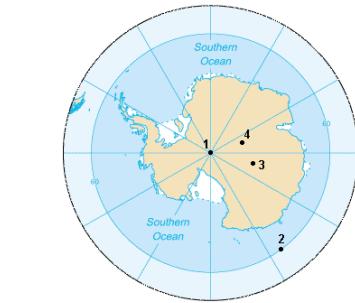
Ein gewöhnlicher Kompass zeigt in eine beliebige Richtung, weil die waagerechte Komponente der Feldlinien für eine Ausrichtung der Kompassnadel zu gering ist.



Der antarktische magnetische Pol bewegt sich ständig und liegt zurzeit nicht mehr auf dem Festland, sondern im Meer bei ca. 65° Süd und 135° Ost-, rund 30 km nördlich der Zunge des Dibble-Gletschers an der Clarie-Küste, Wilkes-Land.

(3) Südlicher geomagnetischer Pol

Der geomagnetische Pol auf der südlichen Halbkugel ist ein berechneter Pol des unregelmäßigen Erdmagnetfeldes unter der Annahme, dass sich im Erdmittelpunkt ein Stabmagnet befindet.



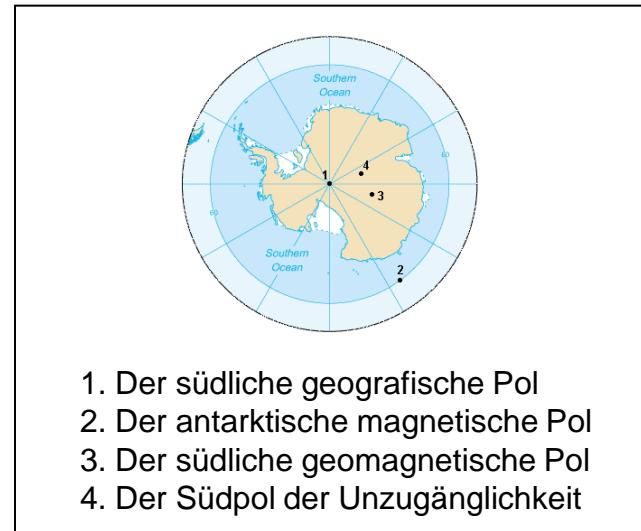
1. Der südliche geografische Pol
2. Der antarktische magnetische Pol
3. Der südliche geomagnetische Pol
4. Der Südpol der Unzugänglichkeit

Er lag 2010 bei etwa $80^{\circ} 1' S$, $107^{\circ} 47' O$ -80.02107.79, in der Nähe der Wostok-Station, Ostantarktika. Auch dieser ist wie der magnetische Pol im physikalischen Sinne ein magnetischer Nordpol.

(4) Der Südpol der Unzugänglichkeit

Der Südpol der Unzugänglichkeit ist per Definition der Punkt der Antarktis, der am weitesten von allen Küstenlinien entfernt liegt.

Er befindet sich bei $83^{\circ} 50' S$, $65^{\circ} 47' O$ (bezogen auf die Eisfläche) beziehungsweise $77^{\circ} 15' S$, $104^{\circ} 39' O$ (bezogen auf die Landmasse).



Erstmals wurde der Ort 1958 von sowjetischen Forschern mit Schneefahrzeugen erkundet.

Interessantes zum Südpol:

In Antarktika sind keine Zeitzonen definiert. Würde man die idealen, durch Längengrade definierten Zeitzonen bis zum Südpol fortsetzen, so wäre es möglich, mit der Umschreitung des geographischen Südpols alle Zeitzonen mit wenigen Schritten zu durchqueren. So stellte Forscher Bob Reid auch seinen „Spaß-Weltrekord“ in der Bumerang-Wurfdisziplin MTA-100 auf: Er warf seinen Bumerang so, dass dieser am Südpol durch alle Zeitzonen kreiste. Auf diese Weise konnte er die Zeitwerte der Zeitzonen zur Wurfzeit hinzufügen und erreichte 24 Stunden und 11 Sekunden Flugzeit.

Aus praktischen Gründen wird auf der amerikanischen Amundsen-Scott-Südpolstation die neuseeländische Zeit verwendet, da der logistische Hub der amerikanischen Antarktisaktivitäten in Christchurch, Neuseeland liegt.

2.10 Landesvermessung

Zweck der Landesvermessung

→ dient dem Aufbau und Erhalt des Vermessungspunktfeldes

Vermessungspunktfeld:

- Lage-
- Höhen- und
- Schwerefestpunktfeld

Aufgabe:

Bestimmung, Vermarkung und Nachweisführung von Vermessungspunkten

Vermessungspunktfeld ist geodätische Grundlage für

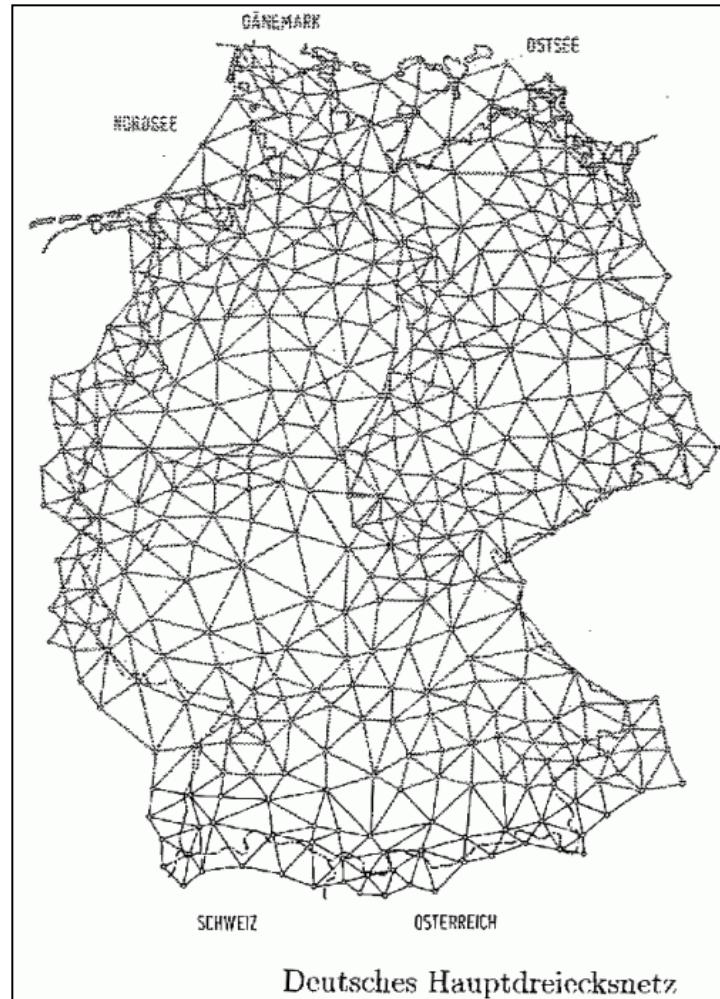
- das Liegenschaftskataster und
- die topographischen Landeskartenwerke

dazu:

- Einrichtung von GPS Referenzstationen (Korrektursignal SAPOS),
- Ergänzung und Ersatz von Lagefestpunkten

Lagefestpunktfeld

- Überziehen des gesamten Gebietes mit einem Netz von Festpunkten
- die Verbindungslien benachbarter Punkte bilden Dreiecke
- **deutsches Hauptdreiecksnetz**



Quelle: <http://www.vermessungsseiten.de/vermessungstechniker/bez-image4.gif>

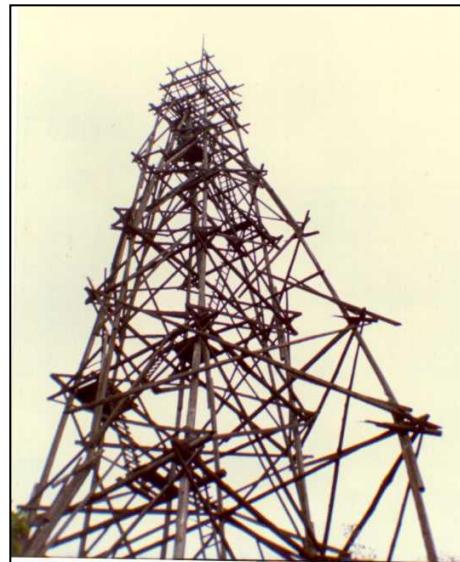
Deutsches Hauptdreiecksnetz

Festpunktbestimmung durch Triangulation und Trilateration

Hauptdreiecksnetz:

- Dreiecke erster Ordnung: Seitenlängen 30-70km
- Festpunkte = Trigonometrische Punkte erster Ordnung (TP1)

- Einmessung mit Theodolit
- Bestimmung mit Triangulation
- gegenseitige Sichtbarkeit muss gewährleistet sein



TP Hahnleite

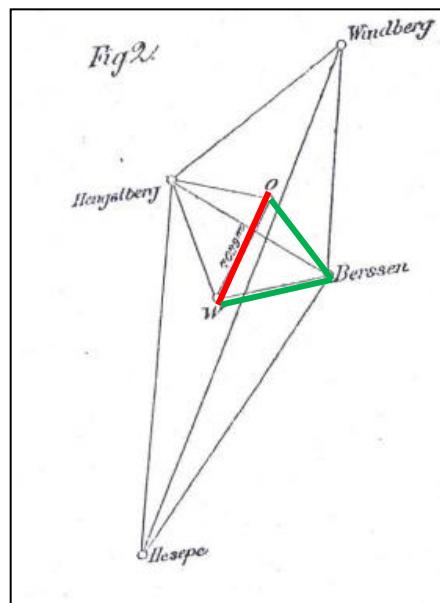
Bestimmung der Länge der Dreieckseiten:

