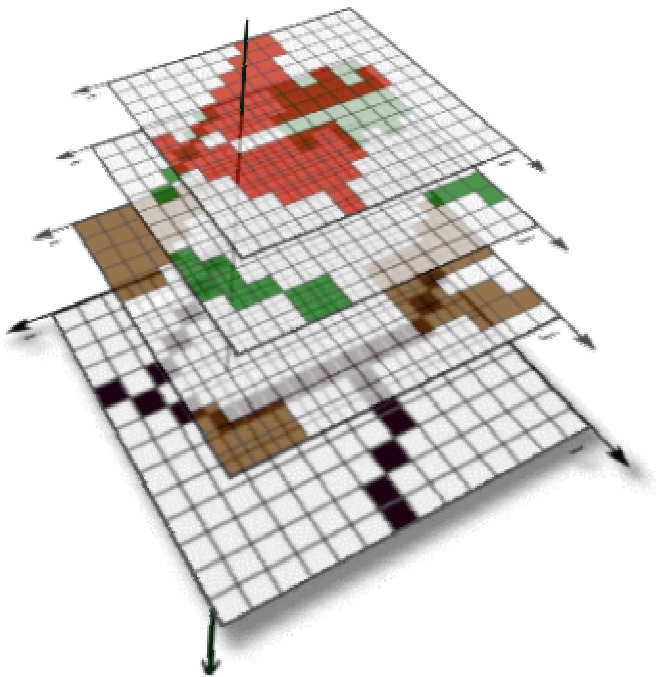


# GIS

methodische und technische Grundlagen  
Vorlesung / 266.772



Arbeitsunterlagen SoSe 04  
Einheit 3 – Georeferenzierung



**Inst. für Stadt- und Regionalforschung**

Robert Kalasek  
Vers.04

**INHALT****EINHEIT 3 - GEOREFERENZIERUNG**

|   |          |
|---|----------|
|   | <b>4</b> |
| <b>3.1 Grundlagen</b>                     | <b>4</b> |
| <b>3.2 Koordinatensysteme</b>             | <b>5</b> |
| 3.2.1 Dreidimensionale Koordinatensysteme | 5        |
| 3.2.2 Zweidimensionale Koordinatensysteme | 8        |
| <b>3.3 Kartenprojektionen</b>             | <b>9</b> |
| 3.3.1 Referenzflächen                     | 10       |
| 3.3.2 Kartographische Abbildungen         | 11       |
| 3.3.3 Geodätische Abbildungen             | 12       |

**ABBILDUNGEN**

|  |    |
|--|----|
| <b>Abb. 1:</b> Von der Erdoberfläche zum geodätischen Datum .....                  | 5  |
| <b>Abb. 2:</b> Geoidmodell – Ellipsoidmodell – Physische Erdoberfläche .....       | 6  |
| <b>Abb. 3:</b> Geoid Height.....   | 6  |
| <b>Abb. 4:</b> Referenzmodelle - Kugel / Ellipsoid.....                            | 6  |
| <b>Abb. 5:</b> Geographische Koordinaten .....                                     | 6  |
| <b>Abb. 6:</b> Geodetic Latitude, Longitude, and Height .....                      | 7  |
| <b>Abb. 7:</b> Earth Centered, Earth Fixed (ECEF) Cartesian coordinates .....      | 7  |
| <b>Abb. 8:</b> Punktkoordinaten und Metrik im kartesischen Koordinatensystem ..... | 8  |
| <b>Abb. 9:</b> Polarkoordinaten.....   | 9  |
| <b>Abb. 10:</b> Vom geodätischen Datum zu 2D-Lagekoordinaten .....                 | 9  |
| <b>Abb. 11:</b> Kartenprojektion – Das Verebnungsproblem.....                      | 10 |
| <b>Abb. 12:</b> Projektionsgrundtypen – Azimuthal, Zylinder, Kegel .....           | 11 |
| <b>Abb. 13:</b> Mercator Projektion.....   | 11 |
| <b>Abb. 14:</b> Projektionen der Verwaltungsgrenzen von Europa .....               | 12 |
| <b>Abb. 15:</b> Universal Transverse Mercator – Koordinatensystem.....             | 12 |

## Vorbemerkungen zu den Arbeitsunterlagen:

- die Unterlagen enthalten grundsätzliche Informationen zum Thema und sind gleichzeitig Leitfaden für die Vorlesung - sie sollen allen VorlesungsbesucherInnen als Arbeitspapier dienen und allen übrigen als Lernhilfe
- auf die Arbeitsunterlagen WS 98/99 kann über die Instituts-Homepage zugegriffen werden (Dateiformat: Acrobat Reader - \*.pdf), außerdem sind sie als Papierversion im Sekretariat spätestens ab Do. vor der Vorlesung erhältlich
- die Unterlagen können für den Studienegebrauch vervielfältigt werden
- bei Verwendung für andere Zwecke bitte „sauber zitieren“
- die Abbildungen sind Pixelgrafiken (d.h. gerastert) und daher teilweise etwas „unscharf“. Da in Zukunft die Arbeitsunterlagen über WWW zugänglich sein sollen, konnte kein anderes Format gewählt werden - Sorry (!)

