

# **Modul RI**

# **Raumbezogene**

# **Informationsbearbeitung**

## **2 Raumbezug**

**Vorlesung mit Seminar WiSe 2012/13**

**BEd Geographie | BSc Geoökologie**

**Hartmut Asche | Geoinformatik | IfG**

## 2 Raumbezug **Koordinaten, Meridianstreifen**



- 2.1 Grundlagen
- 2.2 Erdmodelle
- 2.3 Koordinaten
- 2.4 Metrik
- 2.5 Kartennetzentwürfe
- 2.6 Geodätische Abbildungen

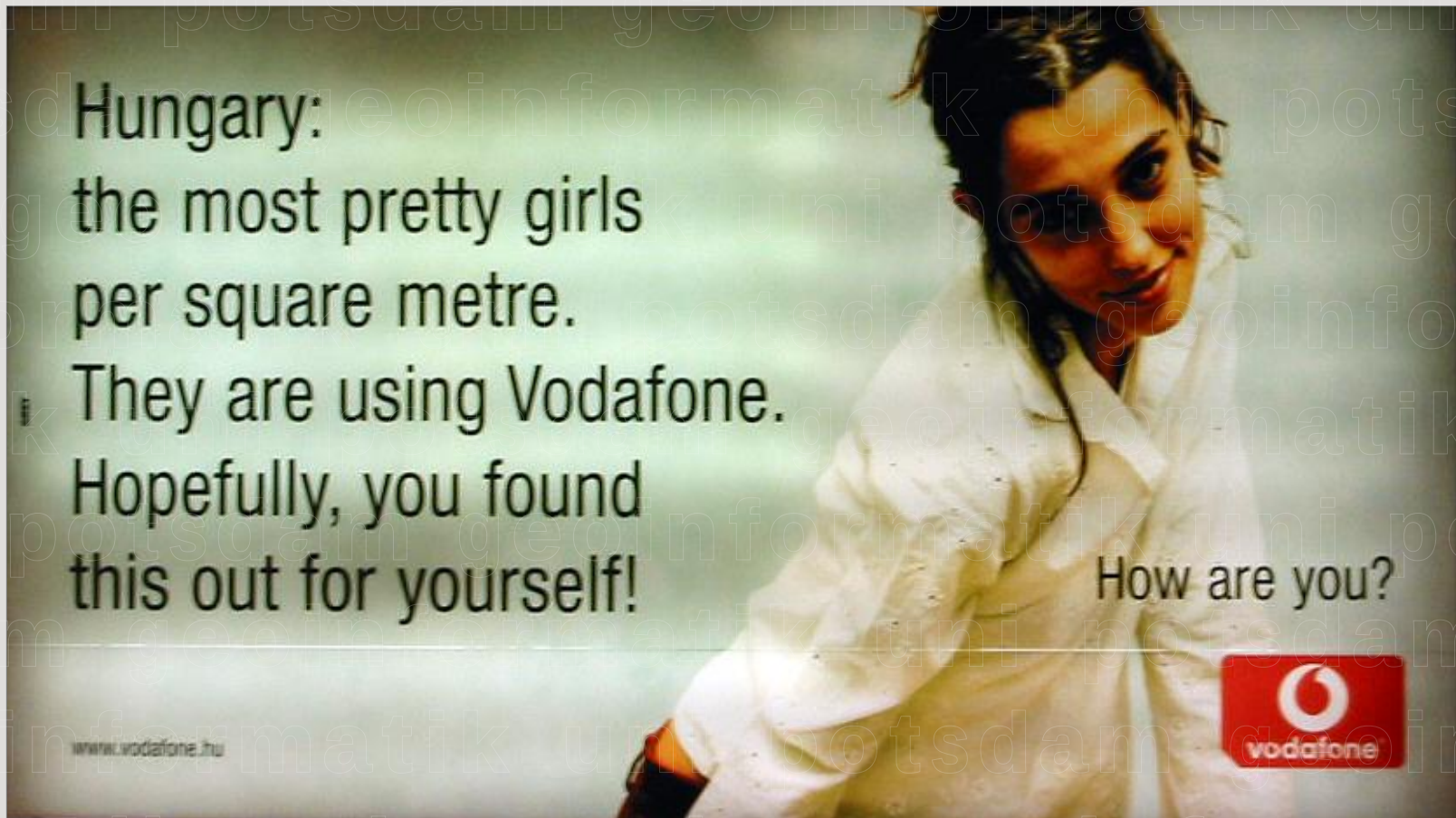
## 2.1 Grundlagen

# Begriffe, Festlegung





## 2.1 Grundlagen Raumbezug > Übersicht



Mobiltelefonwerbung Flughafen Budapest, 11/2003

## 2.1 Grundlagen **Raumbezug > Übersicht**

### Begriff

- Eigenschaft bzw. Referenz von Objekten/Sachverhalten hinsichtlich georäumlicher Beziehung (BOLLMANN/KOCH 2002,2: 266) > **Georeferenzierung**, Geocodierung; Metrik
- Jedes Objekt der Realwelt bzw. in Karte/GIS besitzt Ort und/oder Wirkungs-/Einflusszone > Objekte/Daten ohne Raumbezug (nichträumlich/*aspatial*) für Kartographie/GIS bedeutungslos

### Arten

- Georäumliche Referenz durch exakte Zuordnung zu Koordinatensystemen > primäre Metrik
- Georäumliche Referenz aus Zusammenhang von Objekten und Umgebung (Standort) oder Nachbarschaften zwischen Objekten (Region) ohne exakte Position im Georaum > sekundäre Metrik

## 2.1 Grundlagen **Raumbezug > Bestimmung**

### Verortung *Positioning*

- **Begriff:** Ermittlung der Position im Raum in Bezug zu Bezugspunkt durch mentale, geodätische Festlegung
- **Arten:** **Ortsbestimmung:** Bestimmung des eigenen Standortes;  
**Ortung:** Bestimmung eines entfernten Objektes

### Verfahren: Geodätische Festlegung

- **Begriff:** Positionsbestimmung, Ortung auf Erdkörper durch **Messung** von Entfernungen, Winkel, Richtungen, Höhen; Laufzeiten
- **Ergebnis:** 2D-Koordinaten (XY: polar, geographisch), 3D-Koordinaten (XYZ: räumlich)
- **Bedingung:** Raumbezug/Georeferenz, **Erdmodell**, Datum; geographisches, geodätisches **Koordinaten-/Bezugssystem**, bezogen auf Erdmodell (Kugel, Ellipsoid)

## 2.1 Grundlagen **Raumbezug > Repräsentation**

### Analog > Kartengrafik

- Position von Geoobjekten durch Lage in Koordinatensystem direkt abbildbar, visuell erfassbar, messbar
- Nachbarschaft von Geoobjekten aus Objektlage indirekt abbildbar, visuell erfassbar
- Chorographische Abbildung > parallele Informationsaufnahme

### Digital > Datei (Geodatenbank, GIS)

- Explizite Angabe der Position durch Koordinaten (z.B. Gauß-Krüger-Koordinaten) bzw. Raumbezugssystem
- Explizite Angabe der Nachbarschaftsbeziehungen durch Topologie
- Chronologische Abbildung > sequentielle Informationsaufnahme

## 2.1 Grundlagen **Raumbezug > Bezugssystem**

### Begriff

- Mit Uhren und Maßstäben ausgestattetes materielles Gerüst, das auf der Grundlage eines idealen theoretischen Konzeptes ermöglicht, zeitliche und räumliche Abstände zwischen Ereignissen zu messen > sphärische, kartesische Koordinatensysteme

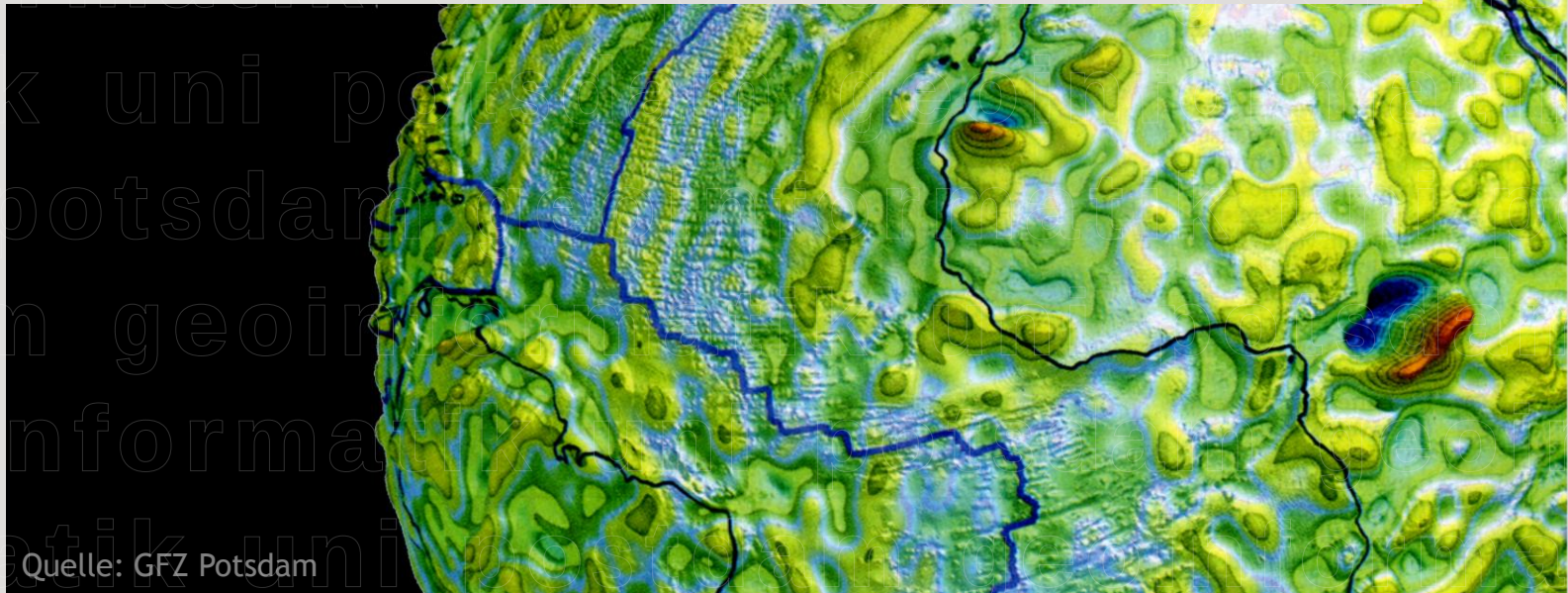
### Gliederung

- Raumfeste Bezugssysteme (Celestial Reference Systems = CRS)
- Erdfeste Bezugssysteme (Terrestrial Reference System = TRS)
- Erdfeste, raumfeste Bezugssysteme durch Rotation der Erde miteinander verknüpft