(1) 3-10km lange Grundlinien (**Basen**):

- im Abstand von etwa 200km über das gesamte Land verteilt
- direkt sehr präzise eingemessen

(2) Einmessen der nächstgelegenen Dreieckseite im Netz erster Ordnung:

- Winkelmessungen der angehängten Dreiecke
- Seitenlängenbestimmung mit **Sinussatz**
- Übertragung von Dreieck zu Dreieck (**Basisvergrößerungsnetz**)

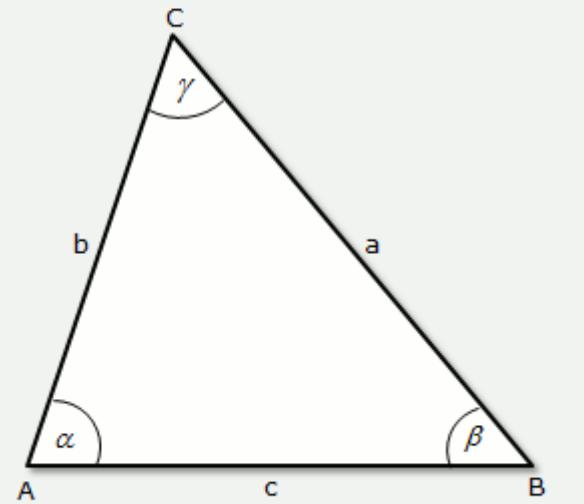


Sinussatz: Kleine Übung

Übung zu Sinussatz und Kosinussatz

Gegeben ist ein allgemeines Dreieck mit den Streckenlängen $a = 5 \text{ cm}$, $b = 6 \text{ cm}$ und $c = 7 \text{ cm}$.

Berechne die Größe der Winkel.



Kosinussatz:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

$$\Leftrightarrow \cos \alpha = \frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2b \cdot c} = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2b \cdot c}$$

$$\Leftrightarrow \frac{6^2 + 7^2 - 5^2}{2 \cdot 6 \cdot 7} = 0,71$$

$$\rightarrow \alpha \approx 45^\circ$$

Sinussatz

$$\frac{a}{b} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \Leftrightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha \cdot b}{a} = \frac{\sin 45^\circ \cdot 6}{5}$$

$$\rightarrow \beta \approx 58^\circ$$

$$\frac{a}{c} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \Leftrightarrow \sin \gamma = \frac{\sin \alpha \cdot c}{a} = \frac{\sin 45^\circ \cdot 7}{5}$$

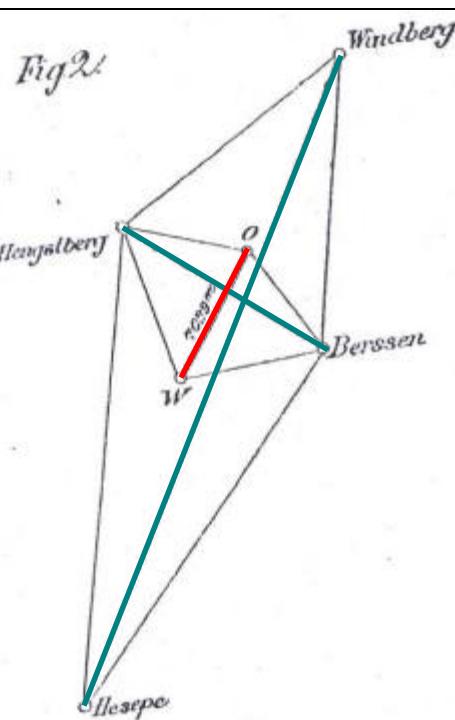
$$\rightarrow \gamma \approx 77^\circ$$



Trigonometrische Punktbestimmung: Basisvergrößerungsnetz

Hochskalierung der exakt eingemessenen Längen der Referenzgrundlinien (Basis) durch Triangulation

Worin liegt der Grund für diese Vorgehensweise?



- Winkel können genauer gemessen werden als Längen
- Reduzierung der Längenmessung auf wenige genau eingemessene Referenzstrecken zur absoluten Streckenkalibrierung



Quelle: http://www.dvw-lv.de/UserFiles/File/Zachert/DVW-2008_09_12_Basis_Meppen.pdf?q=UserFiles

Aufbau des trigonometrischen Festpunktfeldes

Trigonometrische Punktbestimmung:

- Ausgangspunkt ist eine kalibrierte **Längen - Referenzstrecke**
- **Winkelmessungen** der angehängten Dreiecke
- Seitenlängenbestimmung mit **Sinussatz**
- Übertragung von Dreieck zu Dreieck (**Basisvergrößerungsnetz**)

→ Dadurch immer feinere Auflösung des **trigonometrischen Netzes**

→ schrittweise Verdichtung in 3 Stufen

TP Netz	Kurzbezeichnung der TP	Entfernung [km]
1. Ordnung	TP (1)	30 bis 70
2. Ordnung	TP (2)	10 bis 20
3. Ordnung	TP (3)	3 bis 5
4. Ordnung	TP (4)	1 bis 2

→ Weitere Verdichtung durch Polygonzüge

→ In Deutschland: Bezugssystem Bessel Ellipsoid

→ Geodätisches Datum: TP1 Rauenberg



Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ed/Denkmal_TP_Marienh%C3%BChe_Juli_2010-D.jpg/330px-Denkmal_TP_Marienh%C3%BChe_Juli_2010-D.jpg

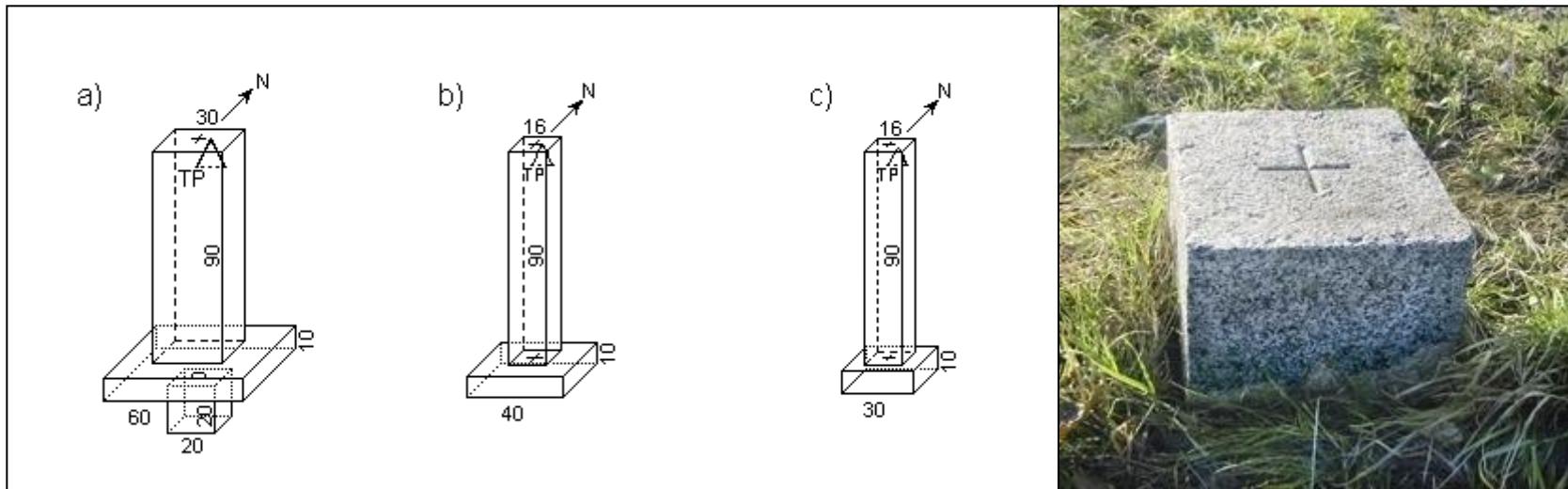
- In Deutschland: Bezugssystem Bessel Ellipsoid
- Neue Bundesländer: Bezugssystem: Erdellipsoid von Krassowski
- Geodätisches Datum: Sternwarte Pulkowo St. Petersburg



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Pulkowo-Observatorium>, Download Okt. 2014

Vermarkung der Trigonometrische Punkte (TP's)

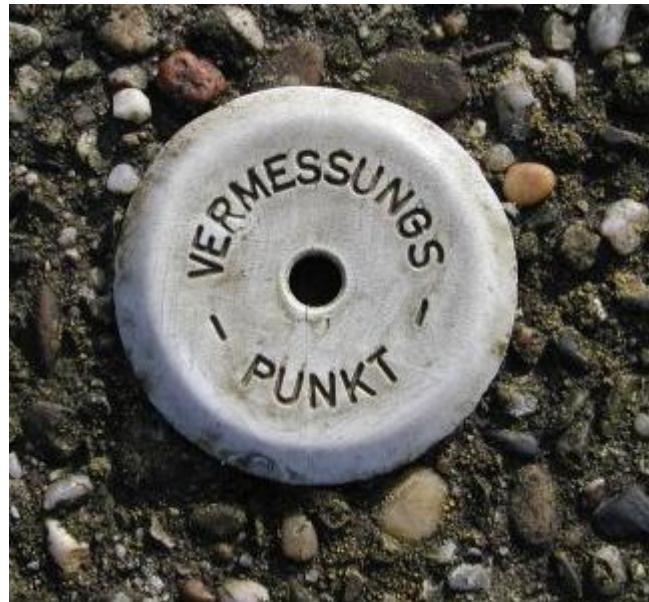
→ durch Granitpfeiler und -platten



Quellen: <http://danielhommel.de/BilderFacharbeit/Fachar2.gif>
<http://www.thueringen.de/th9/tlvermgeo/geoinformation/raumbezug/lagefestpunkte/#2>