© Dipl.-Ing. Robert Kalasek / 2004

## Einheit 3 - Georeferenzierung

### 3.1 Grundlagen

Im Alltag werden ständig Begriffe verwendet, welche die Position von Objekten mehr oder weniger konkret beschreiben. Häufig wird dabei auf gemeinsame Erfahrungen von Personen/Gruppen zurückgegriffen - etwa in der Formulierung: "dort, wo wir letzten Sommer ..." - die für Außenstehende grundsätzlich nicht nachvollziehbar sind.

Aber auch Begriffe, wie "in der Nähe ...", "neben ...", "bei ..." und dgl., die von den meisten Menschen als allgemein verständlich aufgefaßt werden, sind formal betrachtet ziemlich unspezifisch.

In allen Fällen zwischenmenschlicher Kommunikation (bei der es um Ortsangaben geht), beruht eine erfolgreiche Lagebeschreibung auf einem **System**, das sämtlichen Beteiligten bekannt ist - d.h. auf das sich alle (tatsächlich oder vermeintlich) **beziehen**.

Derartige Informationen müssen, um edv-gestützt verarbeitet werden zu können, in ein weit konkreteres System eingebettet sein, das ihre **eindeutige** Beschreibung hinsichtlich **Lage**, **Form** und **Lagebeziehungen** ermöglicht – das **Raumbezugssystem**.

Das Raumbezugssystem ist meist ein **Koordinatensystem** in dem jeder Punkt des Raumes durch 2 (oder 3) Koordinaten bestimmt ist. Es kann aber auch ein adressenbasiertes System sein, in dem z.B. jedes Haus einer Adresse zugeordnet ist, diese wiederum einem Straßenabschnitt, der Straßenabschnitt einer Straße, etc. Werden geometrische Beschreibungen der Objekte verwendet, müssen auch in diesem Konzept letztlich Punkte und Linien über Koordinaten beschrieben werden.

Raumbezug - Beispiele:

- |  |   |
|--|---|
| - in der Nähe des Karlsplatzes                             | kein eindeutiger Raumbezug                                |
| - in der Karlsgasse 13                                     | eindeutiger Raumbezug keine unmittelbare Metrik ableitbar |
| - RW 717555 / HW 320655 – Kaumberg / NÖ in BMN-Koordinaten | eindeutiger Raumbezug / Metrik                            |

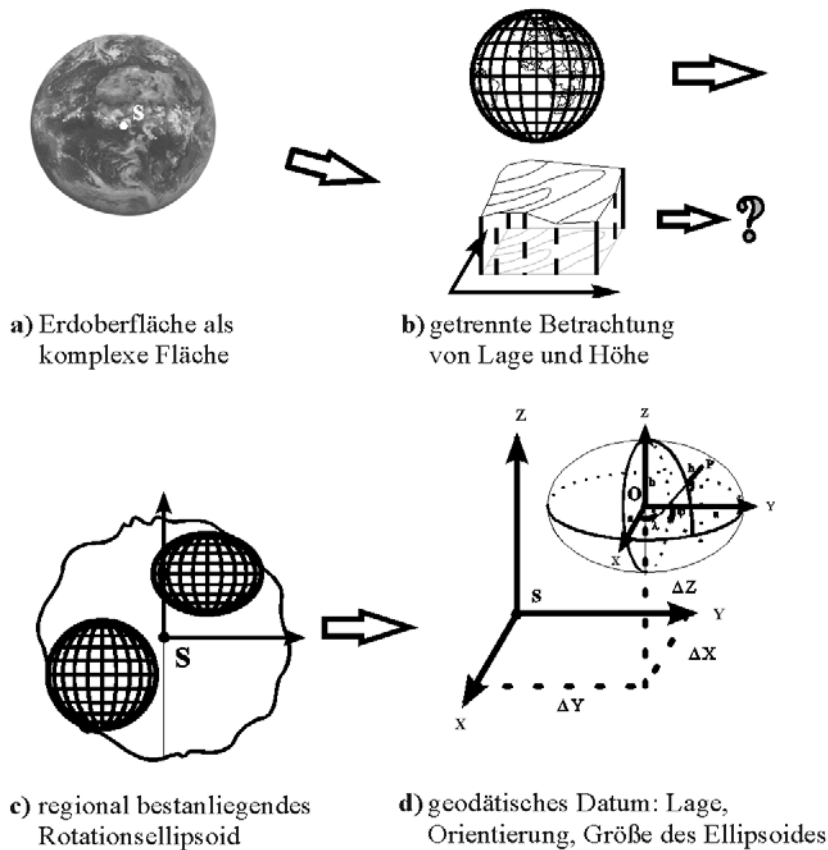
Ein „GIS-taugliches“ Raumbezugssystem muß folgende **Bedingungen** erfüllen:

- **eindeutiger Raumbezug** muß herstellbar sein  $\Rightarrow$  Objekte mit **gleichem Raumbezug** sind **ident**; Objekte mit unterschiedlichem Raumbezug unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lage
- eine **Metrik** muß definiert sein, um **Distanzen** zwischen Geoobjekten quantitativ beschreiben zu können