## 2.2 Erdmodelle

# Kugel, Ellipsoid, Geoid



Quelle: GFZ Potsdam

## 2.2 Raumbezug **Erdfigur // Erdmodell**

**Erdfigur** (Erdgestalt) *Figure, shape of the earth*

- **Begriff:** mathematisch einfach definierbare Approximation des Erdkörpers (>Modell) durch Oberfläche von 3D-Körpern; [Original Erde: mathematisch nicht beschreibbarer kugelähnlicher Körper, dessen Oberfläche Erhebungen, Vertiefungen aufweist]
- **Relevanz:** Bezugsfläche globaler 3D-Approximation des Erdkörpers in vielen Bereichen der Geowissenschaften für Berechnungen und Positionsangaben benötigt
- **Historie:** Überlegungen zur Erdfigur bereits in südamerikanischen, mesopotamischen, indischen Hochkulturen, in Europa insbesondere in ionische Naturphilosophie (>Naturbeobachtungen): Scheibe, Kugel

## 2.2 Raumbezug **Erdmodell // Erdfigur**

### Erdfigur

- Mathematisch nicht beschreibbarer kugelähnlicher Körper, dessen Oberfläche Erhebungen, Vertiefungen, aufweist
- Fläche des konstanten Schwerepotenzials > **Äquipotenzialfläche** in Meereshöhe (=wahre Erdfigur)

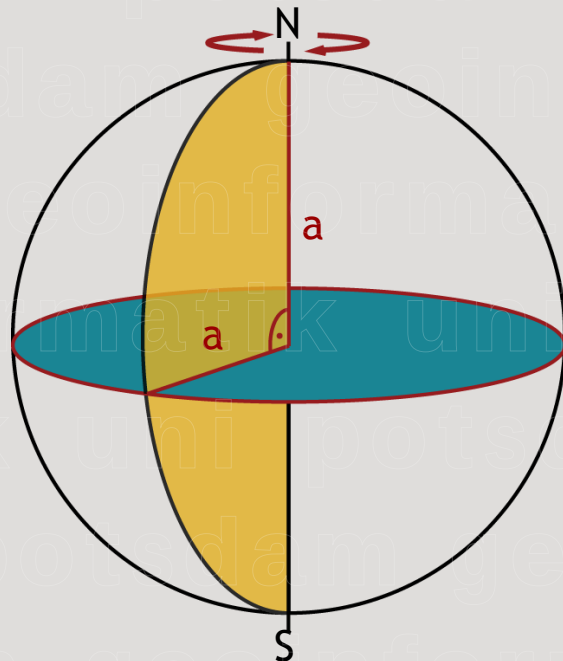
**Erdmodelle:** globale 3D-Approximation des Erdkörpers

- **Kugel:** mathematisch definiertes Modell
- **Ellipsoid:** mathematisch definiertes Modell
- **Geoid:** geophysikalisch definiertes Modell

### Repräsentation

- **Karte:** 2D-Verebnung
- **Globus:** 3D-Körper

## 2.2 Raumbezug Erdmodell > Kugel



### Begriff *sphere*

- **Geometrische Approximation** auf ideale Kugel
- **Rotationssymmetrischer Körper**, Rotation Kugel um Erdachse

### Dimension

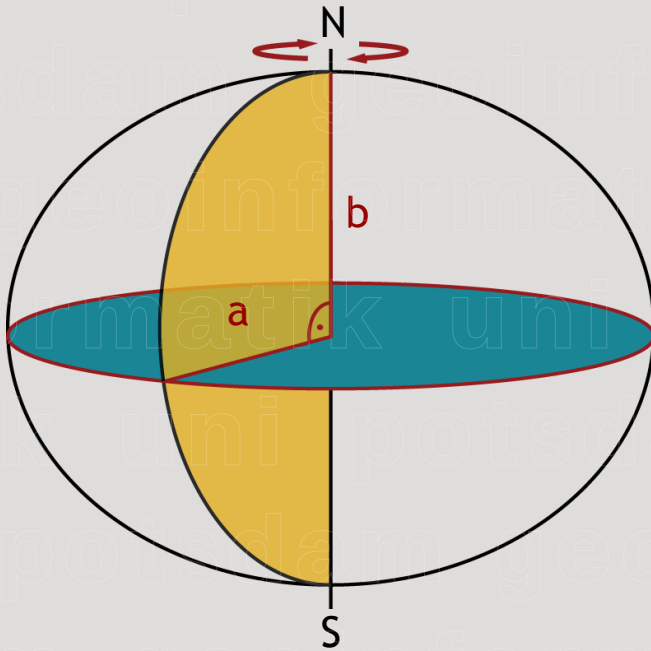
- Einheitsradius 6.371 km
- Erdumfang 40.026 km
- Oberfläche 510.100.000 km<sup>2</sup>
- Erste gesicherte Erdmessung: ERATOSTHENES (ca. 200 v.Chr.)

### Anwendung

- Globale Entfernungsberechnungen; Kurzstreckennavigation; Online-Kartendienste
- **Kartennetzentwürfe** für kleinmaßstäbige Karten (< 1:1 Mill.): Abbildungsgenauigkeit < Rechengenauigkeit



## 2.2 Raumbezug Erdmodell > Ellipsoid



### Begriff

- **Geometrische Approximation** der Erdfigur durch optimal angepasstes **Rotationsellipsoid**
- **Rotationssymmetrischer Körper** durch Rotation Ellipse um kleine Halbachse  $b$

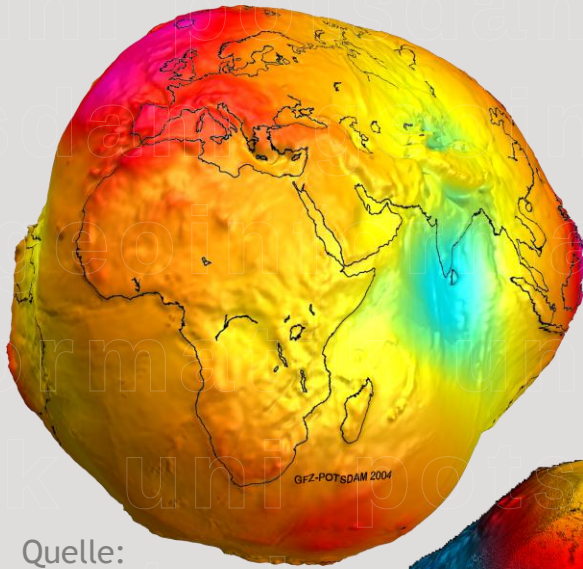
### Dimension

- (Ober)Fläche zweiter Ordnung
- Form definiert durch große Halbachse  $a$  (*Äquatorialachse*), kleine Halbachse  $b$  (*Polarachse*)

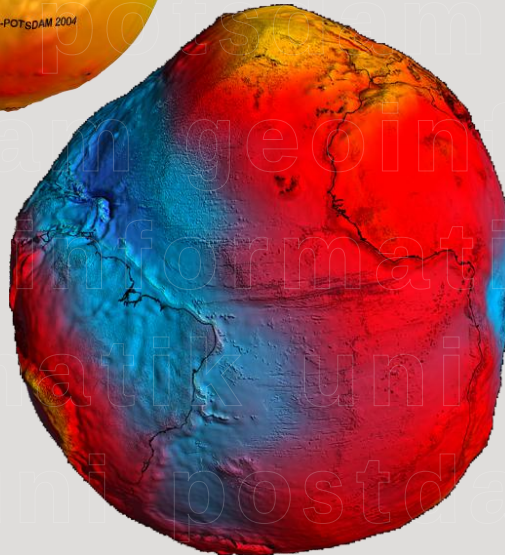
### Anwendung

- Bezugs- und Rechenfläche für Lagemessungen
- Globale Navigation, z.B. GPS

## 2.2 Raumbezug Erdmodell > Geoid



Quelle:  
GFZ Potsdam



Quelle: ESA

### Begriff

- **Geophysikalische Approximation** der Erdfigur durch Äquipotenzialfläche im Schwerfeld der Erde, dem mittleren **Meeresspiegel** bestmöglich angenähert

### Dimension

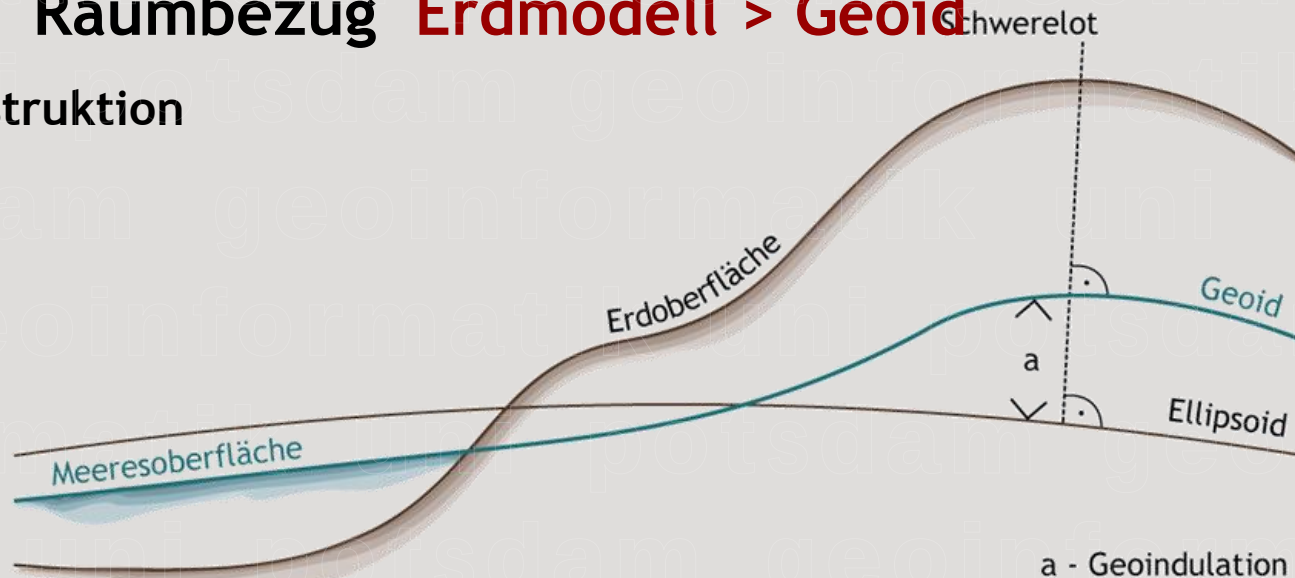
- Allseitig gekrümmter, unregelmäßiger Körper
- **Geoidundulationen**: Differenz zu optimal angepasstem Ellipsoid  $\varnothing$  50 m, max. 150 m

### Anwendung

- Höhen-/Schweremessung

## 2.2 Raumbezug Erdmodell > Geoid

### Konstruktion



- Wird Meerwasser als frei bewegliche, der Schwerkraft unterworfenene Masse aufgefasst, bildet sich nach Erreichen des Gleichgewichtszustandes eine Oberfläche als **Niveauläche des Schwerepotenzials** aus (BOLLMANN/ KOCH 2002,1: 302)
- Wird idealisierter Meeresspiegel gemäß System kommunizierender Röhren unter Kontinenten fortgesetzt gedacht, entsteht geschlossene Fläche, die das Geoid veranschaulicht

## 2.2 Raumbezug Erdmodell > Vergleich

### Kugel

- Bestimmung: **mathematisch**; vereinfachtes Modell
- Anwendung: Kartennetzentwürfe > geographische Abbildungen < 1:1.000.000

### Rotationsellipsoid

- Bestimmung: **mathematisch**, optimal genähertes Modell
- Datenbasis: terrestrische Messungen, Satellitengeodäsie
- Anwendung: Kartennetzentwürfe > geodätische Abbildungen > 1:500.000, Lagemessung

### Geoid

- Bestimmung: **geophysikalisch**; maximal angepasstes Modell
- Datenbasis: Gravitationsmessungen, Satellitengeodäsie
- Anwendung: Höhen-/Schweremessung, Lagerstättenforschung



## 2.3 Koordinaten

# Arten, Koord.-Systeme



## 2.3 Koordinaten Grundlagen > Begriff, Merkmale

### Begriff *Coordinates*

- „Lageangabe“, Parameter zur eindeutigen Festlegung der geometrischen Position von Punkten (BOLLMANN/KOCH 2002, 2: 74)
- Geordnetes Paar bzw. Tripel (allgemein *n-Tupel*) von Zahlen, die Lage eines Punktes in Fläche bzw. 3D-Raum entlang bestimmter Linien mittels **Koordinatensystem** [KOS] bestimmen.