Vermarkung der Trigonometrische Punkte (TP's)

→ Vermessungsbolzen



→ Turmbolzen



Quellen:

http://shop-d.allnav.com/media/catalog/product/cache/7/image/5e06319eda06f020e43594a9c230972d/f/i/file_1_3.jpg

<http://img.fotocommunity.com/photos/105330.jpg>

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/12/Trigonometrischer_Punkt,_Turmbolzen.JPG/640px-Trigonometrischer_Punkt,_Turmbolzen.JPG

Vermessung der Festpunkte durch Trilateration:

- Durch Aufkommen elektronischer Distanzmesser
Ersetzen der Trigonometrischen Punktbestimmung durch Trilateration
- Direkte Distanzmessung zwischen den TP's
 - Kombination von Richtungs- und Distanzmessung erlaubt eine gute Geländeanpassung
 - wesentliche Kosteneinsparung wegen vereinfachter Signalbauten

Historisches:

→ Einmessen der Basis von Goldbach



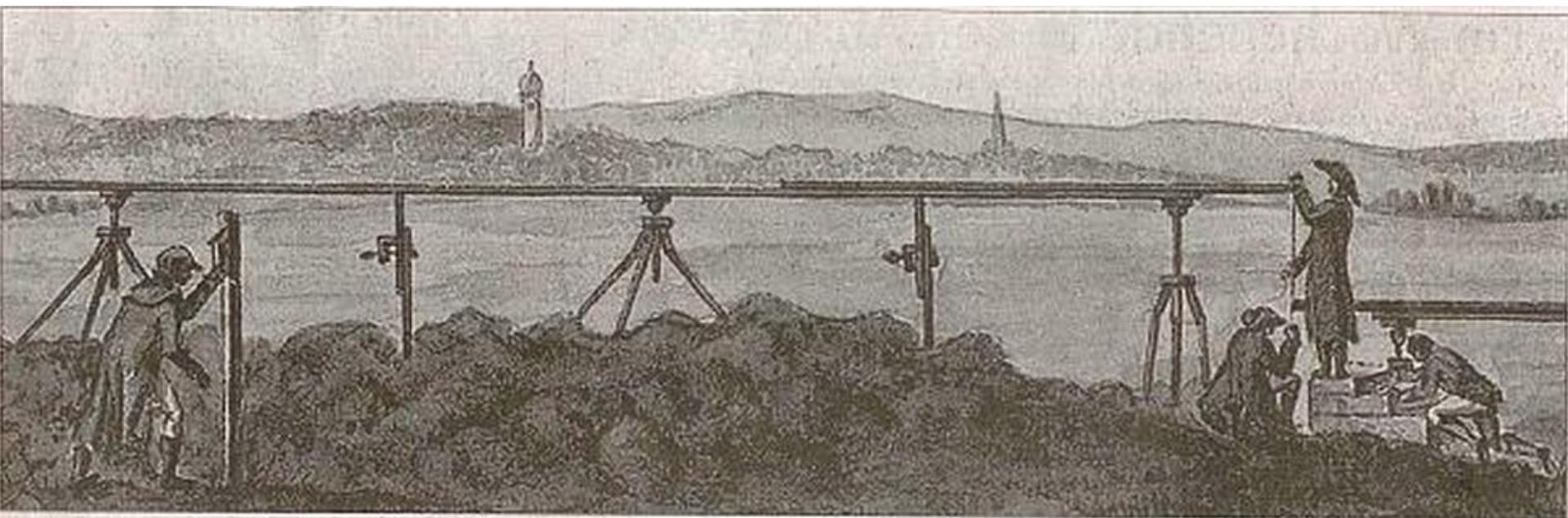
VUE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL EMPLOYÉ POUR LA MESURE DE LA BASE DE LA GOLDBACH.

1 Montagne du Wendelstein l'un des sommets des grands Triangles

Dessiné par R. de Bonnefond

Historisches: Altbayerische Basislinie

→ Einmessen der Basis zwischen Oberföhring und Aufkirchen



Bei der Messung der Basislinie zwischen Oberföhring und Aufkirchen wurden Latten auf verstellbare Messstege gelegt.

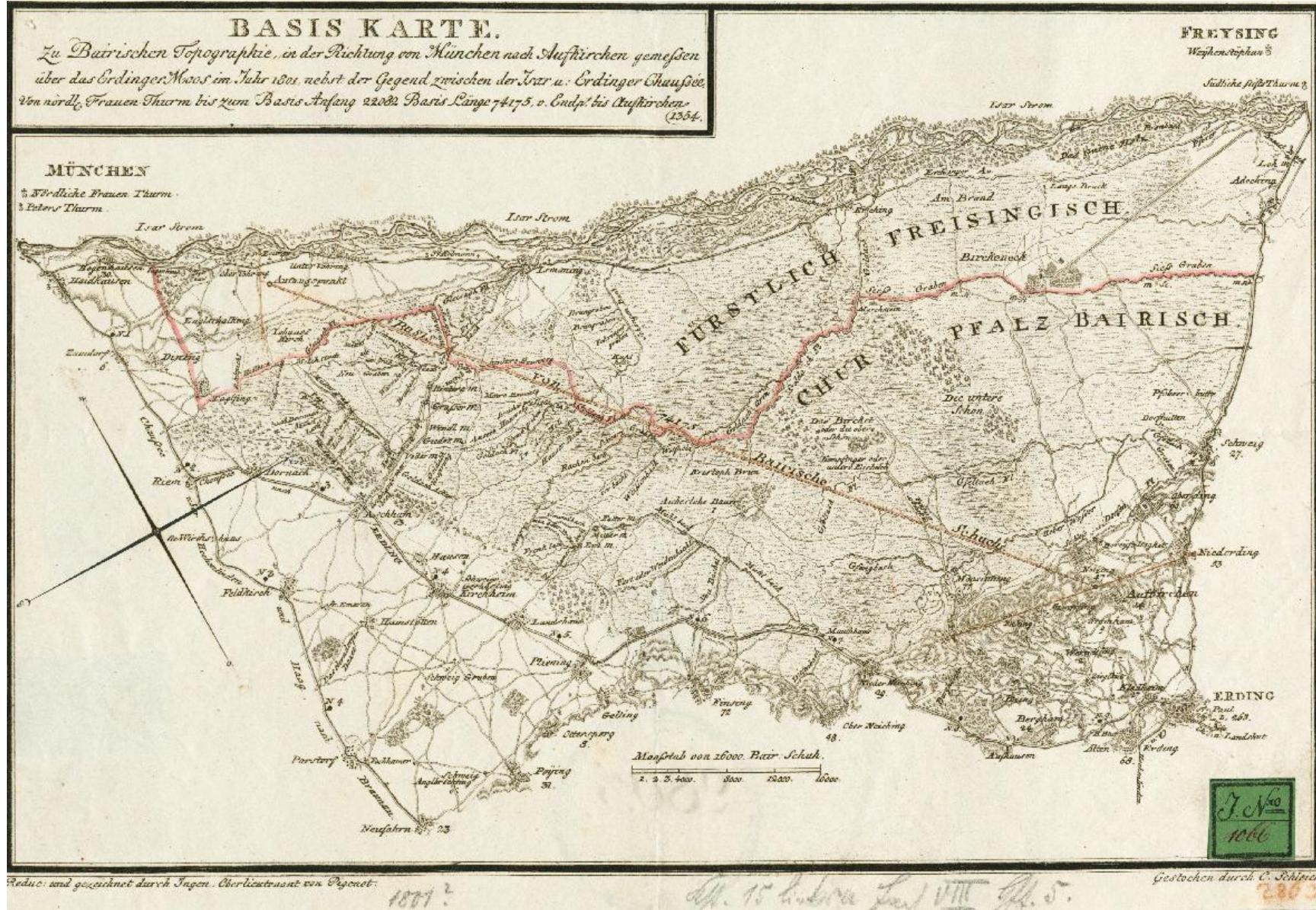
Quelle: <http://www.mitterfels-online.de/joomla/index.php/heimat-und-geschichte/48-ausstellungen/96-vom-liquidationsplan-zum-luftbild-ein-streifzug-durch-200-jahre-bayerische-vermessungsgeschichte>

Historisches: Altbayerische Basislinie



Quelle: http://www.alpentunnel.de/30_Vermessung/10_Geschichte/20_BayerBasis/Bilder/gesamt.jpg

Historisches: Altbayerische Basislinie (gemessen 1801)



Reduc. und gezeichnet durch Ingen. Oberleutnant von Pigenot.

1871

Gestochen durch C. Schinner

Aug. 15 before Part VIII Pl. 5.

Quelle: http://www.alpentunnel.de/30_Vermessung/10_Geschichte/20_BayerBasis/Bilder/karte.gif

patrick.reidelstuerz@th-deg.de

Historisches: Abgeleitetes bayrisches Hauptdreiecknetz

MESSUNG DER BASIS BEI MÜNCHEN.

De Alkmaarsche en Haarlemse Ondergrondsgroepen waren verschillende en verschillende. Afgezien van de Vlaamsche en Westelijke groepen die in de tweede helft van de 19e eeuw werden beschreven, bestaat de Nederlandse bodemkunde uit de beschrijvingen van de bodems van de Noord-Hollandse en Zuid-Hollandse rivierdelta's.

über die Theologietheorie und die Theorie der sozialen Strukturen hinaus und auf die Funktionen des Organisationsmanagements und die Methoden der sozialen Planung im Zusammenhang mit anderen wirtschaftlichen Prozessen einzugehen.