**Metrik** = Abstandsfunktion  $d(P,Q)$  zweier Punkte P und Q, wobei gilt

- $d(P,Q) = 0 \leftrightarrow P = Q$
- $d(P,Q) > 0 \leftrightarrow P \neq Q$
- $d(P,Q) = d(Q,P)$
- $d(P,Q) \leq d(P,T) + d(T,Q)$  [der direkte Weg ist der Kürzeste]

## 3.2 Koordinatensysteme



**Abb. 1:** Von der Erdoberfläche zum geodätischen Datum

Quelle: [Voser, WWW, 1999 / [http://www.ispa.uni-vechta.de/staff/voser/public/esri96\\_2.gif](http://www.ispa.uni-vechta.de/staff/voser/public/esri96_2.gif) ]

### 3.2.1 Dreidimensionale Koordinatensysteme

Die Erde ist ein 3-dimensionales Objekt  $\Rightarrow$  zur Beschreibung der Position von Punkten auf deren Oberfläche werden 3 Koordinaten benötigt. Es bestehen grundsätzlich 2 Ansätze:

**geographische** Koordinaten    Längen- / Breitengrade + Höhe über dem Referenzmodell (Kugel/Ellipse/Geoid)

**kartesische** (3D) Koordinaten    X, Y und Z Koordinaten, ausgehend von der Äquatorialebene und dem Referenzmodell (Kugel / Ellipse / Geoid)

#### Problem:

Erde ist ein **unregelmäßiges dreidimensionales Gebilde!**

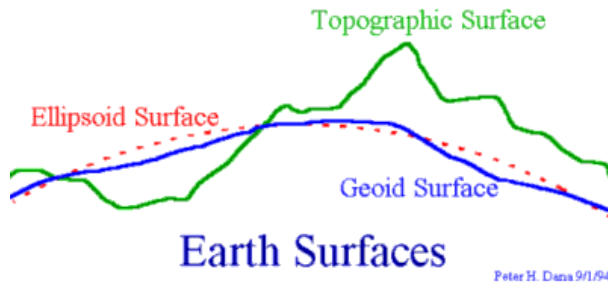
Geophysikalisches **Modell** der Erde: **Geoid**.

Tangenten an ein Geoid schließen in jedem Punkt einen rechten Winkel mit der Lotrechten (der Verbindung zum Mittelpunkt des Geoids) ein.

Das Geoid ist als Äquipotentialfläche der Schwere definiert und besitzt daher aufgrund der unterschiedlichen Dichte/Masseverhältnisse der Erde eine „flach-wellige“, gekrümmte Oberfläche („erdapfelförmig“).

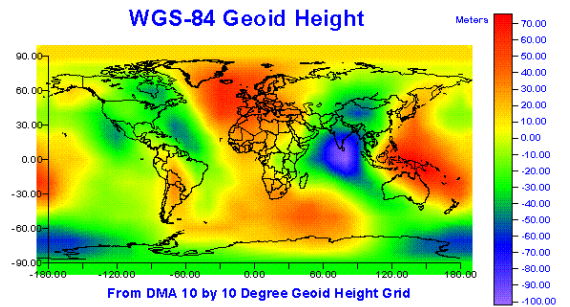
Geoidform: regionale Ausprägung abhängig von **Zentrifugalkraft** und **Gravitation (Massen-, Dichteverhältnisse)**

z.B.: Sri Lanka –150m, Österreich ca.+40m



**Abb. 2:** Geoidmodell – Ellipsoidmodell –  
Physische Erdoberfläche

Quelle: [Dana, WWW, 1999 /  
<http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum/datum.html>]



**Abb. 3:** Geoid Height

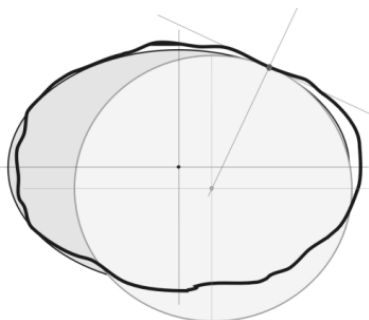
Quelle: [Dana, WWW, 1999 /  
<http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum/datum.html>]

**Annäherungen an die Geoidform**

Geoidform ist für praktischen Gebrauch ein eher unhandliches Modell (!) ⇒ soweit möglich wird Kugel bzw. Ellipsoid als Annäherungen verwendet.

zur **regional bestmöglichen** Abbildung der Geoidform müssen **regional unterschiedliche Ellipsoide** (hinsichtl. der Dimension der Ellipsoid-Halbachsen a und b) als **Referenzmodelle** verwendet werden.

Näherungsellipsoide sind für die Positionsbestimmung (2D) ausreichend, für Höhenbestimmung ist nur tatsächliche Geoidform interessant.