### Merkmale

- Koordinaten sind Ortsvektor vom Koordinatenursprung aus zugeordnet > 3D-Raum: Geozentrum; 2D-Raum: ebene Koordinaten
- Jeder Satz von Koordinaten auf KOS bezogen, das durch Anhaftung an vermarkte, materielle Punkte der Erdoberfläche zu **Bezugssystem** wird

## 2.3 Sphärische Koordinaten **Übersicht**

**Begriff** *Spherical coordinates*

- Polarkoordinaten auf der Einheitskugel > **Kugelkoordinaten**
- Schnittkreise der Ebenen, die das KOS repräsentieren, mit der Kugel: Grundkreis, Nullkreis > globales Koordinatensystem

**Bestimmung**

- Positionsangabe durch Abstand von Kugelmittelpunkt (Ursprung) und 2 Winkeln
- Ist Abstand von Ursprung konstant (auf Kugeloberfläche=**Sphäre**), werden lediglich die 2 Winkel benötigt, um Punkt eindeutig zu bezeichnen

**Ausprägungen**

- **Geographische Koordinaten** > Erdmodell (Kugel, Ellipsoid)

## 2.3 Sphärische Koordinaten **Geographische Koord.**

Begriff *Geographical coordinates*

- **2D-Koordinaten** zur Festlegung eines Punktes  $P$  der definierten Erdoberfläche, Basis: sphärisches Polarkoordinatensystem
- Koordinatenwerte unabhängige, dimensionslose **Winkelgrößen**: geographische Breite  $\varphi$  (*phi*), geographische Länge  $\lambda$  (*lambda*) > krummlinige **Flächenkoordinaten**

Merkmale

- **Globales Bezugssystem** aus Längen- und Breitenkreisen
- Äquator: (Breiten-)Kreis, dessen Ebene senkrecht zur Erdachse durch Erdmittelpunkt verläuft
- Äquator teilt Erdkörper in nördliche Hemisphäre (0 bis  $+90^\circ$  ), südliche Hemisphäre (0 bis  $-90^\circ$  )



## 2.3 Sphärische Koordinaten **Geographische Koord.**

### Breitenkreise *Latitudes*

- Parallelkreise; Kreisebenen senkrecht zur Erdrotationsachse
- Kreisdimension von Äquator zu Pol abnehmend: Äquator Großkreis, übrige Parallelkreise Kleinkreise
- **Nullbreitenkreis**: Äquator > natürliche Festlegung

### Längenkreise *Longitudes*

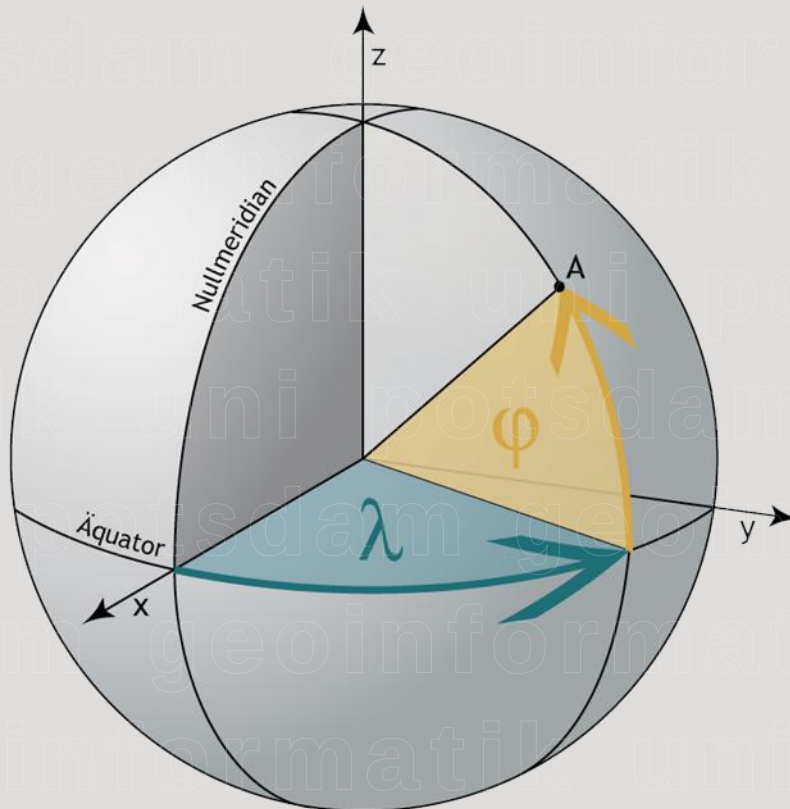
- Großkreise gleicher Dimension; Kreisebenen schneiden Äquatorebene, alle Breitenkreise senkrecht in Erdrotationsachse
- **Nulllängenkreis**: Nullmeridian Sternwarte Greenwich (London) > willkürliche Festlegung (1884)

### Punktbestimmung

- Maßeinheit: Grad ( $^{\circ}$ ), Minuten ( $'$ ), Sekunden ( $''$ )
- Breite  $\varphi$  : nördl./südl. Äquator; Länge  $\lambda$  : westl./, östl. Greenwich

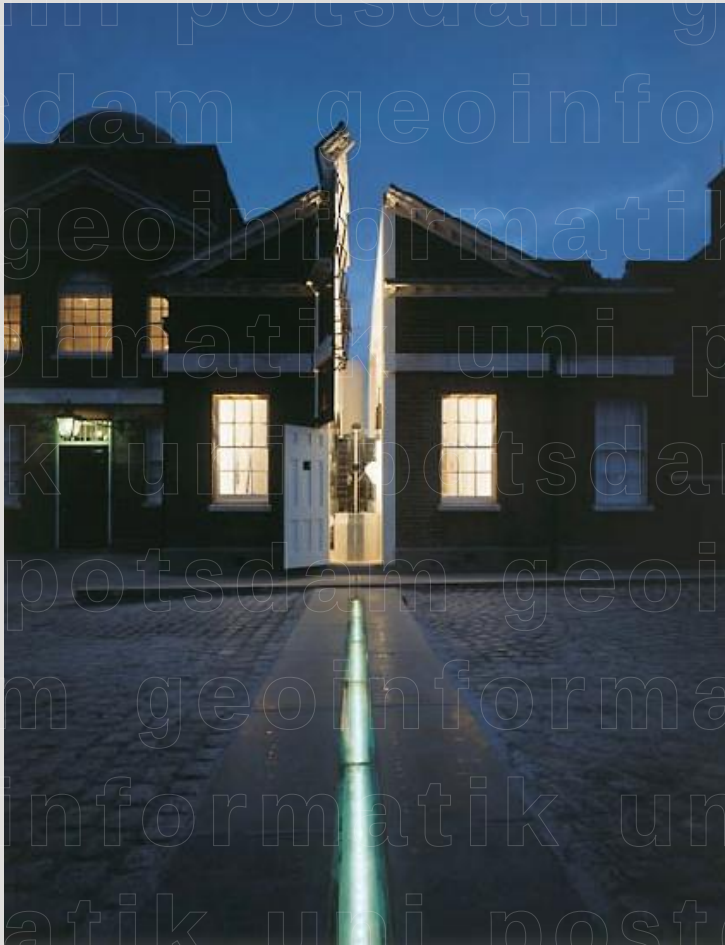
## 2.3 Sphärische Koordinaten **Geographische Koord.**

### Punktbestimmung



- **Geographische Breite  $\varphi$**   
Höhenwinkel in Meridianebene (nördl., südl.) der Äquatorebene >  $90^\circ$  n.B. -  $0^\circ$  -  $90^\circ$  s.B.
- **Geographische Länge  $\lambda$**   
Winkel in Äquatorebene zu festgelegtem Ausgangsmeridian, z.B. Greenwich >  $180^\circ$  w.L. -  $0^\circ$  -  $180^\circ$  ö.L.
- Alle Punkte am Äquator:  $\varphi = 0$
- Alle Punkte am Nullmeridian:  $\lambda = 0$

## 2.3 Sphär. Koordinaten **Geogr. Koord. > Nullmeridian**



**Nullmeridian Greenwich**



**Nullmeridian Ferro (>Hierro)**

## 2.3 Sphärische Koordinaten **Geozentrische Koord.**

**Begriff** *Geocentric coordinates*

- 3D-Koordinaten zur Festlegung eines Punktes  $P$  (Länge, Breite) auf Kugeloberfläche relativ zum Erdmittelpunkt
- System sphärischer Koordinaten  $(x, y, z)$  mit Ursprung im Erdschwerpunkt (**Geozentrum**) (BOLLMANN/KOCH 2002, 1:325)

**Merkmale**

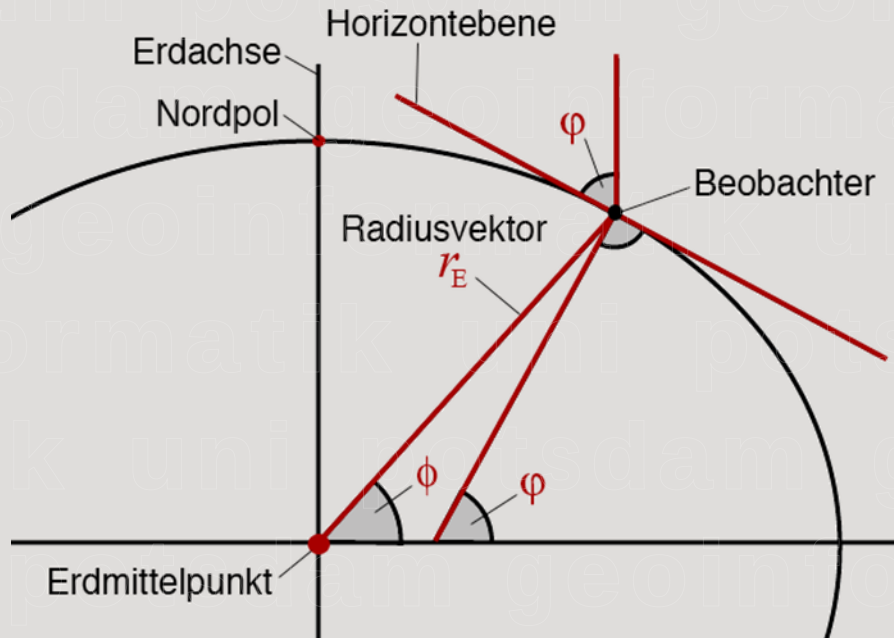
- **Globales** erdfestes rechtwinkliges 3D-System
- Z-Achse: mittlere Erdrotationsachse
- XY-Ebene: mittlere Äquatorebene
- XZ-Ebene: mittlere Meridianebene von Greenwich

**Anwendung**

- Astronomie, Satellitentechnik; Ortung, Navigation: **GPS**



## 2.3 Sphärische Koordinaten **Geozentrische Koord.**



- Abweichung geographische Breite - geozentrische Breite bis  $+0,19^\circ$  bzw 20 km, da auf Lotrichtung bzw. Normale zum Erdellipsoid bezogen

### **Geozentrische Breite $\phi$**

- Winkel, den Radiusvektor vom Geozentrum zum Beobachter mit Äquatorebene bildet.