Die Römer wußten nicht, daß sie einen Krieg gegen sich aufzunehmen begannen. Sie schickten Botschafter nach Rom, um die Römer zu überreden, den Frieden zu schließen, aber die Römer waren entschlossen, den Krieg bis zum Ende zu führen.

reconstrucción. En España y en Francia se han hecho grandes avances en este sentido, pero en Alemania se ha avanzado muy poco. La situación es similar en Italia, donde el Ministerio de Trabajo ha hecho una serie de reformas que han mejorado la situación de los trabajadores, pero que no han sido tan drásticas como las realizadas en Francia o en Italia. En Alemania, las reformas han sido más moderadas y se han centrado más en la protección social que en la mejora de las condiciones laborales.

Lege se en verderen dat ons voorbereidende voorval niet
de eerste en enige van de vele keren dat men ons volgt. We weten dat
wel, en wij zijn die volgelingen in de loop gevallen en gaan. Want deze
beleidsvraag moet wijziging te voorbereiden hebben en daarom hebben
wij nu in de uitvoering de voorbereidingen die beginnen om een

Die Lungen eines jungen Rehbares waren in Aussehen, Regionen und Farbe abnormale und waren auf der Oberfläche mit einer zarten, hellroten Schleimhaut bedeckt.

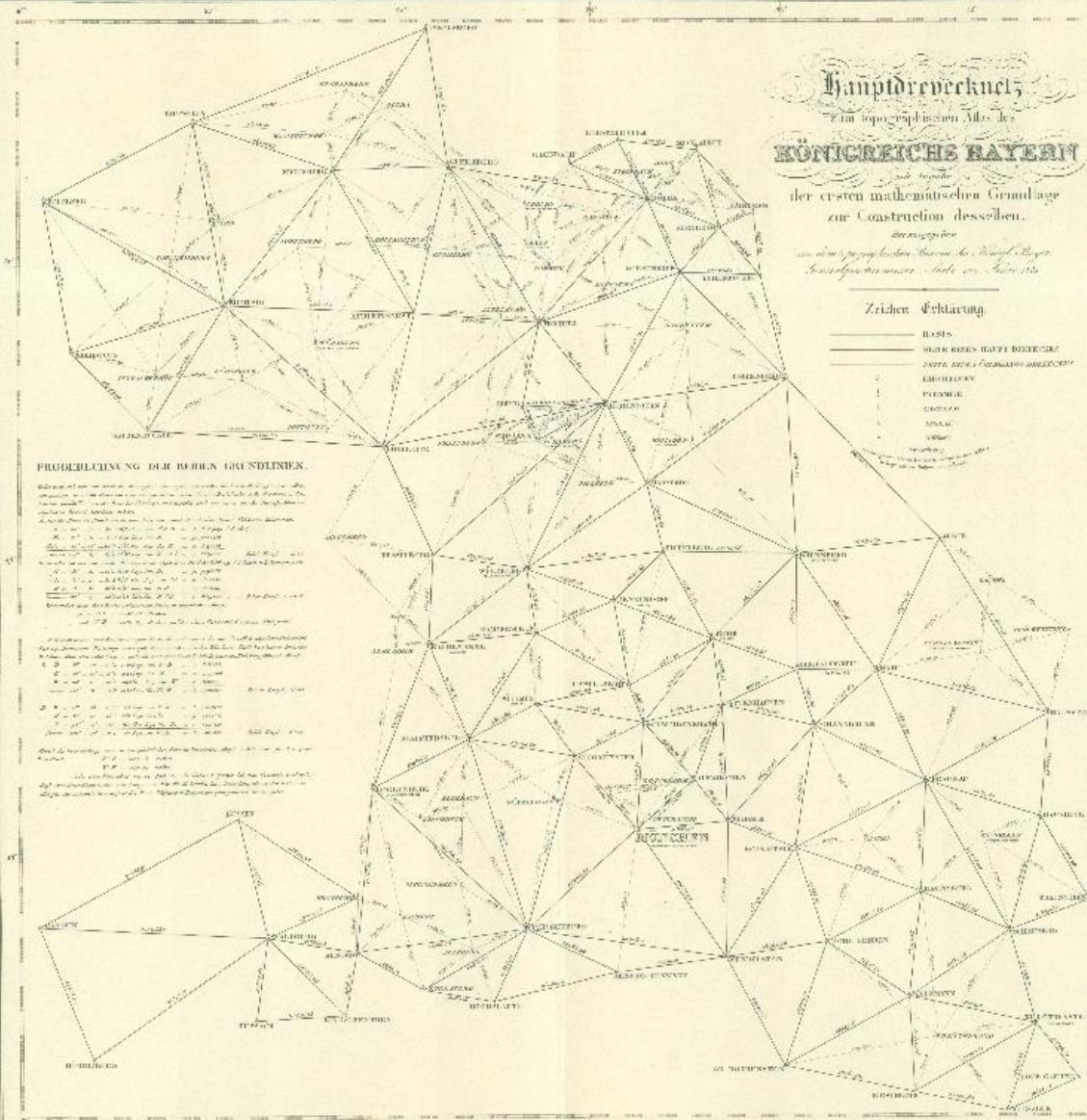
After this it may best go on to the
various things we have made up as the
whole course.

Das Bündnis kann eigentlich nicht weiter. Sieger und verlorer im Vergleich zu den anderen Parteien. Es kann nur noch eine Koalition aus PDS und Grünen eingeschlossen werden, die keinen sozialen Konsens mehr aufweist.

The new and often uncooperative or "difficult" to handle, have a
new kind of "attitude" which goes with it, and that is a
kind of "neglectful" but also a "hostile" attitude.

Die ΔE ist bei $\lambda = 400$ nm am größten.

Such observations can be strengthened by a comparison of the results of the present study with those of previous studies.



MESUNG DER BASIS BEI NÜRNBERG.

On the other hand, we are returning to the same conclusion that the *infectious disease* argument is much more plausible than the *epidemiological* argument. The former is based on the assumption that the disease is transmitted from one person to another through droplets or droplet nuclei, and the latter is based on the assumption that the disease is transmitted through the air.

Die ersten drei Regungen der neuen Sozialen Sicherungswirtschaft sind schon vollzogen und eine dritte steht.

The King, and at the same time the Emperor. The
new book is now finished in. It will be
published early October next, so that it can
be sent to you as soon as possible. In fact, when
the publisher will be in New York, October 1st.

The longer these difficulties persist, the more severe their effects become.
They are bound to affect the morale of our people, and all factors which contribute
towards good health are bound to suffer as a result.

Spuren, um auf solche Beweise zu reagieren und die Reaktionen auf sie zu verstehen. Ich bin vollkommen überzeugt, dass es keine einzige Spur, die gegen die Legende der eiszeitlichen Eisberge in der Tiefsee spricht, gibt, und dass die Theorie der eiszeitlichen Eisberge nicht nur eine Theorie ist, sondern eine Wissenschaft.

De officie was gevestigd in een huis aan de Buitenkade. De voordeur lag aan de kade en de deuren waren van hout. De voordeur was van eikenhout en had een grote spijker. De deuren waren van eikenhout en hadden grote spijkers.

De la voie terminale de l'abattoir, il partait une autre branche vers une partie tout à fait distincte où nous appelaient les jardins, et où étaient des maisons

De Katholieke Bond is een belangrijke factor in de sociale en politieke ontwikkeling van ons land.

Die Arbeit über die von mir vorgenommenen Untersuchungen ist in Druck gesetzt worden und kann im Buchhandel erworben werden. Sie besteht aus einer kurzen Zusammenfassung der Ergebnisse und einer detaillierten Beschreibung der einzelnen Versuchsergebnisse. Diese ist weiterhin mit einer kurzen Zusammenfassung des Ergebnisses versehen.

Wieder aufgenommenen den Begehrten zu sein zu lassen, ob
jene nachher wieder aus dem Besitz verloren, eigentlich zu bestimmen,
ob die Begehrten durch sie erworben wurde, um die Belehrung die bestimmt
zu werden.

Die ersten drei Jahre der Leibesheilung schreibt die heilende geistige Kraft eine sehr lange und mühsame Zeit. Sie ist die Zeit, in der Beobachtung und Gedankensetzung, von dem Menschen nicht erwartet werden. Einmal ist es der Geist, der die Seele aufzuladen beginnt, und das kann oft eine sehr langsame Arbeit sein. Aber es kann auch vorkommen, dass die Seele auf einmal einen starken Antrieb erhält, um sich zu bewegen, und dann kann es sehr schnell gehen.

Nicht das Ende ist der Abschluß, sondern der Anfang.