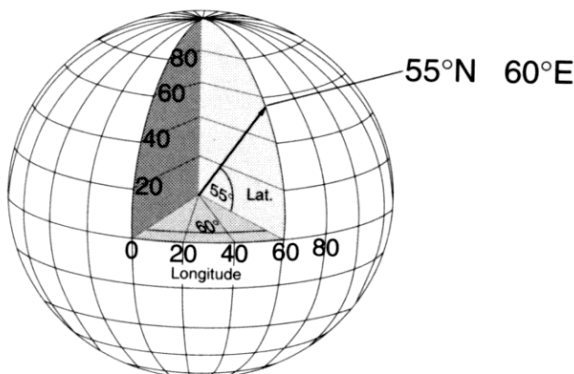
**Abb. 4:** Referenzmodelle -  
Kugel / Ellipsoid

**Referenzellipsoide**

| Bezeichnung   | a (in m) | b (in m) | Einsatzbereich                  |
|---------------|----------|----------|---------------------------------|
| Bessel        | 6377397  | 6356078  | Mitteleuropa, Chile, Indonesien |
| Clarke (1866) | 6378206  | 6356583  | Nordamerika, Philippinen        |
| Clarke (1880) | 6378249  | 6356514  | Frankreich, Afrika              |
| WGS84         | 6378137  | 6356752  | Weltweit (GPS)                  |
| Karovsky      | 6378245  | 6356863  | Rußland, Osteuropa              |

Quelle: [ESRI-M, 1994]

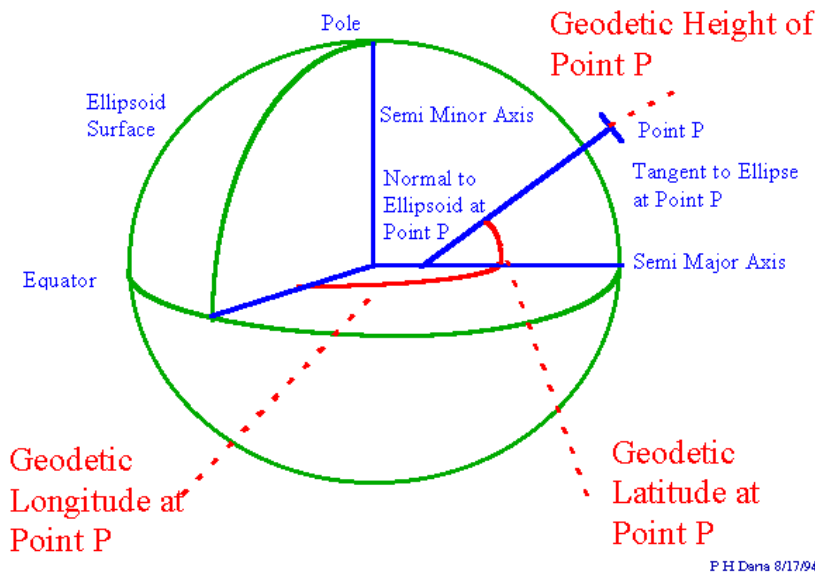
**geographisches Koordinatensystem**



**Abb. 5:** Geographische Koordinaten

Quelle: [ESRI-M, 1994; S. 2-8]

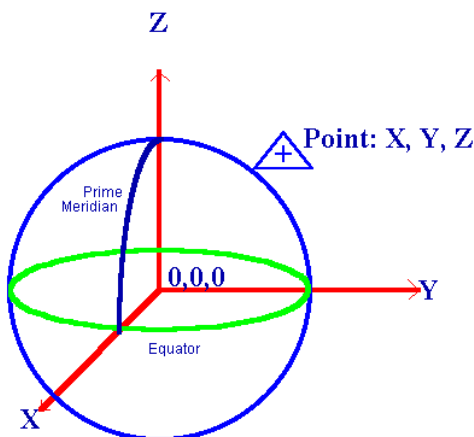
|                     |   |
|---------------------|---|
| Koordinatenursprung | Erdschwerpunkt  |
| Lagebeschreibung    | $\phi$ geogr. Länge (engl.: longitude)<br>$\lambda$ geogr. Breite (engl.: latitude)<br>h Höhe über der Referenzoberfläche   |
| Begriffe            | $\phi$ -Linien geodätische Meridiane<br>$\lambda$ -Linien geodätische Parallelkreise<br>h-Linie entlang der Ellipsoidnormalen   |
|                     | - <b>Großkreise</b> - d.h. konstanter Radius - Meridiane und Äquator<br>- <b>Kleinkreise</b> - d.h. Radius nimmt zu den Polen ab – Parallelkreise entlang der geogr. Breite |



**Abb. 6:** Geodetic Latitude, Longitude, and Height

Quelle: [Dana, WWW, 1999 / <http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum/datum.html>]

**kartesisches 3D-Koordinatensystem**



Koordinatenursprung:

- Erdschwerpunkt
- Y,Y-Ebene = Äquatorialebene

Lagebeschreibung:

- X-Koordinate
- Y-Koordinate
- Z-Koordinate

**Abb. 7:** Earth Centered, Earth Fixed (ECEF)

Cartesian coordinates

Quelle: [Dana, WWW, 1999 / <http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum/datum.html>]

## Eigenschaften und Anwendung

von geographischen und kartesischen 3D-Koordinaten

- geographisches Koordinatensystem ist **krummlinig** (sphärisch/ellipsoide Koordinaten)
- 3D-Koordinaten dienen als **Referenzpositionen** für Kartenprojektionen (=ebenen Abbildungen).
- Anwendung für GPS (Global Positioning System) und globales kartesisches 3D-Koordinatensystem (WGS 84).