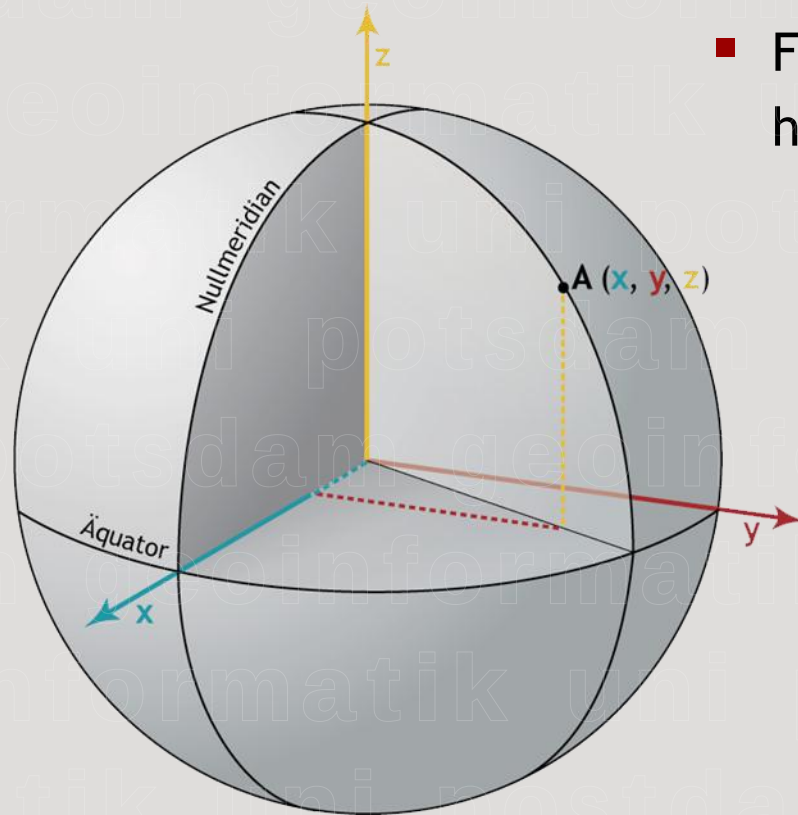
### **Geographische Breite $\phi$**

- Winkel, den Horizontebene (Tangentialebene an Rotationsellipsoid am Punkt) mit Erdachse bildet
- Lot auf Horizontebene (Normalenvektor, Nadir, Schwerkraftvektor) bildet mit Äquatorebene Winkel  $\phi$

## 2.3 Sphärische Koordinaten **Geozentrische Koord.**

### Punktbestimmung

- Festlegung durch drei unabhängige Streckengrößen  $x, y, z$



## 2.3 Ebene Koordinaten **Übersicht**

### Begriff *Plane coordinates*

- Geordnete Zahlenpaare (Koordinaten) in ebenem Koordinatensystem
- **2D-System** aus senkrecht aufeinander stehenden Koordinatenachsen mit gleichen Maßeinheiten, die sich im Ursprung (= Nullpunkt) schneiden: X-Achse (Abszisse), Y-Achse (Ordinate) > **regionales Koordinatensystem** für definierten Abbildungsbereich

### Bestimmung

- Positionsangabe in der Ebene durch vom Ursprung ausgehende Vektoren > relativ, 2 unabhängige Streckengrößen  $x, y$

### Ausprägungen

- **Kartesische Koordinaten** > Meridianstreifen

## 2.3 Ebene Koordinaten **Kartesische Koordinaten**

**Begriff** *Cartesian coordinates*

- 2D-Koordinaten; Richtungsachsen mit gleichen Maßeinheiten, schneiden sich orthogonal in Ursprung (= Nullpunkt): X-Achse (Abszisse), Y-Achse (Ordinate) > gradlinige, kartesische KO

**Merkmale**

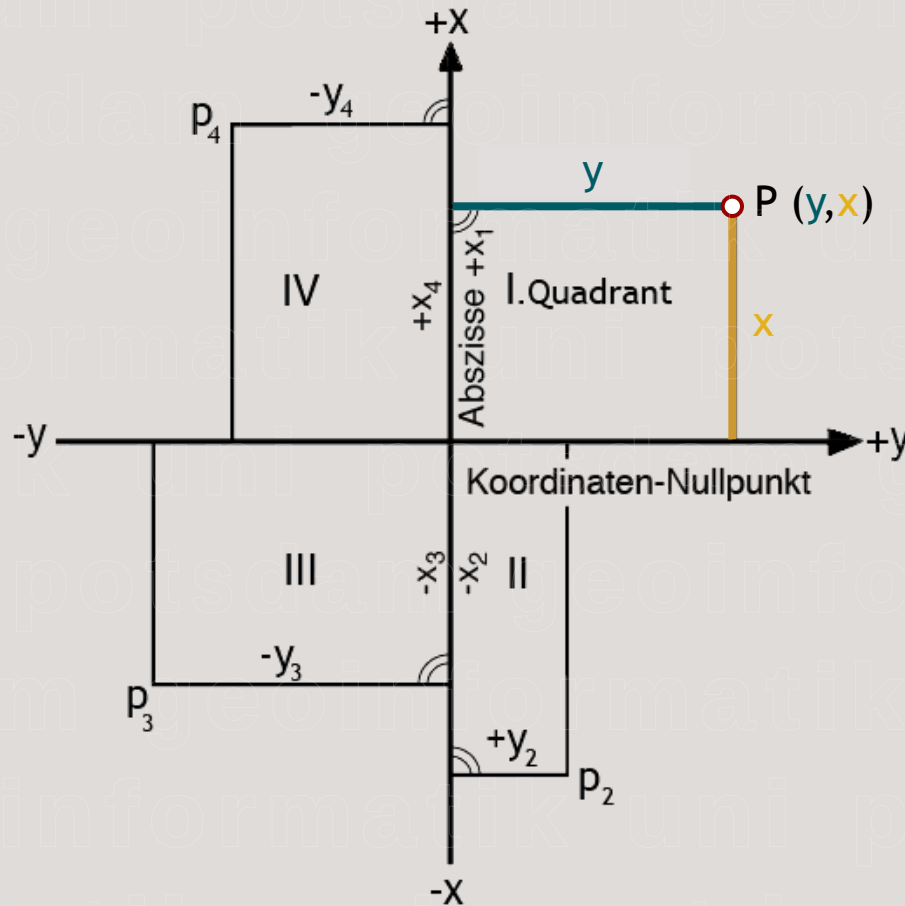
- **Regionales Bezugssystem** für definierten Abbildungsbereich
- Nullpunkt gemäß Festlegung bei geodätischen Abbildungen
- Koordinatenlinien Geraden in konstantem Abstand (Grid)
- Koordinatenangaben in metrischen Einheiten
- Bezeichnung nach Erfinder Descartes, lat. Cartesius (16. Jh.)

**Punktbestimmung**

- Vom Ursprung ausgehende Vektoren > relativ, 2 unabhängige Streckengrößen  $x, y$  > **gradlinige Koordinaten**



## 2.3 Ebene Koordinaten **Kartesische Koordinaten**



### Positionsbestimmung

- Kürzeste Abstände  $x, y$  von **Koordinatenachsen** (Lot), bezogen auf jeweiligen Quadranten
- **Ergebnis: Koordinatensatz**  $(x, y)$  aus paarweise rechtwinkligen Zahlenangaben
- Quadranten mit römischen Ziffern im Uhrzeigersinn bezeichnet (math. Prinzip Rechtshändigkeit)

## 2.3 Koordinatensystem **Übersicht > Begriff**

### Begriff

- **Räumliches Bezugssystem** mit der Möglichkeit, Punkte durch Koordinaten zu bestimmen (BOLLMANN/KOCH 2002, 1:316)
- Aus 1 bzw. 2 (allgem.  $n$ ) Koordinatenachsen und/oder Bezugsrichtungen im 2D/3D- (allg.  $n$ -D-) Raum bestehendes System, in dem geometrische Gebilde (z.B. Punkte, Linien, Flächen) gegebenen Koordinaten zugeordnet werden *vice versa*
- Koordinatensystem wird zu Bezugssystem durch Anhaftung an vermarkte, materielle Punkte

### Merkmale

- Mathematisch-geometrisches Ordnungssystem, mit dessen Hilfe räumliche Daten georeferenziert werden können

## 2.3 Koordinatensystem **Übersicht > Anwendung**

### Anwendung

- Erdoberfläche nur mittels **Geographischer Koordinaten** eindeutig abbildbar > krummlinige Flächenkoordinaten
- Lokal angepasste (Projektions-)Systeme besitzen Vorteil ebenrechtwinkliger Achsen mit einheitlicher metrischer Teilung > **geodätische Koordinaten** > Anwendung euklidischer Metrik (> Gauß-Krüger-System, UTM-System)



## 2.4 Metrik

# Konzept, Arten, Anwendung

## 2.4 Metrik Übersicht > Begriff, Relevanz

### Begriff

- Eindeutige Festlegung des Raumbezugs durch mathematische Funktion, die Abstand  $d$  von je 2 Geoobjekten  $A, B$  eines Raumes mit nachfolgenden Eigenschaften voneinander bestimmt
- Raum definiert als Menge, deren Elemente (hier: Geoobjekte) geometrisch als Punkte aufgefasst werden.
- Jeder metrische Raum ist ein topologischer Raum mit der Topologie, die durch die Metrik induziert wird

### Relevanz

- Raumbezogene Abfragen (Suchoperationen), z.B.
  - alle Biotope mit Rote-Liste-Arten, die mindestens 150 m von Autobahn und Bundesstraße entfernt sind
  - alle Wasserschutzgebiete im Landkreis Potsdam-Mittelmark



## 2.4 Metrik **Arten > Primäre, sekundäre Metrik**

### Arten

Nach geometrischer Exaktheit des Raumbezugs werden unterschieden:

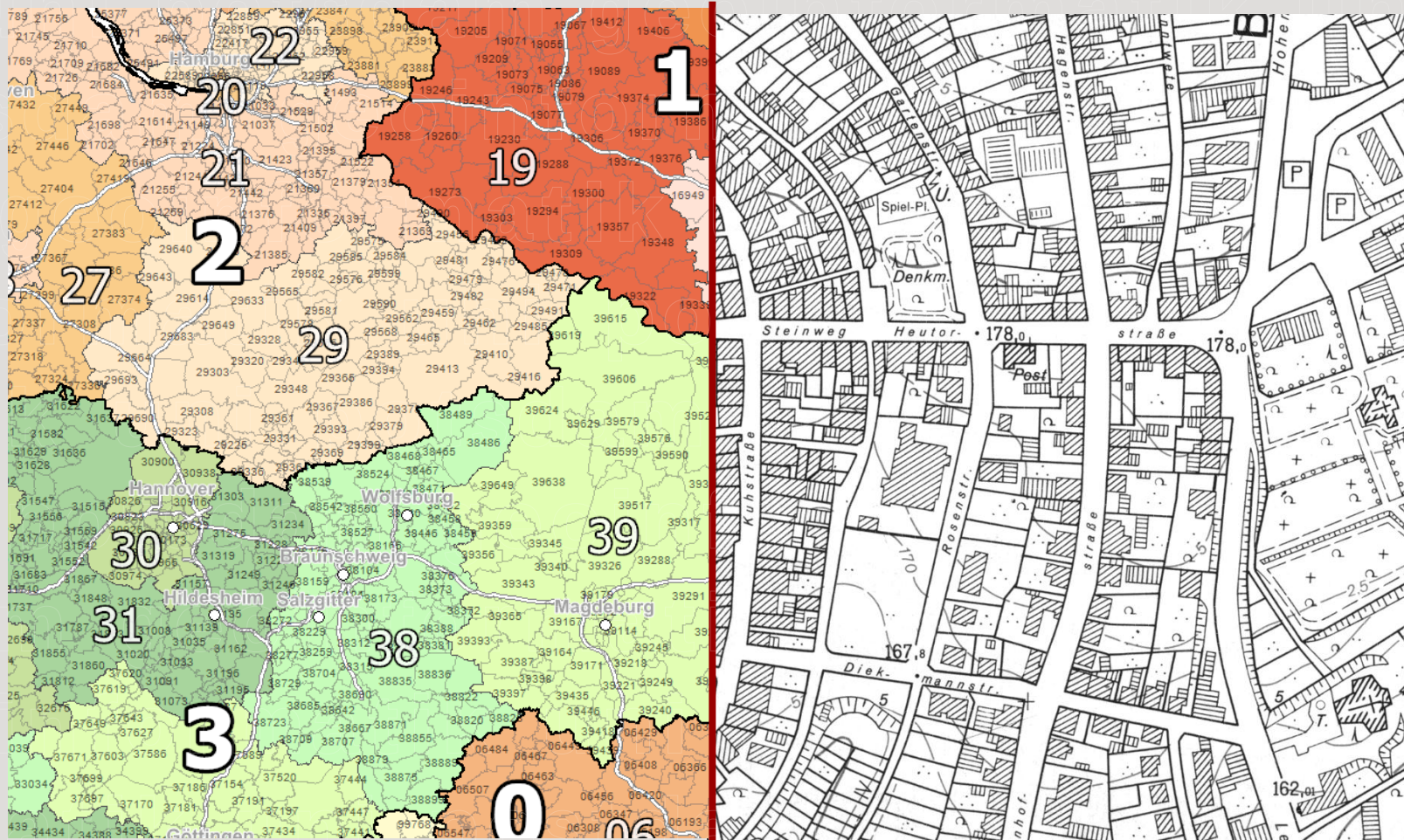
- **Primäre Metrik**

**direkte** Zuordnung der Objektinformation zu Position auf Erdoberfläche durch Angabe exakter **Koordinaten** eines KOS

- **Sekundäre Metrik**

**indirekte** Zuordnung der Objektinformation zu Position auf Erdoberfläche durch Angabe von Bezugsgrößen bzw. beschreibender alphanumerischer Information, wie z.B. von Adresse, Postleitzahl, Kilometrierung

## 2.4 Metrik Arten > Primär, sekundär



## 2.4 Primäre Metrik **Übersicht**

### Begriff

- Exakte, direkte Festlegung des Raumbezugs durch Referenzsystem, Konstruktionsvorschriften

### Merkmale

- Exakt definiert: hohe geometrische Genauigkeit, direkter Raumbezug

### Referenzsystem

- Koordinatensystem (2D/3D), z.B. Gauß-Krüger-Koordinatensystem  
> Ortsangabe durch Hoch-/Rechtswert
- Konstruktionsvorschriften: definiertes Bezugssystem

### Anwendung

- Topographie, Georeferenzierung

## 2.4 Sekundäre Metrik **Übersicht**

### Begriff

- Unscharfe, indirekte Festlegung des Raumbezugs durch Bezugsgrößen oder beschreibende Information

### Merkmale

- Schwach definiert: variable Genauigkeit, indirekter Raumbezug
- Bezugsgrößen: Kennziffern, die Gebietsgliederung in hierarchischer Form wiedergeben, z.B. Postleitzahlen, Gemeindekennziffern, Flurstücksnummern, Nielsen-Gebiete, NUTS, ...
- Beschreibende Information: Adresse: Stadt, Straßenname, Hausnummer; Namen: Flur-, Orts-, Stadtteilname, Lagebezeichnung

### Anwendung

- (Amtliche) Statistik, Geomarketing (Business Mapping), Einwohnermeldewesen, Ver-/Entsorgungswirtschaft, ...



## 2.5 Kartennetzentwürfe

### Abbildungsflächen, Merkmale, Beispiele





## 2.5 Kartennetzentwürfe **Übersicht > Kartennetz**

**Begriff** *Graticule, map grid*

- Abbildung der systematischen Anordnung von Linien runder Koordinatenwerte (z.B. Längen-/Breitenkreise) in Kartenebene > Koordinatennetz

**Funktion**

- Übertragung von Geoobjekten der Erdoberfläche in Karte
- Positionsbestimmung von Kartenobjekten durch Koordinaten
- Geographische Einordnung des abgebildeten Raumausschnitts

**Repräsentation**

- Kleinmaßstäbige Karten: Kartennetz gebildet aus Linien (Länge, Breite) des geographischen Koordinatensystems
- Großmaßstäbige Karten: Kartennetz (Kartengitter) gebildet aus Linien eines ebenen Koordinatensystems (>Meridianstreifen)

## 2.5 Kartennetzentwürfe **Übersicht > Begriff**

### Begriff *Map projection*

- Sonderfall der Abbildung der Koordinatennetze von 2 beliebigen Flächen aufeinander
- Mathematische Grundlage für analoge Karte bzw. digitales Kartenmodell unterschiedlicher Zweckbestimmung

### Varianten

- Theoretisch unbegrenzte Zahl an Netzentwürfen, ausgearbeitet ca. 400, angewendet ca. 50

### Funktion

- Kartographisch: Abbildung Bezugsfläche (Kugel, Ellipsoid) in die Ebene durch geographisches, geodätisches Koordinatensystem
- Grundlage kleinmaßstäbiger Karten (<1:500.000): **kartographische Abbildungen i.e.S.**

## 2.5 Kartennetzentwürfe **Übersicht > Merkmale**

### Merkmale *Features*

- Abbildung beruht auf eindeutigen, differenzierbaren **Funktionsbeziehungen** zwischen Urbild (Bezugsfläche) und Abbild: Bedingung muss von **Abbildungsgleichungen** erfüllt werden
- Abbildung des Erdkörpers in die Ebene (3D>2D) unterliegt stets mathematischer **Verzerrung** > Längen-, Flächen-, bzw. Winkelverzerrungen
- Verzerrung durch Gestaltung der Abbildungsgleichungen für jeweiligen Kartenzweck minimierbar
- Kartennetzentwürfe ohne bestimmte Verzerrungen, besitzen mathematische **Treueigenschaften**: Längen-, Flächen- oder Winkeltreue

## 2.5 Kartennetzentwürfe **Übersicht > Gliederung**

### Parameter des Kartennetzes *Parameters of graticule*

- Geographische Netze
- Geodätische Gitter

### Art des Netzbildes *Graticule class*

- Echte Abbildungen | unechte Abbildungen

### Abbildungsfläche *Developable surface*

- Azimutale Abbildungen
- Zylindrische Abbildungen
- Konische Abbildungen

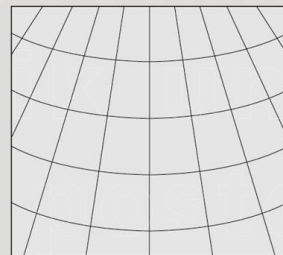
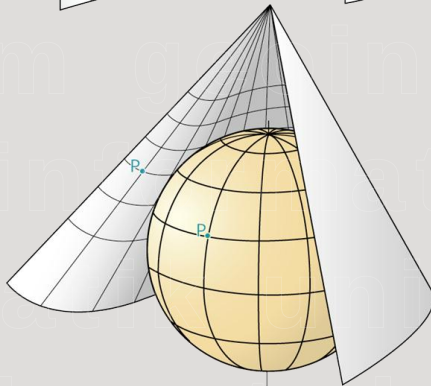
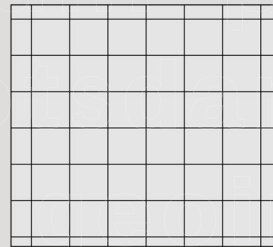
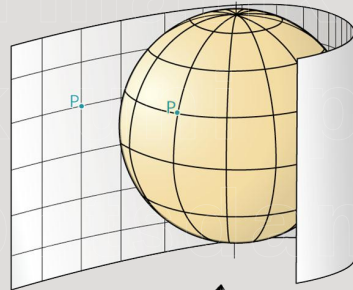
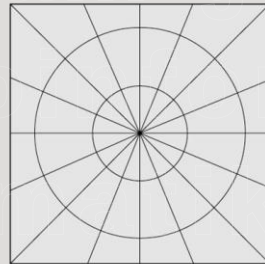
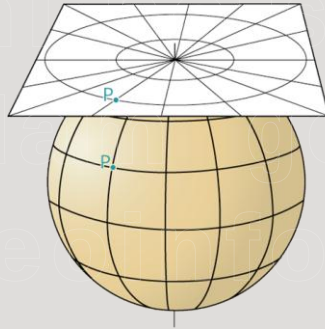
### Lage der Abbildungsfläche *Projection aspect*

- Polar | transversal | allgemein

### Abbildungseigenschaften *Projection properties*

- Geometrisch: Längentreue | Flächentreue | Winkeltreue

## 2.5 Abbildungsflächen Übersicht



### Ebene *Plane*

- Längenkreise: Geraden, die sich im Berührungspunkt schneiden
- Breitenkreise: konzentrische Kreise um Berührungspunkt

### Zylinder *Cylinder*

- Längenkreise: Geraden, die sich im Berührungspunkt schneiden
- Breitenkreise: konzentrische Kreise um Berührungspunkt

### Kegel *Cone*

- Längenkreise: Strahlenscharen aus Ursprung Kegelspitze
- Breitenkreise: konzentrische Kreissegmente um Kegelspitze



## 2.5 Abbildungsflächen **Lage**

### **Polare Lage** *Polar aspect*

- Achse des Abbildungskörpers bzw. Senkrechte der Abbildungsfläche fällt mit Erdachse zusammen
- Synonym: polständig, erdachsrig, normalachsrig