Historisches: Altbayerische Basislinie

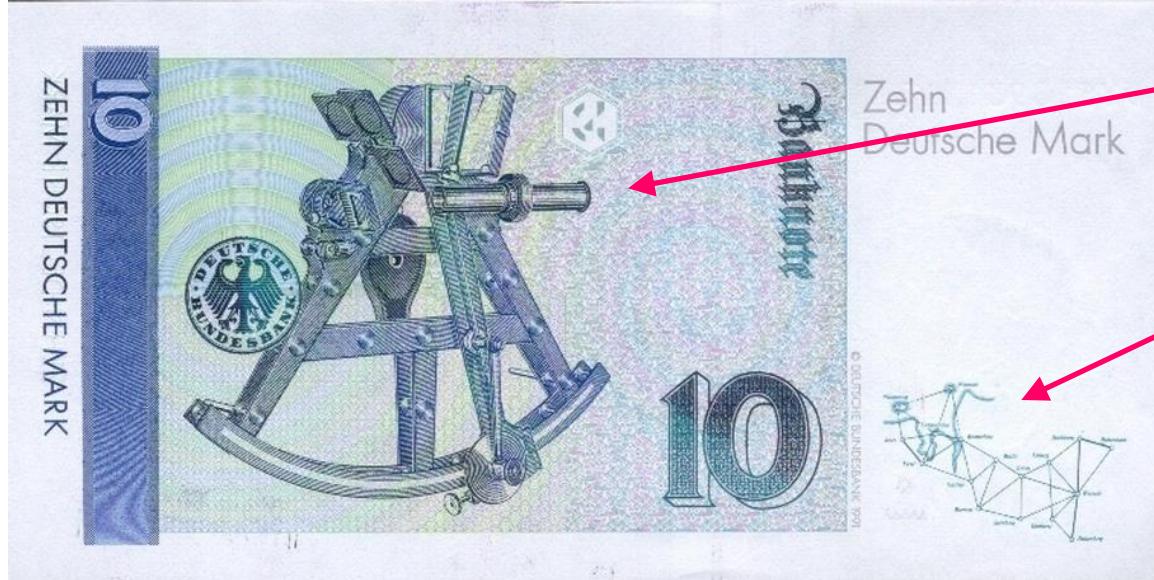
- Die **Basislinie** ist in das Triangulationsnetz der bayerischen Landesvermessung eingebettet und dient somit als **absoluter Längenmaßstab**.
- Die erreichten Genauigkeiten liegen im Fußbereich (1 Fuß = ca. 30 cm)

Historisches: → Erinnerung an Mathematiker und Landvermesser Carl Friedrich Gauß



auf 10 DM Schein;
Einführung des Euro als Bargeld ab 1. 1. 2002

Gauß'sche Normalverteilung



Sextant
(Vermessungsgerät zur
Positionsbestimmung)

Trianguliertes Dreiecksnetz

Festpunktbestimmung durch GPS

- bisherige Festpunktbestimmungen (Triangulationen) abgelöst durch
→ NAVSTAR-GPS

Vorteile:

Hohe Genauigkeiten,
nahezu unabhängig vom Abstand der zu bestimmenden Punkte

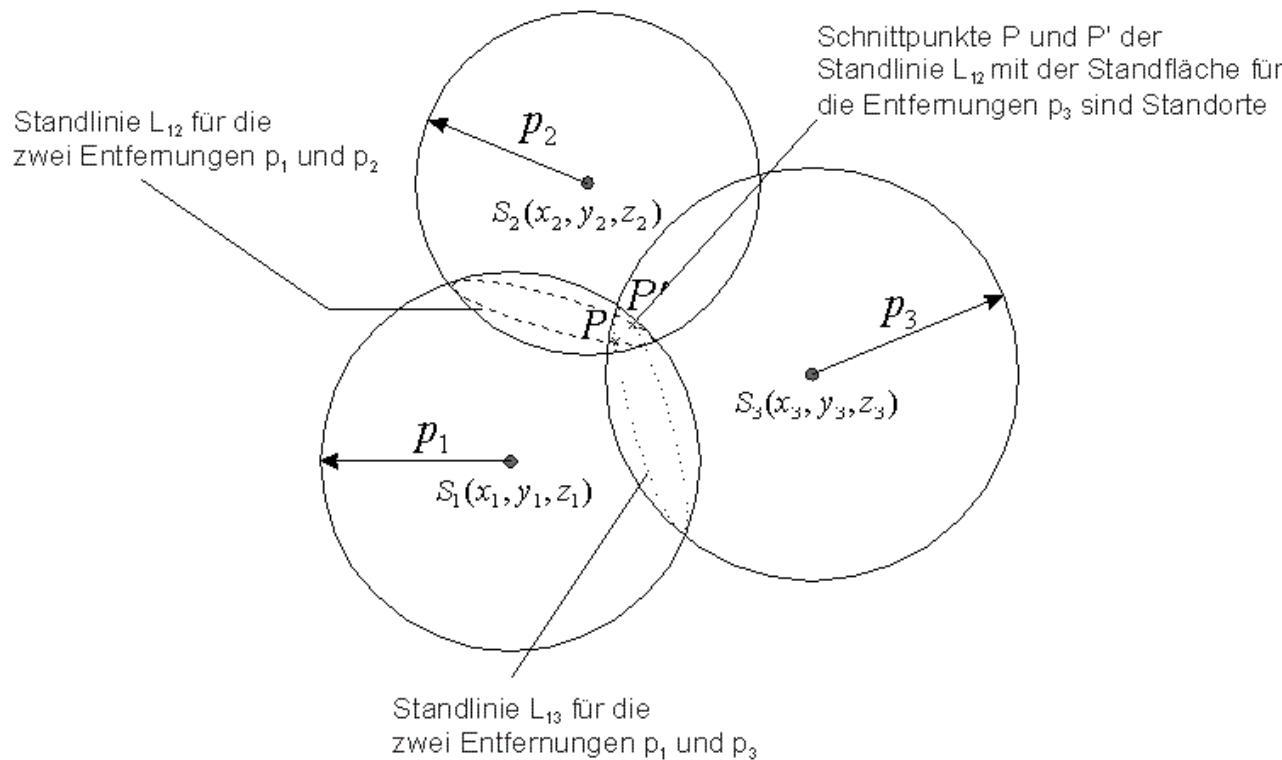
Keine Sichtverbindungen nötig (keine Signalbauten nötig)

GNSS Systeme werden später behandelt,

→ Hier nur prinzipielle Funktionsweise:

(1) Messverfahren Pseudodistanzmessung

- wird für Einzelpunktbestimmung genutzt
- Beruht auf Distanzmessung zwischen Satellit und Empfänger
- für eine geometrische Lösung genügen 3 solcher Distanzen



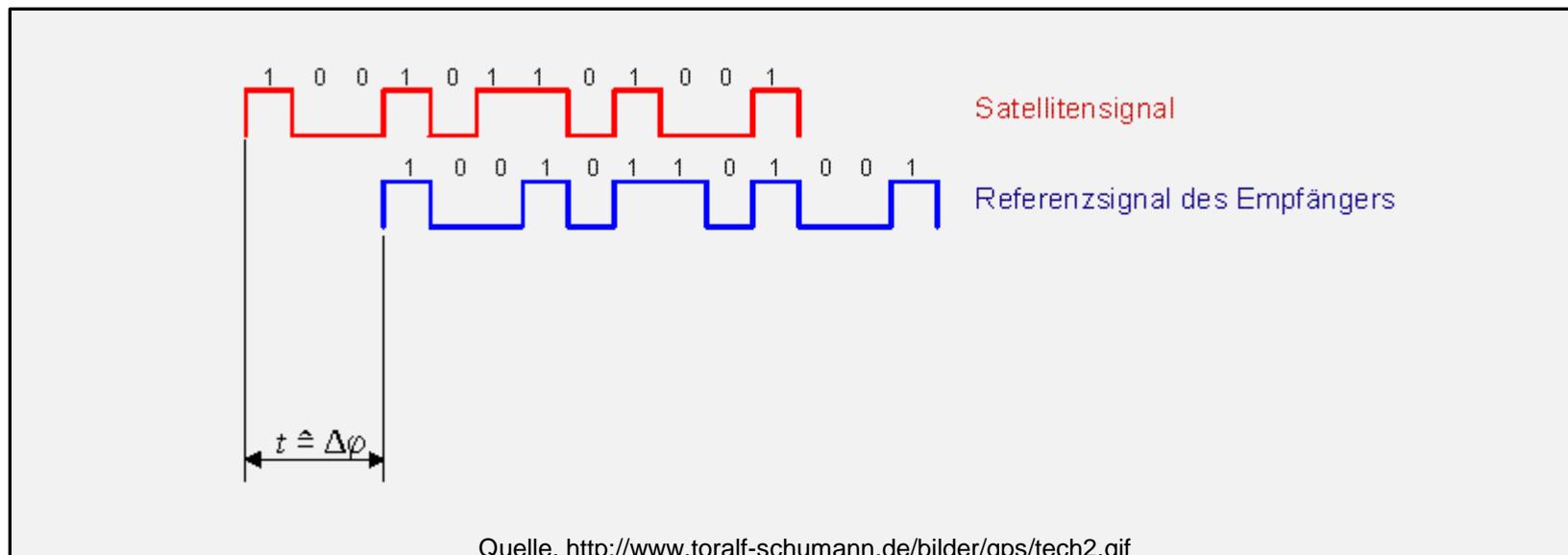
Quelle: http://www.toralf-schumann.de/bilder/gps/gps_p2.gif

Distanzmessung zum Satelliten:

→ durch Laufzeitmessung mithilfe des C/A oder P-Codes

Distanz = Zeitunterschied * zwischen Signalaussendung und Signalempfang
multipliziert mit Lichtgeschwindigkeit

(*bei synchronisierter Sender- und Empfängeruhr)