### 3.2.2 Zweidimensionale Koordinatensysteme

- Anwendung v.a. bei mittleren und größeren Maßstäben
- Voraussetzung: Transformation der sphärischen/ellipsoiden Koordinaten in die Ebene = **Projektion** (siehe Kapitel 3.3)

#### Kartesisches Koordinatensystem

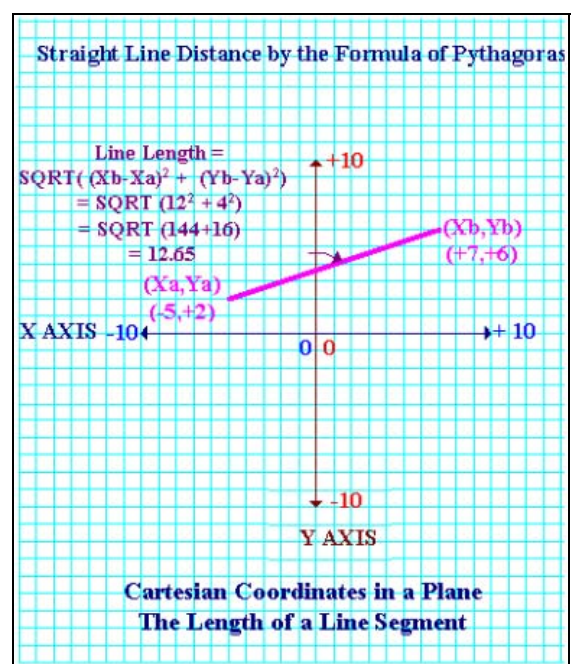
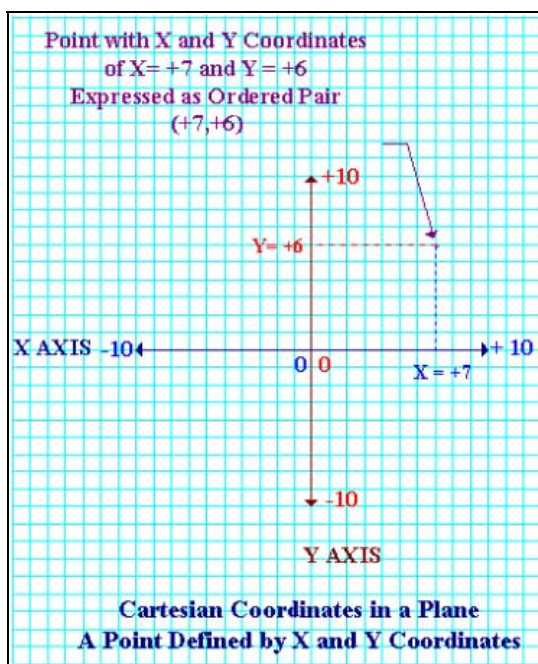
besteht aus **rechtwinkligen Zahlengeraden** (Koordinatenachsen), die sich in ihrem Ursprung schneiden und **gleiche Maßeinheiten** besitzen.

vgl. [Streit, WWW, 1999 / <http://ifgi.uni-muenster.de/vorlesungen/geoinformatik/index.html>]

**Punkt:** eindeutig festgelegt durch Koordinatenpaar,  $P(x,y)$

**Metrik:** wesentliche Forderung an Koordinatensystem → Messen von Distanzen

Zahlengeraden mit gemeinsamem Ursprung und gleicher Maßeinheit = Grundlage für Metrik

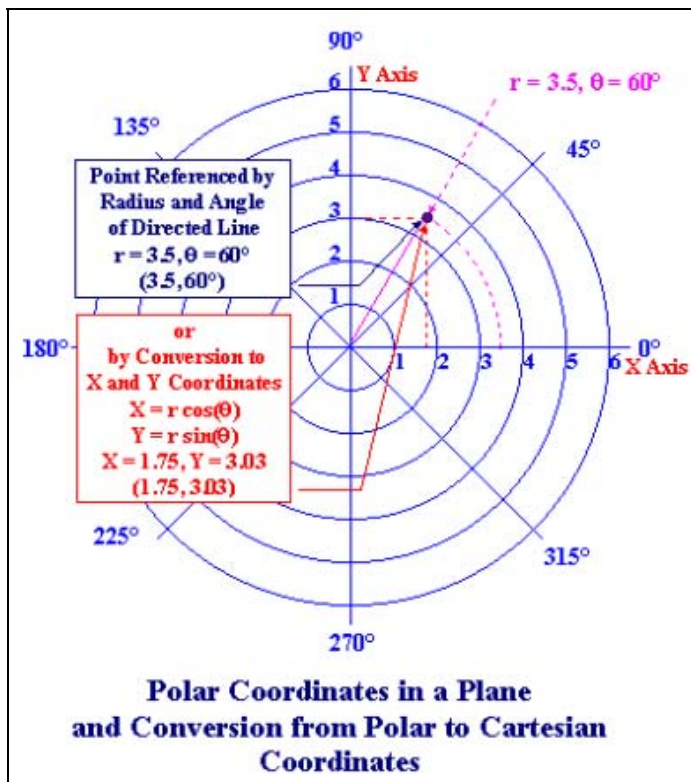


**Abb. 8:** Punktkoordinaten und Metrik im kartesischen Koordinatensystem

Quelle: [Dana, WWW, 1999 / <http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum/datum.html>]