### **Transversale Lage** *Equatorial aspect*

- Achse des Abbildungskörpers steht senkrecht auf Erdachse bzw. fällt mit Senkrechten der Abbildungsfläche zusammen
- Synonym: äquatorständig, querachsrig

### **Schiefachsige Lage** *Oblique aspect*

- Achse des Abbildungskörpers bzw. Senkrechte der Abbildungsfläche bildet Winkel zwischen  $>0^\circ$  bis  $<90^\circ$  mit Erdachse
- Synonym: zwischenständig, allgemein

## B4.2 Abbildungsflächen Lage

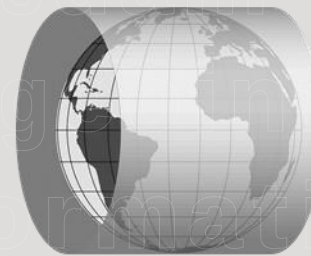
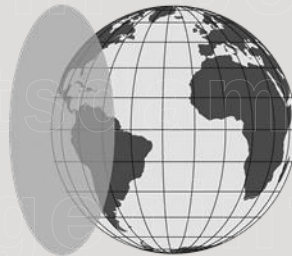
### Polare Lage

*Polar aspect*



### Transversale Lage

*Equatorial aspect*



### Schiefachsige Lage

*Oblique aspect*



## 2.5 Abbildungseigenschaften **Übersicht**

### Begriff *Projection properties*

- Übertragung Eigenschaften von Objekten des Urbildes in Abbild
- Durch Projektion erzeugte Entsprechung der Eigenschaften von Objekten der Bezugsfläche (3D) im Kartennetzentwurf (2D)

### Merkmale

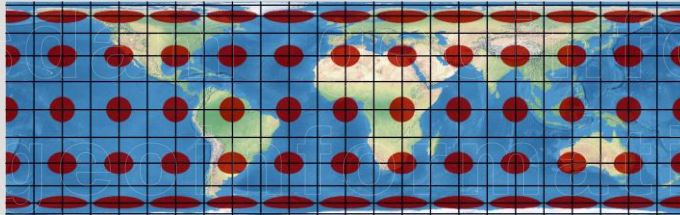
- Abbildungstreue (=Verzerrungsfreiheit) nur bei gleicher Dimensionalität von Ur- und Abbild: 3D > 3D: Erdkörper > Globus
- Reduktion der Dimensionalität 3D > 2D erzwingt Verzerrungen; Kontrolle durch Definition **Verzerrungs-/Treueeigenschaften**
- Beschreibung lokaler Verzerrungseigenschaften in einem Punkt durch **Tissotsche Indikatrix** (Verzerrungsellipse)

### Gliederung nach geometrischer Eigenschaft:

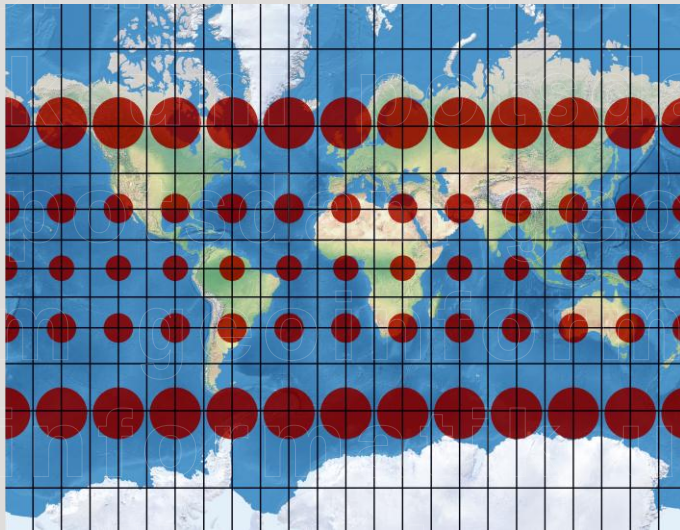
- Längentreue, Flächentreue, Winkeltreue

## 2.5 Abbildungseigenschaften **Arten > Indikatrix**

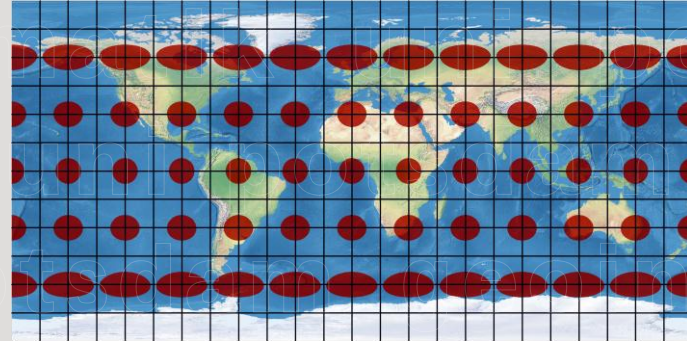
Tissotsche Indikatrix (Kreisradius 750 km) *Tissot's indicatrix*



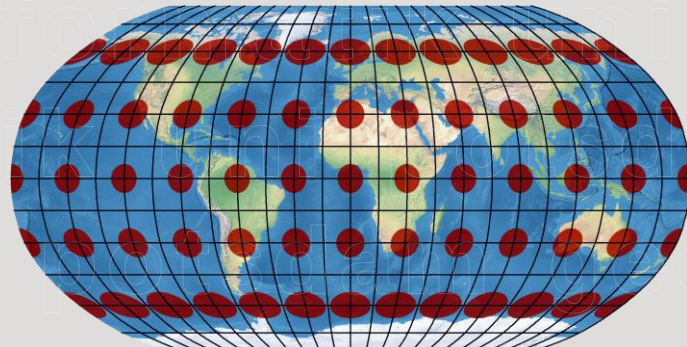
Flächentreue *equal-area projection*



Winkeltreue *equal-angle projection*



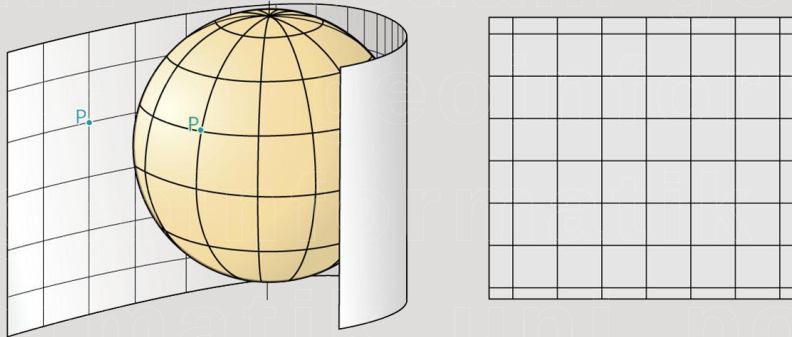
Abstandstreue



Vermittelnd *compromise projection*



## 2.5 Beispiel Zylinderabbildung **Übersicht**



### Begriff *Cylinder*

- Abbildung der Erdoberfläche durch Projektion oder anderes geometrisches Verfahren auf **Zylindermantel**
- Kegelöffnungswinkel  $\angle = 0^\circ$

### Konstruktion *Construction*

- **Indirekte Abbildung:** Zylinder umschließt Erdkörper > Zylindermantel  
Zwischenabbildungsfläche > Auftrennen entlang Netzlinie > verzerrungs-freie Abwicklung in die Ebene

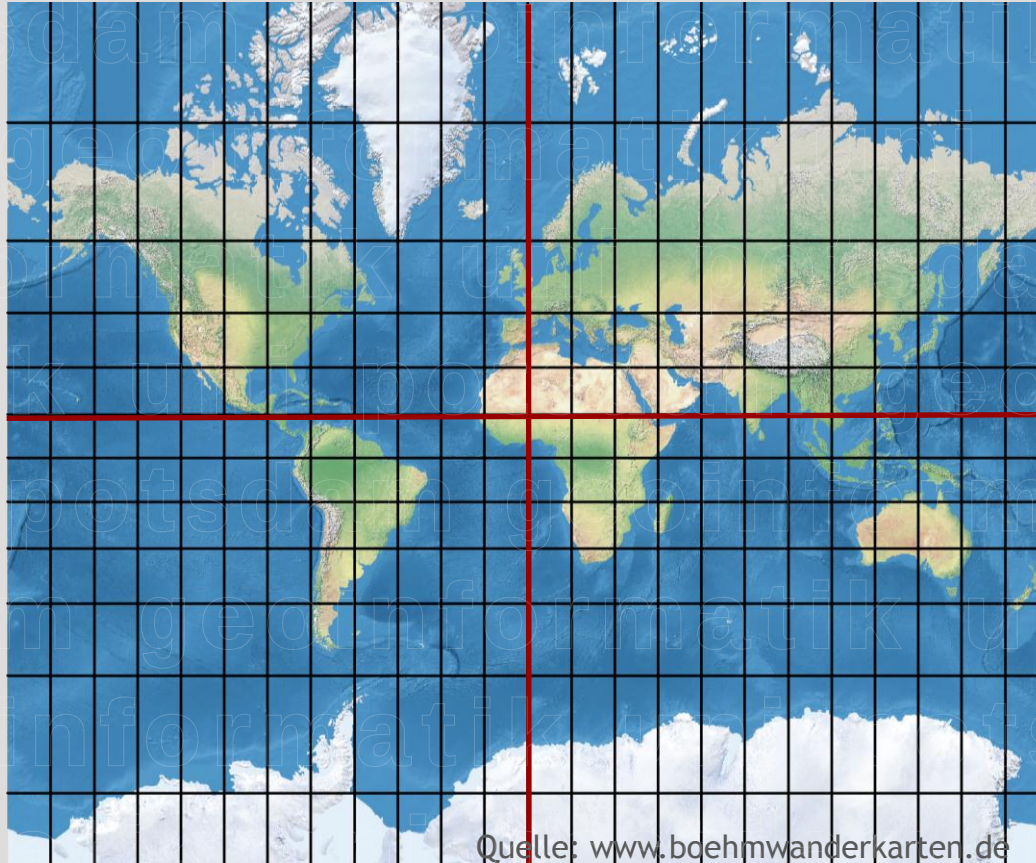
### Arten *Class*

- **Berührungszylinder:** Zylinderdurchmesser entspricht Erddurchmesser > längentreuer Berührkreis, dort geringste Verzerrungen
- **Schnittzylinder:** Zylinderdurchmesser kleiner als Erddurchmesser > 2 längentreue Schnittparallele > verzerrungsarmer Bereich vergrößert