Zur Korrektur mangelnder Zeitsynchronisation zw. Empf. und Sender

→ 4ter Satellit erforderlich

→ Lage und Höhengenauigkeit unter 20m

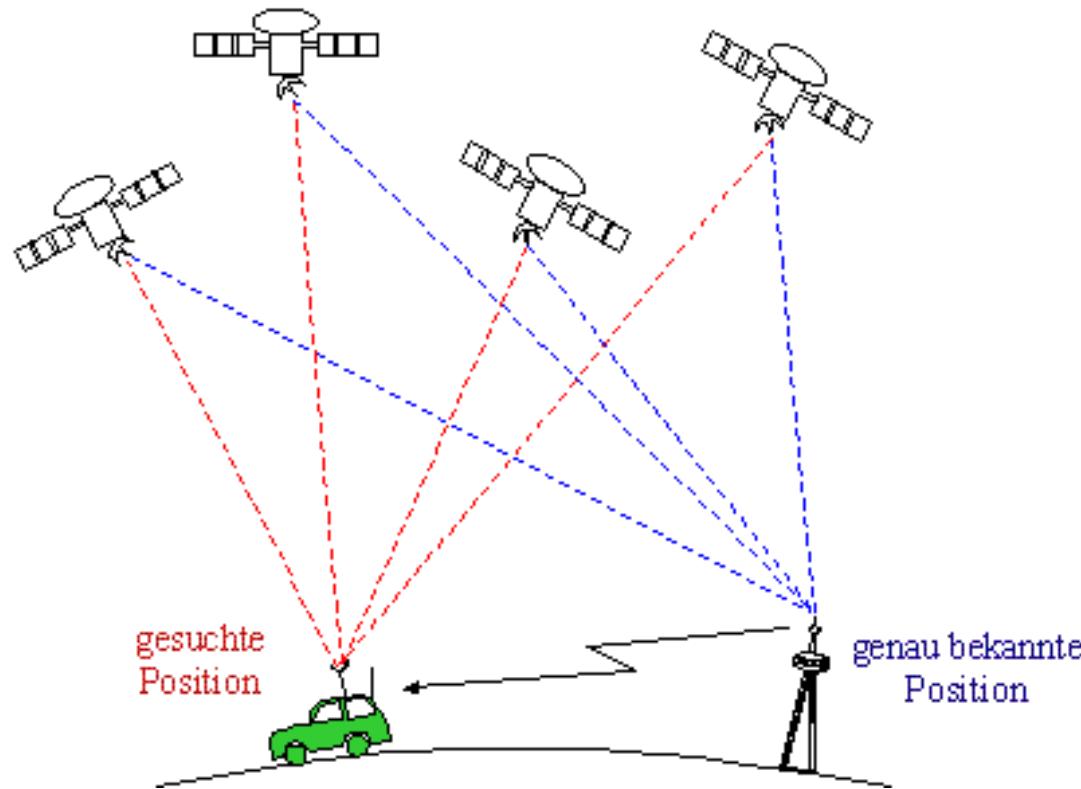
→ Bevorzugt in kinematischer Positionsbestimmung (Fahrzeugnavigation)

(2) Messverfahren Differenzielles GPS (DGPS)

Referenzstation am Boden an bekannter Koordinate

+ mobiler Empfänger

→ mit beiden Empfängern::
simultane Messung der Pseudodistanzen zu mindestens 4 Satelliten



Quelle: http://www.toralf-schumann.de/html/dgps_prz.html

Korrekturmöglichkeit 1:

- es ergeben sich Korrekturwerte an der Referenzstation mit festem Standort
- Übermittlung der Korrekturwerte zur mobilen Station mittels Funk

Korrekturmöglichkeit 2:

- Vergleich der Satellitendistanzen an Referenzstation und mobiler Station
- Ableitung von Korrekturwerten für Distanzmessung zum Satelliten (Laufzeiten)
- Positionsneuberechnung an mobiler Station mit korrigierten Distanzwerten

(3) Messverfahren relative Punktbestimmung:

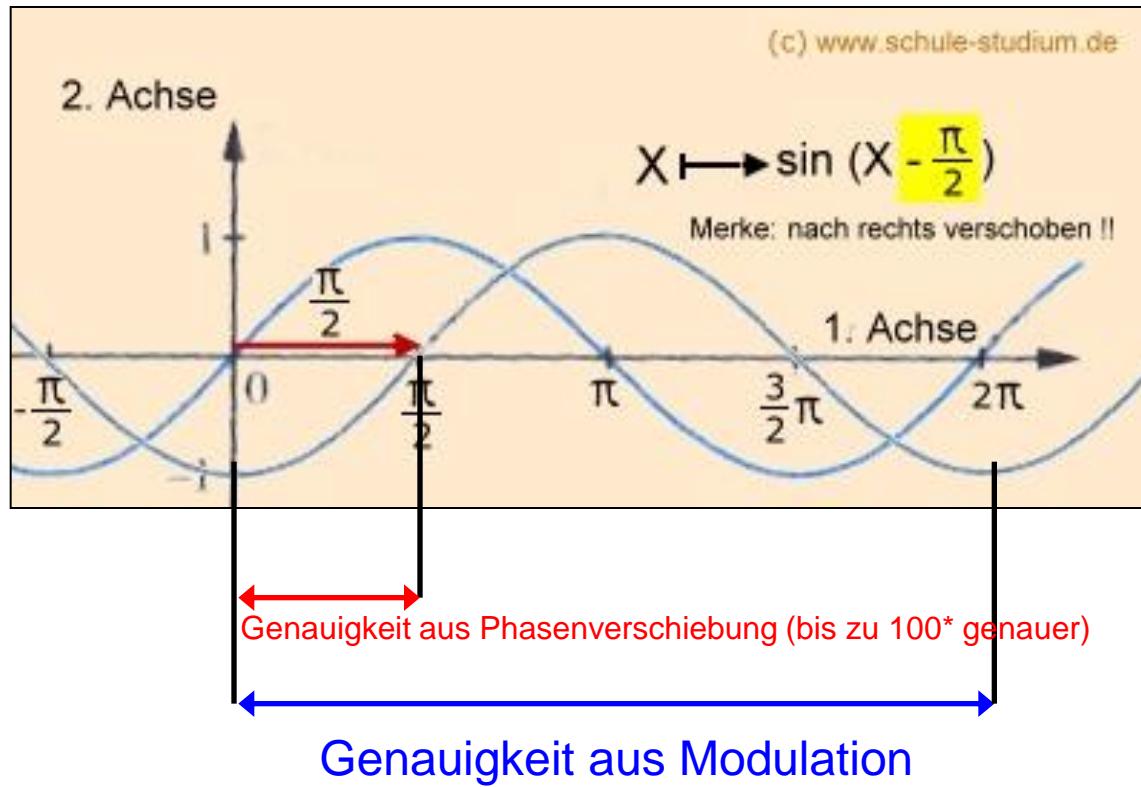
→ Verwendung der Trägerwellenphasen

Phasenmessung:

- Verwendung der Phase der Trägerwelle zur Distanzmessung
(100fach genauer als bei Messung mit aufmodulierten Codes)
- Vergleich der Phase vom Satelliten mit der Phase eines am Empfänger erzeugten Referenzsignals
- Aus Phasenverschiebung:
Teil der Wellenlänge entspricht dem Teil der Distanz

(3) Messverfahren relative Punktbestimmung:

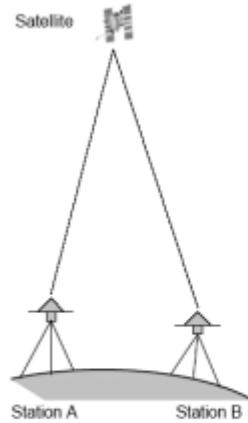
→ Verwendung der Trägerwellenphasen



- bei zeitgleiche Aufzeichnung von Satellitensignalen mit mindestens 2 Empfängern
 - davon 1 Empfänger auf einem bekannten Fixpunkt
 - mobiler Rover
-
- Genauigkeiten im Subzentimeterbereich möglich

Auswertung von GPS Signalen zur Bestimmung von Koordinatendifferenzen

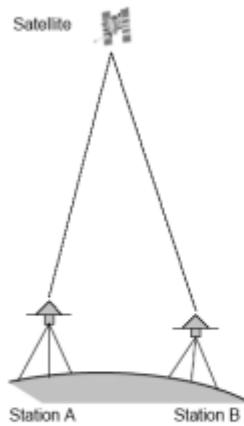
- Bestimmung von Basislinien zwischen 2 Empfängern
- Eliminieren von verfälschenden Fehleinfüssen durch Differenzbildung



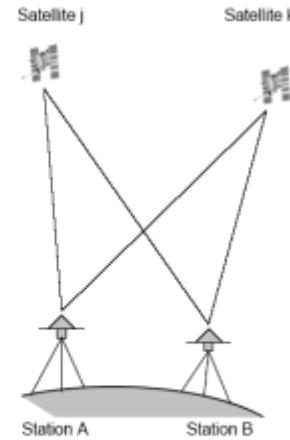
Single Difference (Einfachdifferenz)

Auswertung von GPS Signalen zur Bestimmung von Koordinatendifferenzen

- Bestimmung von Basislinien zwischen 2 Empfängern
- Eliminieren von verfälschenden Fehleinflüssen durch Differenzbildung
- Eliminieren von weiteren Fehleinflüssen durch Doppeldifferenzbildung



Single Difference (Einfachdifferenz)



Double Difference (Doppeldifferenz)