#### Polarkoordinatensystem

Punkt: eindeutig festgelegt durch Winkel und Strecke,  $P(t,s)$



**Abb. 9:** Polarkoordinaten

Quelle: [Dana, WWW, 1999 / <http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum/datum.html>]

**mathematisches ↔ geodätisches Koordinatensystem**

karthesische Koordinaten in der Mathematik

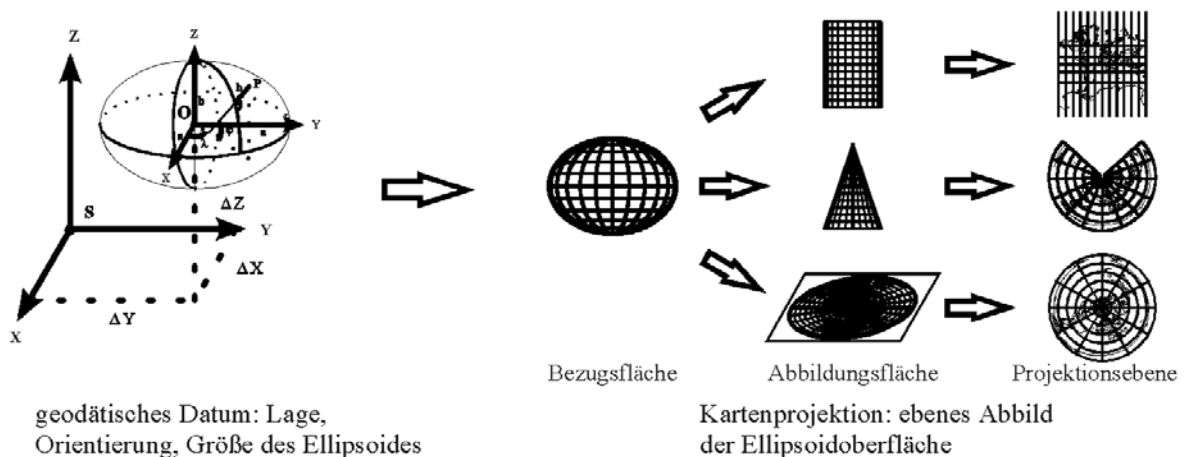
- Abszissenachse: X-Achse
- Ordinatenachse: Y-Achse

geodätisches Koordinatensystem

- Ordinatenachse: Hochwert = X-Achse / Richtung Norden
- Abszissenachse: Rechtswert = Y-Achse / Richtung Osten

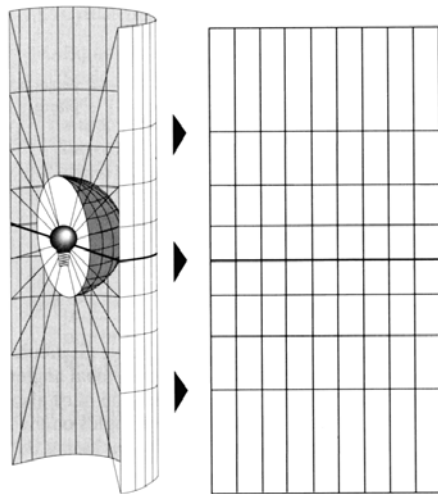
**3.3 Kartenprojektionen**

Phänomene auf / unter / über der Erdoberfläche müssen auf die Erdoberfläche bezogen exakt verortbar sein.



**Abb. 10:** Vom geodätischen Datum zu 2D-Lagekoordinaten

Quelle: [Voser, WWW, 1999 / [http://www.ispa.uni-vechta.de/staff/voser/public/esri96\\_2.gif](http://www.ispa.uni-vechta.de/staff/voser/public/esri96_2.gif)]



**Abb. 11:** Kartenprojektion – Das Verebnungsproblem

Quelle: [ESRI-M]

### Kartenprojektion

Ausgangspunkt: **3D-Koordinaten** in Lat/Long/H oder X/Y/Z

Ziel: **ebene Abbildung** der Oberfläche:

- **kartographische** Abbildungen (v.a. für kleine Maßstäbe),
- **gedoätische** Abbildungen (v.a. für mittlere und größere Maßstäbe)

Notwendig: **Projektion**. d.h. über **Abbildungsgleichungen** werden Lat/Long bzw. X,Y-(3D-)Koordinaten in 2D-Koordinaten **transformiert**

Grundproblem: gekrümmte Fläche kann **nicht verzerrungsfrei** in die Ebene abgebildet werden (z.B. Orangenschale!)  $\Rightarrow$  das ebene Abbild einer gekrümmten Oberfläche ist **nicht gleichzeitig**

- längentreu,
- winkeltreu und
- flächentreu.