## 2.5 Beispiel Zylinderabbildung **Mercator-Abbildung**

Mercator-Abbildung (1569) *Mercator's conformal cylindrical*

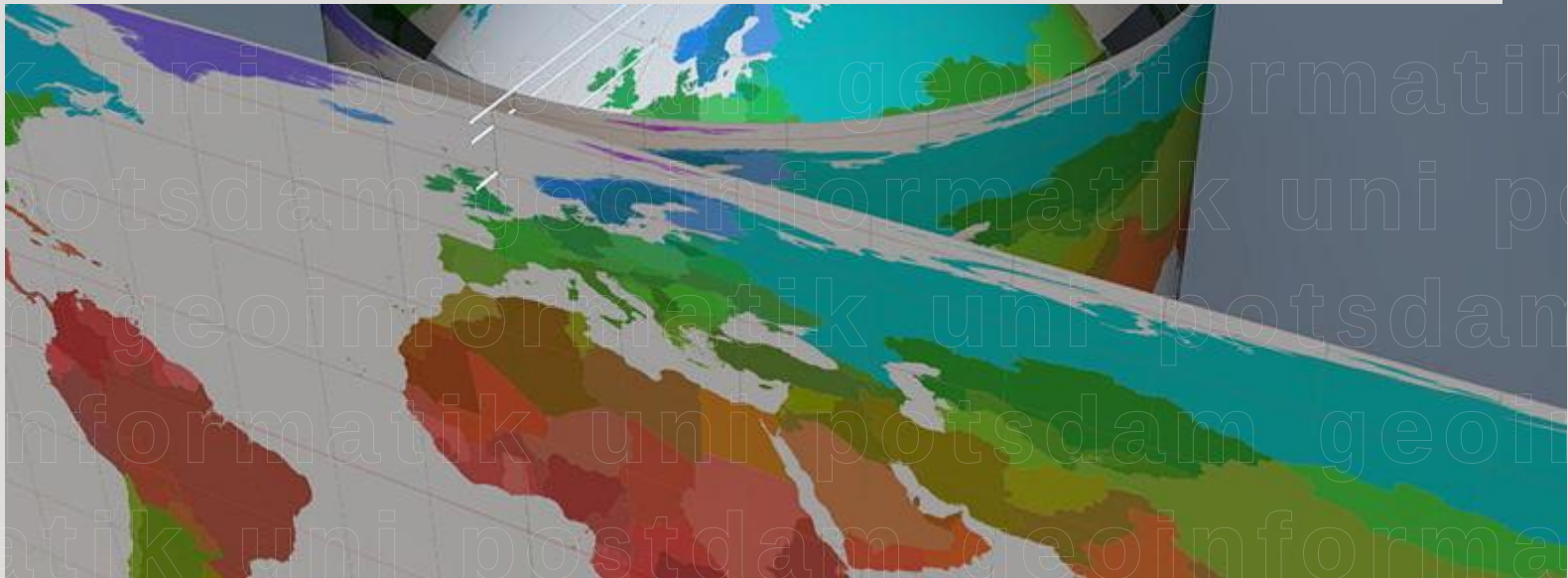


### Berührzylinder

- **Winkeltreu**
- Gradnetz: parallele längentreue Längengrade; parallele orthogonale Breitenkreise in Äquatortlänge
- Nullmeridian: Greenwich

## 2.6 Geodätische Abbildungen

# Meridianstreifensysteme



## 2.6 Geodätische Abb. **Übersicht > Meridianstreifen**

**Begriff** *Meridional zone*

- Zwischen 2 Meridianen liegendes Segment des Erdellipsoids (>sphärisches Zweieck) durch transversale konforme Zylinderabbildung in die Ebene >Gauß-Krüger-Abbildung, UTM

**Merkmale**

- **Geometrie:** exakte, verzerrungsarme Abbildung 3D-Erdmodell-segmente in 2D-Kartenebene mittels ebener Koordinaten
- **Koordinatenachsen:** Mittelmeridian (Abszisse x), Äquator(segment) (Ordinate y) > Meridian: halber Längengrad (>Großkreis)
- **Grenzmeridiane:** Meridianstreifen östlich, westlich begrenzende Meridiane
- **Ausdehnung:** Begrenzung Streifenbreite auf 3° bzw. 6° Länge wegen Flächen-, Längenverzerrung

## 2.6 Meridianstreifen **Koordinatensystem**

### Begriff KOS *Coordinate system*

- Errichtung ebenen Koordinatensystems in Meridianstreifen auf Koordinatenachsen durch jeweils parallele Geradenscharen

### Koordinatenachsen

- Senkrechte: Abszisse  $x$  > Mittelmeridian (Hauptmeridian)
- Waagerechte: Ordinate  $y$  > zugehöriges Äquatorsegment

### Koordinatenursprung

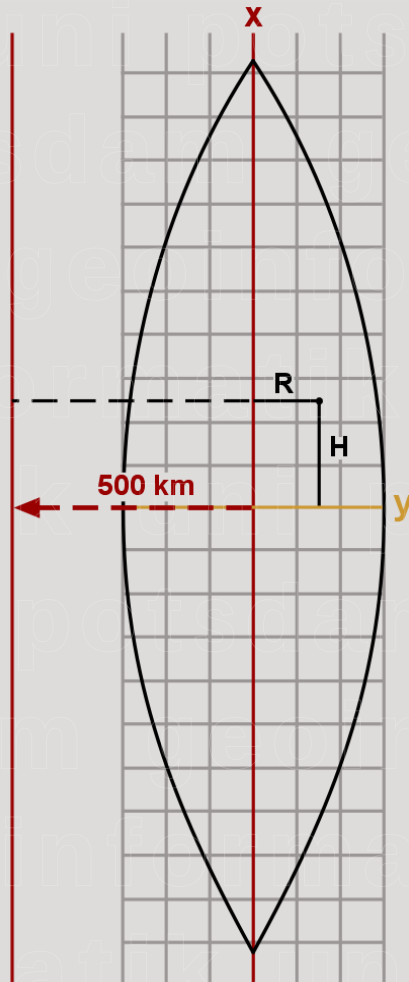
- Schnittpunkt Hauptmeridian mit Äquator

### Merkmale

- Rechtwinkliges Kartengitter
- Einfache Punktbestimmung in metrischen Einheiten
- Winkeltreue Abbildung > geringe Flächen-/Längen-/Formverzerrung



## 2.6 Meridianstreifen **Koordinatensystem**



### Punktbestimmung

- **X-Wert** (Abszisse): Abstand Punkt **P** vom Äquator, gemessen parallel zu Mittelmeridian; Nordhalbkugel: positive Werte
- **Y-Wert** (Ordinate): Abstand Punkt **P** vom Mittelmeridian, gemessen parallel zum Äquator; Vermeidung negativer Ordinatenwerte durch Verschiebung des Koordinatenursprungs (MM) um 500 km westwärts
- **Nomenklatur**: Rechts-/Hochwert (R/H, Gauss-Krüger), Ost-/Nordwert (E/N, UTM)



## 2.6 Meridianstreifensystem **Übersicht**

**Begriff** *Meridional zone system*

- Koordinierte Anordnung mehrerer benachbarter Meridianstreifen, bezogen auf Ursprungsmeridian

**Konstruktion**

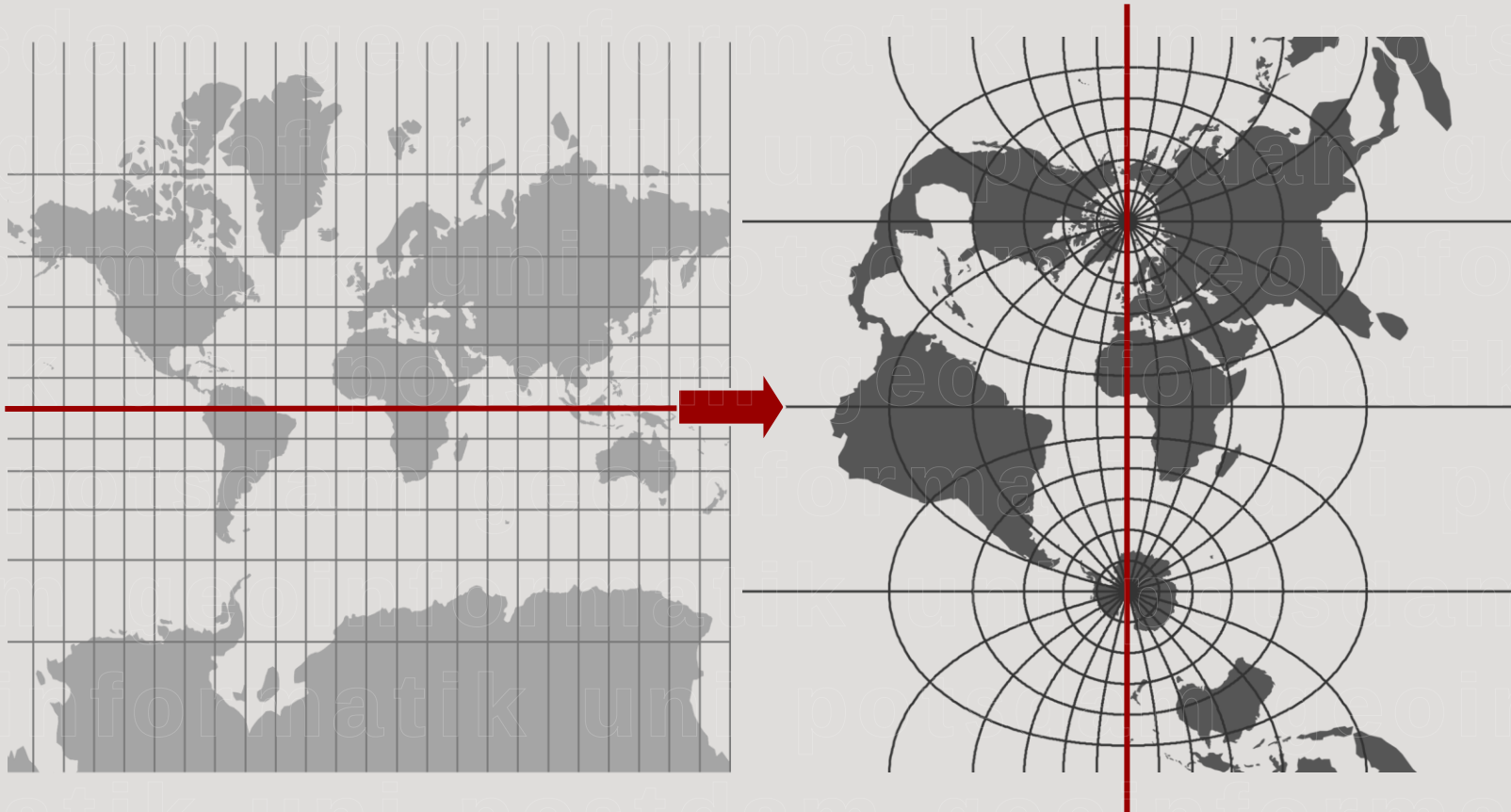
- Erzeugung fortlaufender Meridianstreifen durch Rotation des Abbildungszyinders um Erdachse von W nach E um  $3^\circ$  bzw.  $6^\circ$
- Übergang zwischen 2 benachbarten Meridianstreifen durch beidseitige Überlappung von  $0,5^\circ$

**Merkmale**

- Verzerrungsarme konforme regionale Abbildung von Erdräumen (Territorien) in großen, mittleren Maßstäben ( $> 1:300.000$ )
- Globale Abdeckung mit 120 ( $3^\circ$ ) bzw. 60 ( $6^\circ$ ) Meridianstreifen
- Koordinatenbestimmung durch globale Nomenklatur