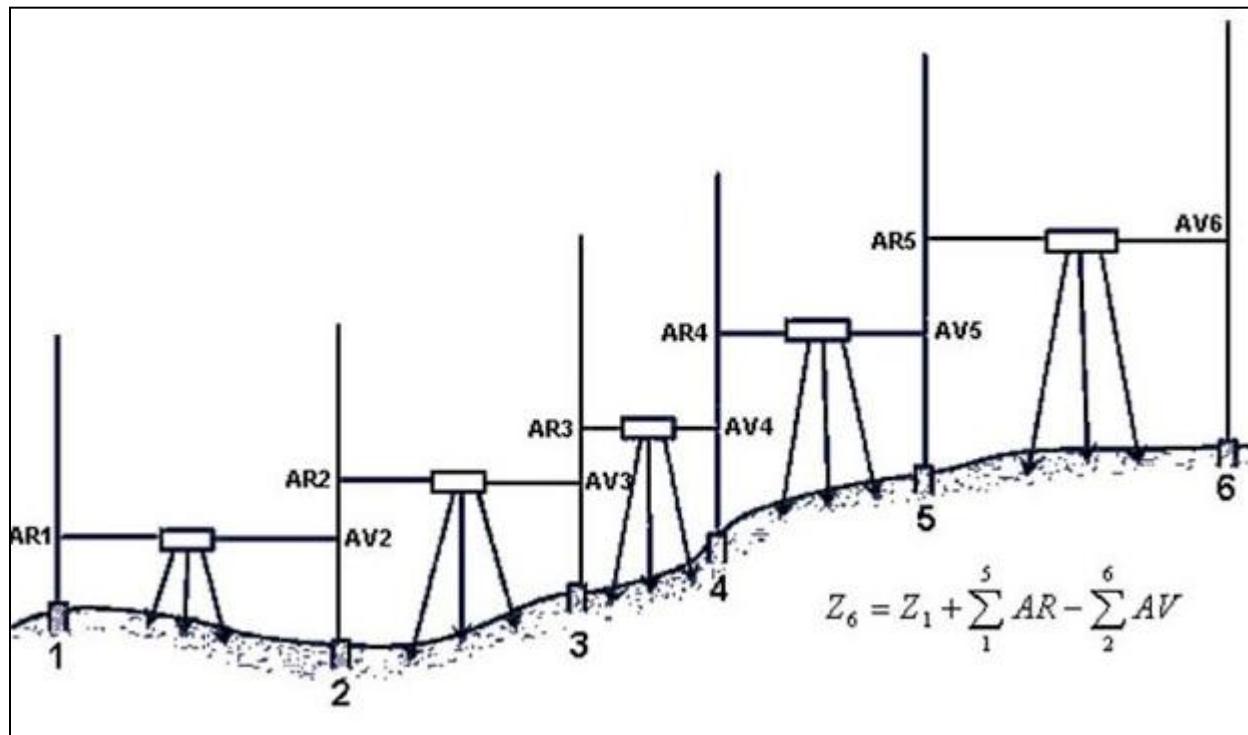
Höhenfestpunktfeld

- Idealerweise sollten sich die Höhenmessungen auf das Geoid beziehen
(Niveauläche auf der Höhe des mittleren Meeresspiegels, auf der alle Lotrichtungen senkrecht stehen)
- schwierig umsetzbar

1879: Nivellement des Amsterdamer Pegels nach Berlin

- Strichmarke mit vermesserter Höhe an Sternwarte: 37m Höhe
- Dieser Punkt wurde als Normalhöhenpunkt definiert
- Bezugshöhe in Deutschland also, diejenige Höhe, die 37m unter dem Normalhöhenpunkt verläuft

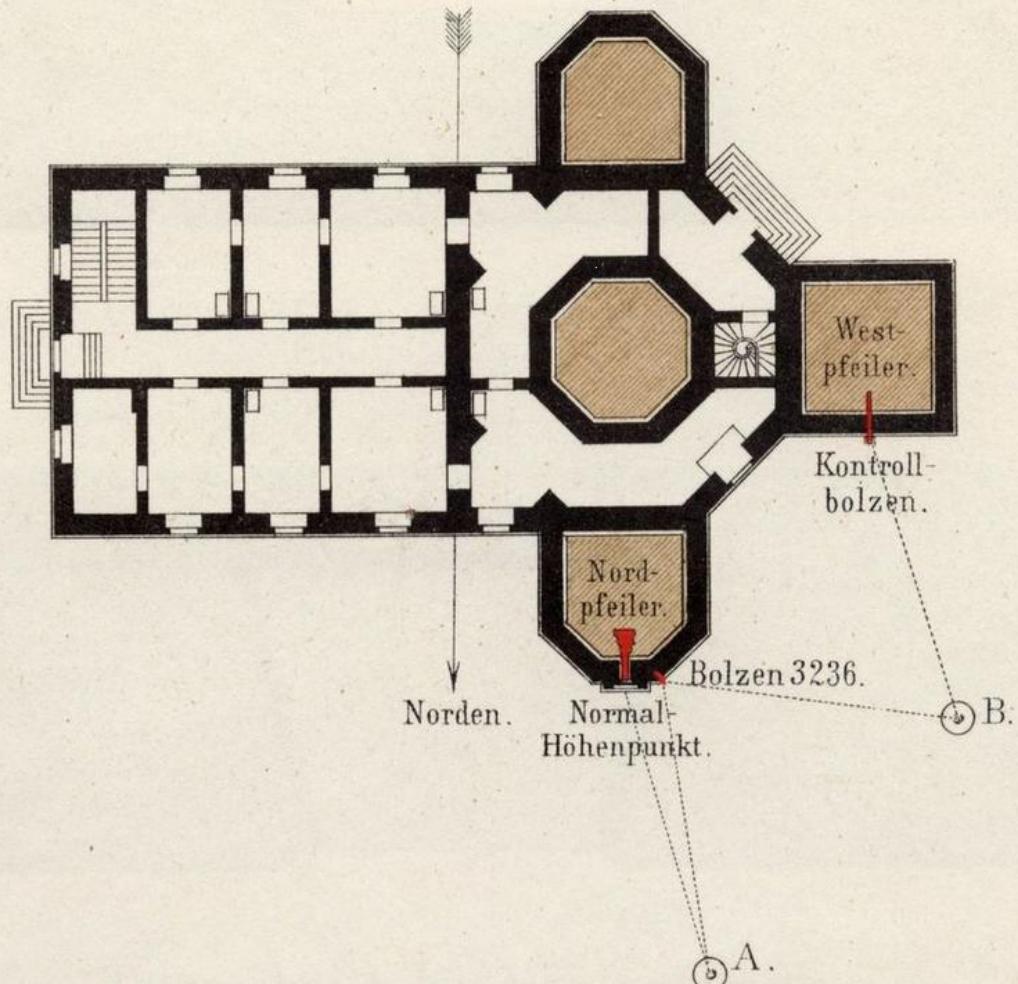
Nivellement



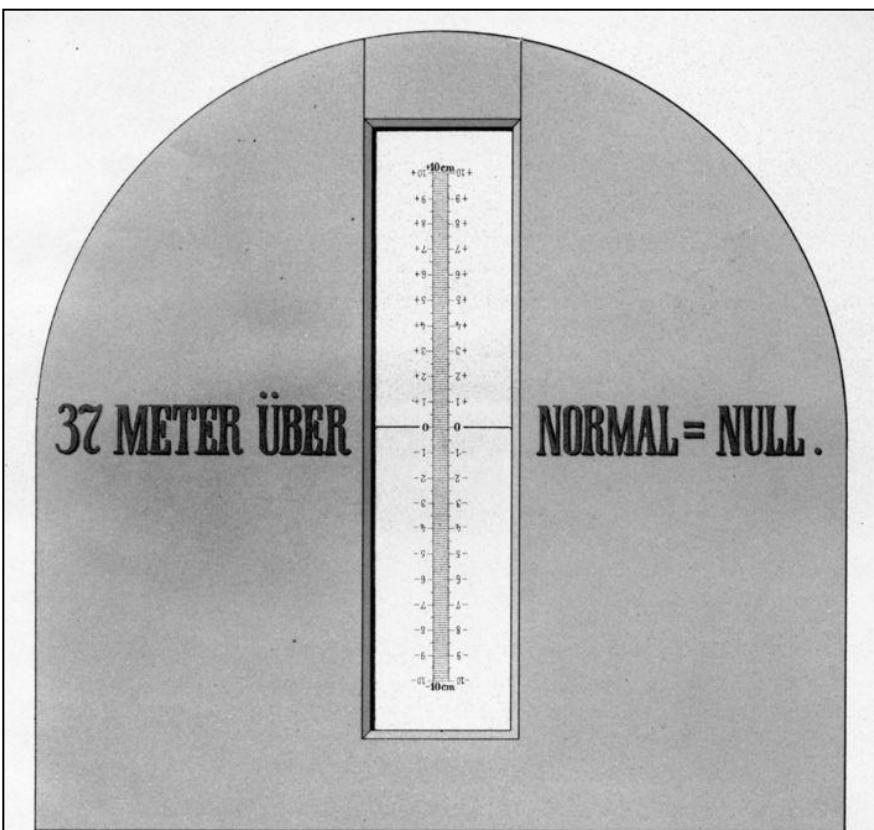
Historisch: Normalhöhenpunkt Berlin



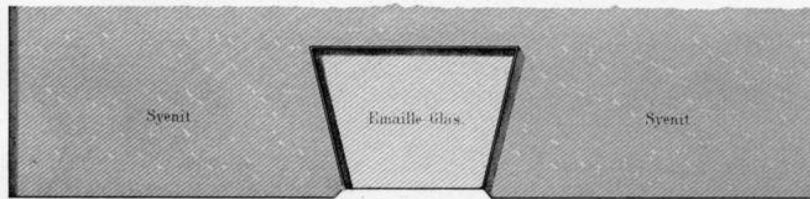
Quelle: <http://es.mobilytrip.com/guide/alemania/berlin/normalhohenpunkt-1879,624091/>



Grundriss der Sternwarte.



Vorderfläche des Scalasteins.



Querschnitt des Scalasteins.

Maßstab = $\frac{1}{2}$ d.n. 6r.
10 5 0 10 cm

Nivellementpunktfeld

- Abriss der Berliner Sternwarte im Jahr 1912
- Verlegung des Normalhöhenpunktes in ein geologisch sicheres Gebiet, 40km östlich von Berlin nach Hoppegarten
- Aber keine Veränderung der Bezugsfläche
- Ausgehend vom Normalnullpunkt: maschenartiges Netz von Nivellementpunkten (NivP) in Deutschland
- Nivellementpunkte (NivP) = Höhenfestpunkte
- Gesamtheit der Nivellementpunkte (NivP) = NivP-Feld

Niv. Netz	Kurzbezeichnung der Niv. Punkte	Durchmesser der Maschen [km]
1. Ordnung	NivP (1)	30 bis 70
2. Ordnung	NivP (2)	15 bis 20
3. Ordnung	NivP (3)	2 bis 10

Das deutsche Höhenreferenzsystem

Das deutsche Höhenreferenzsystem wird zur Zeit durch das Deutsche Haupthöhennetz 1992 (DHHN92) realisiert. Das DHHN92 wurde nach der Wiedervereinigung durch die Verbindung der beiden jeweiligen Nivellementsnetze 1. Ordnung der alten und der neuen Bundesländer geschaffen. Diese Verbindung wurde mit Hilfe von 16 Nivellementslinien geschaffen, die in den Jahren 1990 bis 1992 gemessen wurden. Das BKG war neben der LGN Niedersachsen eine der beiden Rechenstellen, die unabhängig voneinander mit verschiedenen Programmsystemen die Ausgleichung des DHHN92 durchführten.