#### **längentreu**

**Abstände** zwischen Punkten werden **unverzerrt** dargestellt  $\Rightarrow$  konstanter Maßstab über die gesamte Abbildung. Bei den meisten Projektionen ist Längentreue auf Punkte entlang unverzerrter (=längentreuer) Linien beschränkt.

#### **winkeltreu (=konform)**

formbewahrende Abbildung; d.h. gleiche Längsverzerrung in beide Richtungen.

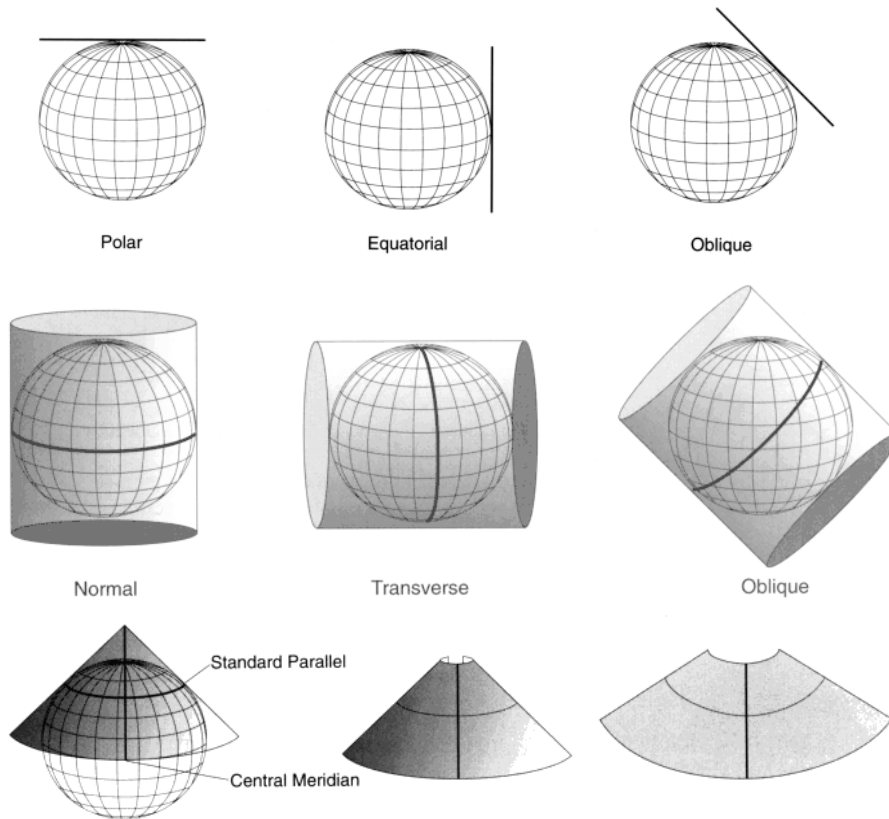
In großmaßstäbigen Abbildungen üblicherweise die geforderte Eigenschaft.

#### **flächentreu**

flächenbewahrende Abbildung  $\Rightarrow$  Form, Winkel und Maßstab werden verändert. Längen- und Breitenkreise schneiden einander z.B. nicht unter  $90^\circ$ .

### 3.3.1 Referenzflächen

Projektionsgrundtypen zur näherungsweise Abbildung der Ellipsoidoberfläche – Unterscheidung nach Referenzflächen – Ebene (Azimuthal), Zylinder, Kegel