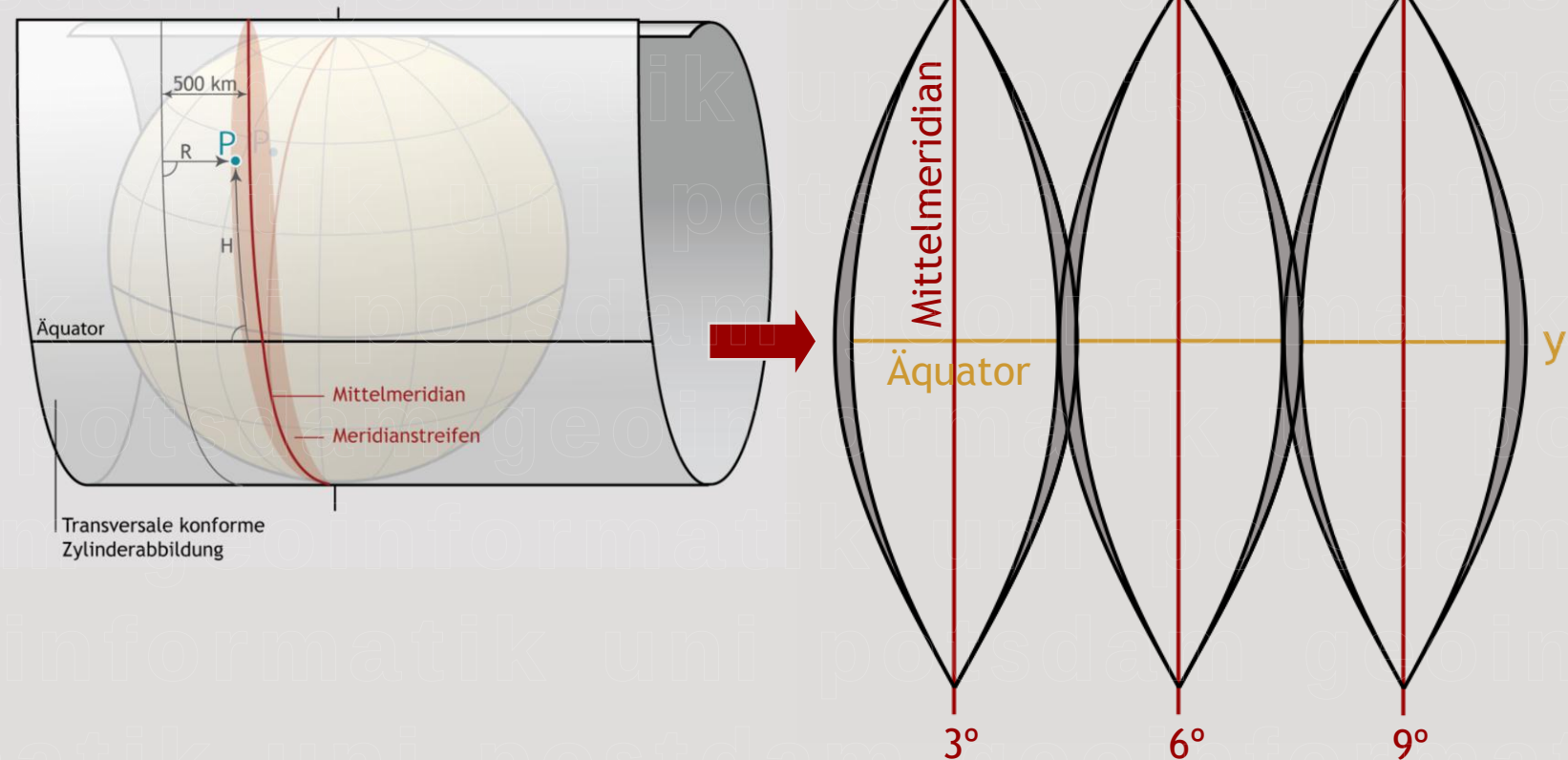
## 2.6 Meridianstreifensystem **Konstruktion**

Basis: transversale Mercator-Abbildung



## 2.6 Meridianstreifensystem Konstruktion

### Konstruktion Meridianstreifen



## 2.6 Meridianstreifensystem **Gauß-Krüger-System**

**Begriff GKS** *Gauss-Krueger grid system*

- Abbildung Bessel-Ellipsoid in Meridianstreifen **3° Breite** (je 1,5° rechts/links vom Mittelmeridian) aus transversaler Zylinderprojektion = Gauß-Abbildung
- Mittelmeridian längentreu abgebildet
- Meridianstreifenbreite: Äquator ca. 333 km, 210 km bei 51°N
- Koordinaten der Kartenebene: **Gauß-Krüger-Koordinaten** (GKK)

**Nomenklatur**

- Global **120 Meridianstreifen**: fortlaufende Kennziffern von W nach E ab Nullmeridian Greenwich
- Kennziffer: Division Mittelmeridian (MM) durch Streifenbreite, z.B. 9°:3 (Streifenbreite) = 3. System ö.L.
- D: Meridianstreifen 3 (MM 9° ö.L.), 4 (MM 12°), 5 (MM 1°)

## 2.6 Meridianstreifensystem **UTM-System**

**Begriff** *Universal Transverse Mercator grid system*

- Abbildung Internationales Ellipsoid in Meridianstreifen 6° Breite (je 3° rechts/links MM) aus transversaler Mercator-Schnittzylinderprojektion = Universale Transversale Mercatorprojektion
- Mittelmeridian gestaucht um Faktor 0,9996; Schnittparallele 180 km westl./östl. vom MM längentreu abgebildet
- Breite der Meridianstreifen: Äquator ca. 666 km, 420 km bei 51°N
- Koordinaten der Kartenebene: **UTM-Koordinaten**

**Nomenklatur**

- Global **60 Meridianstreifen (=Zonen)**: fortlaufende Kennziffern 1-60 von W nach E ab 177°W (~Datumsgrenze), untergliedert in **Bänder** von 8° Breite, beginnend bei 80°S bis 84°N; Bezeichnung mit C-X fortlaufend ohne I,O



## 2.6 Meridianstreifensystem **Vergleich GKS-UTM**

### Gauß-Krüger-System

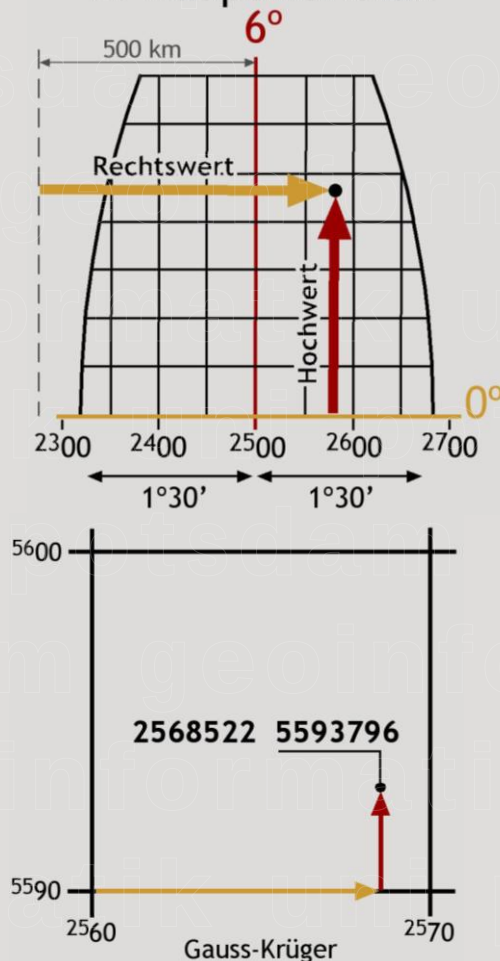
- +** Geringe Ausdehnung Meridianstreifen: geringe Verzerrungen, insbesondere bei grafischer Abbildung zu vernachlässigen
- Häufiger Wechsel der Meridianstreifensysteme bei größeren Erdräumen > Systemübergang, Gittersprung
- Regionale Begrenzung > Vergleichbarkeit geodätischer Abbildungen > Koordinatentransformationen

### UTM

- +** Globale Anwendung, internationale Akzeptanz > Europäisches Bezugssystem > Umstellung der TK/DLM von GK auf UTM
- Etwas größere Verzerrungen als bei Gauß-Krüger, bei grafischer Abbildung i.d.R. ohne Bedeutung

## 2.6 Meridianstreifensystem **Punktbestimmung GKS**

### 2. Hauptmeridian



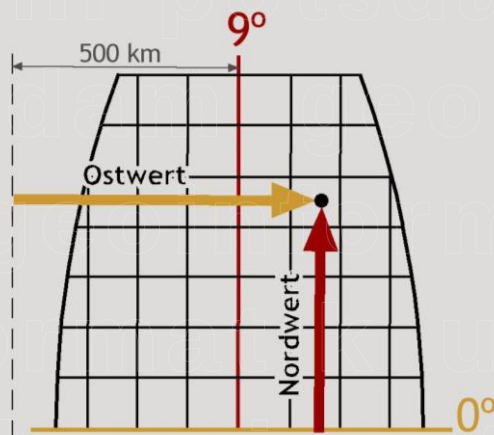
### X-Wert: **Hochwert**

- Abstand Punkt **P** vom Äquator, gemessen parallel zu Mittelmeridian > metrische Angabe
- Nordhalbkugel: stets positiv
- Beispiel: H 5512673=5512,673 km nördlich Äquator

### Y-Wert: **Rechtswert**

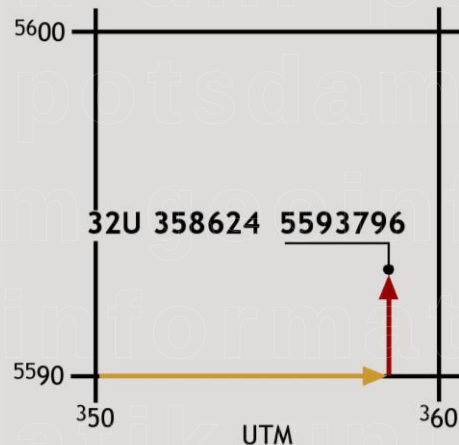
- Abstand Punkt **P** vom Mittelmeridian, gemessen parallel zu Äquator
- Vermeidung negativer Ordinatenwerte durch Verschiebung des Koordinatenursprungs (MM) um 500 km westwärts
- Beispiel: R 4541238 = 4: 4. System (MM 12° E); 5: Zuschlag (östl. MM) = 41,238 km östl. 12° E

## 2.6 Meridianstreifensystem **Punktbestimmung UTM**



### X-Wert: **Nordwert**

- Abstand Punkt **P** vom Äquator, gemessen parallel zu MM > metrische Angabe
- Vermeidung negativer Abszissenwerte auf Südhalbkugel durch Verschiebung des Koordinatenursprungs auf Südpol (Zuschlag 10.000 km)
- z.B. H 559353 = 5593,53 km nördl. Äquator



### Y-Wert: **Ostwert**

- Abstand Punkt P vom MM, parallel zu Äquator
- Vermeidung negativer Ordinatenwerte durch Verschiebung Koordinatenursprung (MM) um 500 km
- Beispiel: 32U 355584 = 32: Zone (MM 9° E); U: Band; 3: MM, 5: Zuschlag (östl. MM), Lage: 55,84 km östl. MM



Fragen? Kritik? Anregungen?

Kontakt: [gislehre@uni-potsdam.de](mailto:gislehre@uni-potsdam.de)

Folien und Skripte zur Lehrveranstaltung:  
<http://www.geographie.uni-potsdam.de>

Autor: Hartmut Asche | IfG 2012

© asche·ifg·uni-potsdam 2012