Das DHHN92 besteht aus 757 Nivellementslinien mit einer Gesamtlänge von 30 908 km, 287 Schleifen und 469 Knotenpunkten. Die Höhen sind Normalhöhen, bezogen auf das Niveau des Normaal Amsterdams Peil (NAP).

Das Höhenniveau wird realisiert durch die Fixierung der geopotentiellen Kote des Punktes 3614/5 (Wallenhorst Kirche) aus der Ausgleichung des europäischen Nivellementsnetzes UELN-73/86.

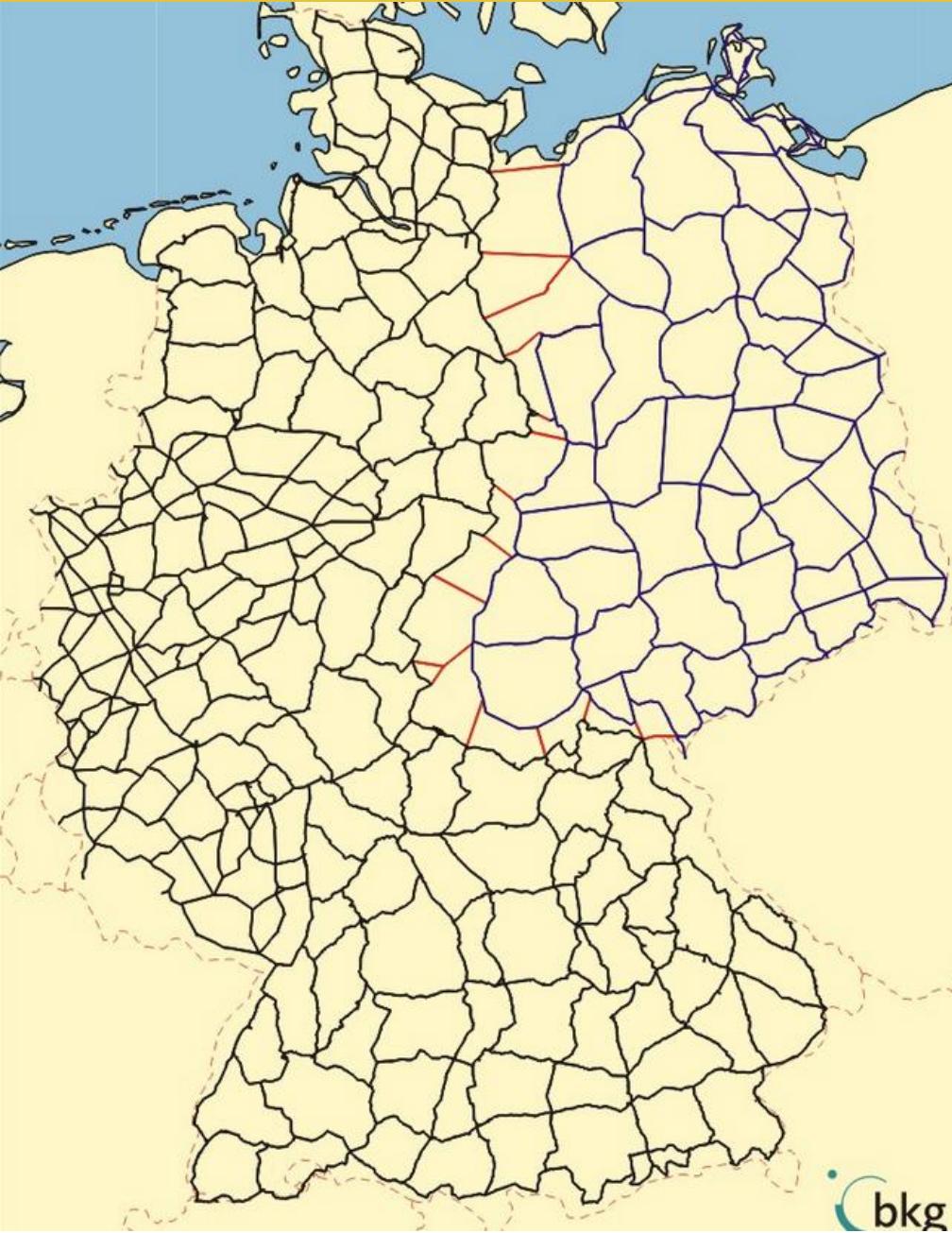
Das DHHN92 wurde in den einzelnen Bundesländern zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingeführt. Die Differenzen zu den vorher gültigen Höhensystemen betragen:

- in den alten Bundesländern zum DHHN85 (DHHN92 – DHHN85) zwischen -50 mm und +40 mm. Die Extremwerte der Differenzen werden durch die Spannungen zwischen den verschiedenen Netzteilen verursacht und treten an der Grenze zwischen alten und neuen Bundesländern auf. In den meisten Bereichen liegen der Differenzen unter 1 cm.
- in den neuen Bundesländern sind die Differenzen zum früheren Höhensystem HN76 wesentlich größer (DHHN92 - HN76 zwischen +12 cm und +15 cm), da das Höhenniveau des HN76 sich auf einen anderen Pegel (Kronstadt) bezieht.

BKG = Bundesamt für Kartographie
LGN = Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen



Netzbild DHHN92 (Klicken zum Vergrößern)



DHHN = Deutsches Haupthöhennetz

SNN = Staatliches Nivellmentnetz

UELN = United European Levelling Network

- ~ DHHN85 - Messungen 1977-1988
- ~ SNN76 - Messungen 1974-1982
- ~ Verbindungsmessungen 1990-1992

Vermarkung von Höhenpunkten



Höhenfestpunkt



Bolzenform



Quellen: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Borne_de_nivellement_Kriegstor.JPG
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/de/Nivellementsmarkstein.jpg/220px-Nivellementsmarkstein.jpg>

Landesschwerenetz

Landesschwerenetz

Schwerebeschleunigung (Schwere) =

Resultierende aus

- Gravitation (Erdanziehung) und
- Zentrifugalbeschleunigung

Richtung der Schwerkraft (Lotrichtung) =

Definiert die Richtung der Niveaufläche in einem Punkt
(da die Niveaufläche dazu senkrecht verläuft)

→ dient der Ableitung der Geoidundulation

Schwereveränderungen

Wirken unterschiedlich stark auf Messungen, insbesondere auf Höhenmessungen
Weil Sie Lotrichtungs- und Niveauplattenveränderungen verringern.

- Berücksichtigung der Schwerkraft bei hochgenauen großräumigen Messungen notwendig
- **Schwerenetz** der Landesvermessung:
- Ausgewählte gut verteilte Festpunkte sind untereinander mit Gravitationsmessungen verbunden
- Mit Schwerenetz anderer Länder verknüpft

Selbststudium:

- Erarbeiten Sie die Literatur zur Schweremessung
- Teilen Sie die Kapitel untereinander auf und
- tragen Sie sich gegenseitig vor. Benutzen Sie dazu bei Bedarf Powerpoint



Literatur Schweremessung

02.10.2013 16:15

Microsoft Office Wo...

2.238 KB



Studentische Übung:

Experimentieren Sie mit dem Onlinerechner des Schwerewertes g

- Öffnen Sie dazu Google Maps/Earth und

- lokalisieren Sie innerhalb Deutschlands (Küste, Oberrhein, Elbe, Mittelgebirge)

www.bkg.bund.de/nn_175608/DE/Bundesamt/Geodäsie/GeodIS-WA/WApp/SwrBer/swrber00_node.html_nnn=true

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Startseite | Seitenverzeichnis | Hilfe | Datenschutz | Impressum | Kontakt | English

Über uns Adressen Geschäftsstellen Dienstleistungszentrum

Startseite > Geodäsie > Informationssysteme und Webanwendungen > Onlineberechnung Schwerewerte

Onlineberechnung des Schwerewertes g

Innerhalb Deutschlands kann der Schwerewert g für einen Punkt auf der Erdoberfläche im DHSN96 aus den Lagekoordinaten im ETRS89 und der physikalischen Höhe im DHHN92 auf Grundlage eines Modells berechnet werden. Die zu erwartende Genauigkeit ist in der Regel besser als 2 mgal, bei stark bewegter Topographie (z.B. im Hochgebirge, bei engen und steilen Tälern) besser als 7 mgal.

Erläuterungen

ETRS89
ellipsoidische Koordinaten
Breite [Grad] gg.gggggg
Länge [Grad] gg.gggggg

Höhe im DHHN92
physikalische Höhe [m] hhhh.hhh

Schwerewert
Schwerewert [mGal]

Berechnung

Die Genauigkeit der Angabe liegt üblicherweise im Rahmen der beschriebenen Fehlermaße. Das BKG übernimmt jedoch keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben. Weitergehende Nachfragen richten sie bitte per E-Mail unter dem Betreff "Schwerewertanfrage" an die Adresse mailbox@bkg.bund.de.

zurück nach oben



Quelle: http://www.bkg.bund.de/nn_175608/DE/Bundesamt/Geodäsie/GeodIS-WA/WApp/SwrBer/swrber00_node.html_nnn=true

patrick.reidelstuerz@th-deg.de