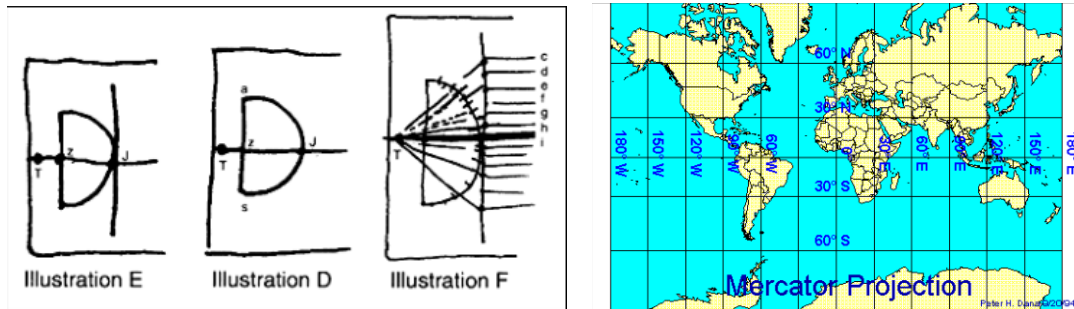


**Abb. 12:** Projektionsgrundtypen – Azimuthal, Zylinder, Kegel  
 Quelle: [ESRI-M]

**3.3.2 Kartographische Abbildungen**

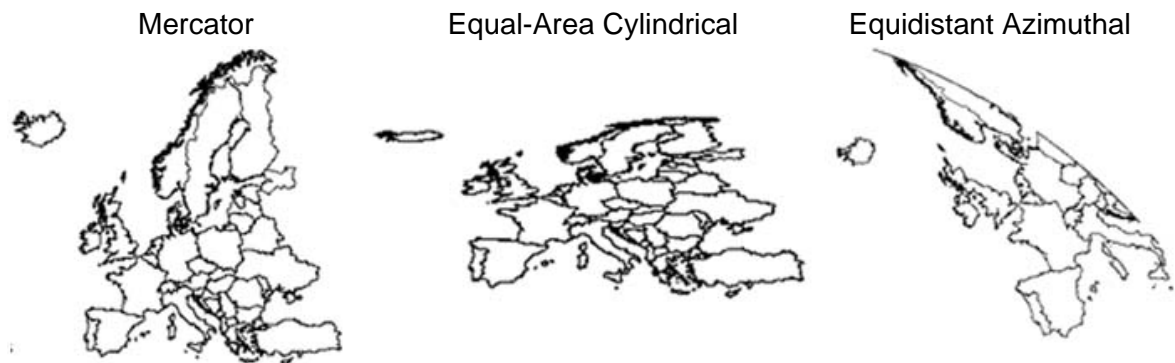
- Anwendung: kleine Maßstäbe
- Merkmal: Abbildung der geographischen Koordinaten (Lat/Long)

Beispiel Mercator:



**Abb. 13:** Mercator Projektion

Quelle: [USGS - Learning the Web / Exploring Maps , WWW, 1999,  
<http://www.usgs.gov/education/learnweb/MpLesson2Act1.html> <http://everest.hunter.cuny.edu/mp/cylind.html>]



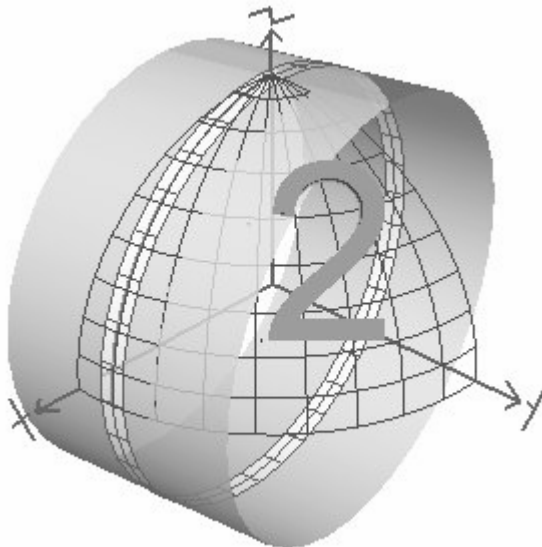
**Abb. 14:** Projektionen der Verwaltungsgrenzen von Europa  
Quelle: [(Daten: ESRI Data&Maps)]

### 3.3.3 Geodätische Abbildungen

|            |  |
|------------|--|
| Anwendung: | mittlere und große Maßstäbe  |
| Merkmale:  | Abbildung von geodätischen Koordinaten (= System rechtwinkliger Koordinaten auf der Kugel/Ellipse) auf der Grundlage eines exakt definierten Ellipsoidmodelles |
| Ziel:      | numerische Fixierung der Koordinaten in ebenem und rechtwinkligem Koordinatensystem  |

#### Gauß-Krüger-Koordinatensystem

vgl. Einführung in die Kartographie, Inst. f. Kartographie/TU Wien, VO



**Abb. 15:** Universal Transverse Mercator – Koordinatensystem

#### GK-Koordinatensystem - Merkmale

- transversale, winkeltreue Zylinderprojektion
- Radius-Zylinder = Radius-Erde
- Projektion jeweils für 3° breite Streifen um einen **Hauptmeridian**
- Hauptmeridian = Berührungskreis
- entlang des Hauptmeridians längentreu, mit zunehmender Entfernung zunehmende Verzerrung
- Gaus-Krüger-Koordinaten: rechtwinklig, Abszisse (X-Achse) nach Norden, Ordinate (Y-Achse) nach Osten
- Abszissenwert = Hochwert

- Ordinatenwert = Rechtswert

GK-Koordinatensystem in Österreich Grundlage des **Bundesmeldenetzes**

### **Universal Transvers Merkator - UTM-Koordinatensystem**

- transversale, winkeltreue Zylinderprojektion
- Radius-Zylinder < Radius-Erde  $\Rightarrow$  2 Schnittmeridiane
- Projektion jeweils für 6° breite Streifen
- entlang der Schnittmeridiane längentreu, mit zunehmender Entfernung zunehmende Verzerrung
- UTM-Koordinaten: rechtwinklig, Abszisse (X-Achse) nach Norden, Ordinate (Y-Achse) nach Osten
- zwischen 84°Nord und 80° Süd definiert  $\Rightarrow$  international verwendet

### **Ergänzende Literatur – Einheit 3**

[Bill, 1996; S.5ff., S.195ff.]; [Chou, 1996]; [ESRI-M, 1994]; [Laurini Thompson, 1992]; [Maguire, 1991; S.136ff.]