



Stadt Wuppertal

# Koordinatentransformationen mit deegree2

Konfiguration und kommunale  
Anwendungsfälle

Dipl.-Ing. Stefan Sander



Ressort Vermessung,  
Katasteramt und Geodaten

# Gliederung

- Motivation
  - ✓ Wozu ein eigenständiges Transformationsmodul innerhalb von deegree?
- im Wechsel
  - ✓ Was passiert fachlich bei Koordinatentransformationen?
  - ✓ Wie konfiguriert man das Transformationsmodul?
  - ✓ Wie sehen die Ergebnisse für Wuppertal aus?

# Motivation: Ausgangslage in NRW /1

- Katasterbehörden müssen das Lagebezugssystem für die amtlichen Geobasisdaten umstellen
  - ✓ Liegenschaftskataster (ALK, zukünftig ALKIS)
  - ✓ Digitale Grundkarte
- Altsystem
  - ✓ Datum: „Deutsches Hauptdreiecksnetz (DHDN)“
  - ✓ Abbildungsvorschrift: Gauß-Krüger-Verfahren (GK)
- Neues System
  - ✓ Datum: European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)
  - ✓ Abbildungsvorschrift: Universale Transversale Mercatorprojektion (UTM)

# Motivation: Ausgangslage in NRW /2

- Termine
  - ✓ 01.01.2009 (ALK Punktdatei)
  - ✓ 01.01.2010 (ALK Grundrissnachweis)
- Problem in Wuppertal
  - ✓ umfangreiche kommunale Geofachdaten im Altsystem DHDN/GK!
    - Umstellung auf ETRS89/UTM wird einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen
  - ✓ externe Nutzer der Basisdaten werden voraussichtlich noch sehr lange Daten in DHDN/GK wünschen

# Lösungsidee /1

- Bereitstellung der benötigten Transformationen innerhalb der Wuppertaler Geodateninfrastruktur (GDI-W)
  - ✓ als Modul innerhalb von deegree2
  - ✓ anwendbar für Vektordaten, Rasterdaten und Remote WMS Layer
  - ✓ nutzbar für Visualisierung (WMS) und Datenanforderung / Download (WFS)
  - ✓ vollständig für lokale Gegebenheiten konfigurierbar
    - Qualitätsgarantie für Transformationsergebnisse!

## Lösungsidee /2

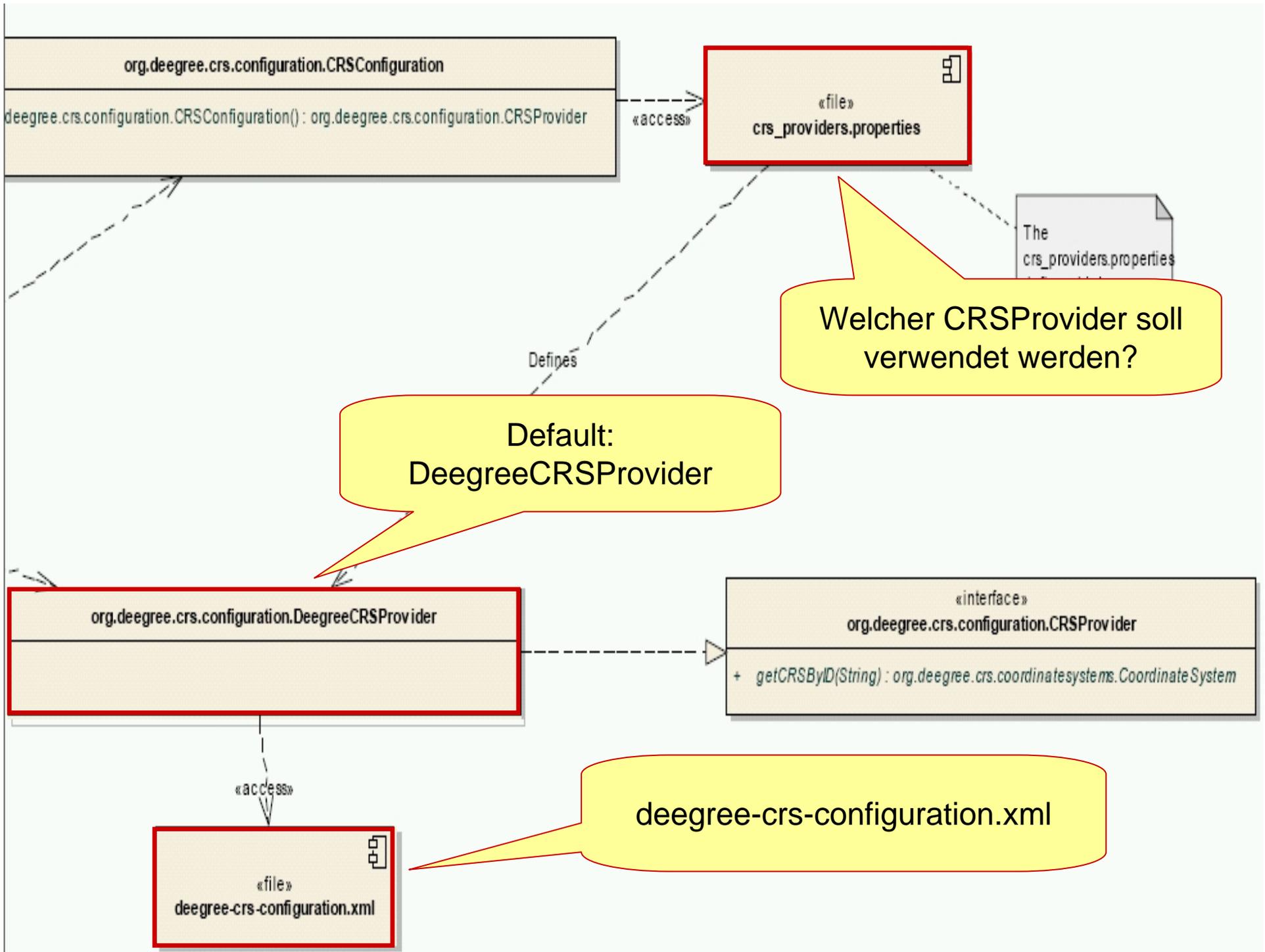
- erwarteter Effekt
  - ✓ Interoperabilität von Geodaten im Alt- und im Neusystem
    - Zeitfenster für Transformation der Geofachdaten wird vergrößert
    - evtl. kann auf die Transformation von Fachdaten verzichtet werden!
  - ✓ dauerhafte Kundenorientierung
    - Wuppertaler Dienste werden alle von den Nutzern nachgefragten Bezugssysteme unterstützen!

# proj.4 als Transformationsmodul?

- softwaretechnische Probleme
  - ✓ proj.4 ist in C programmiert → Integration in Java-Projekt deegree ist problematisch
    - Restriktionen im JNI
- fachliche Probleme
  - ✓ Reihenfolge der Achsen in Koordinatensystemen ist nicht konfigurierbar
  - ✓ nicht konfigurierbare Elemente (Festlegung im Quellcode)
    - Transformationsmodelle
    - Projektionsalgorithmen

# Architektur des Transformationsmoduls /1

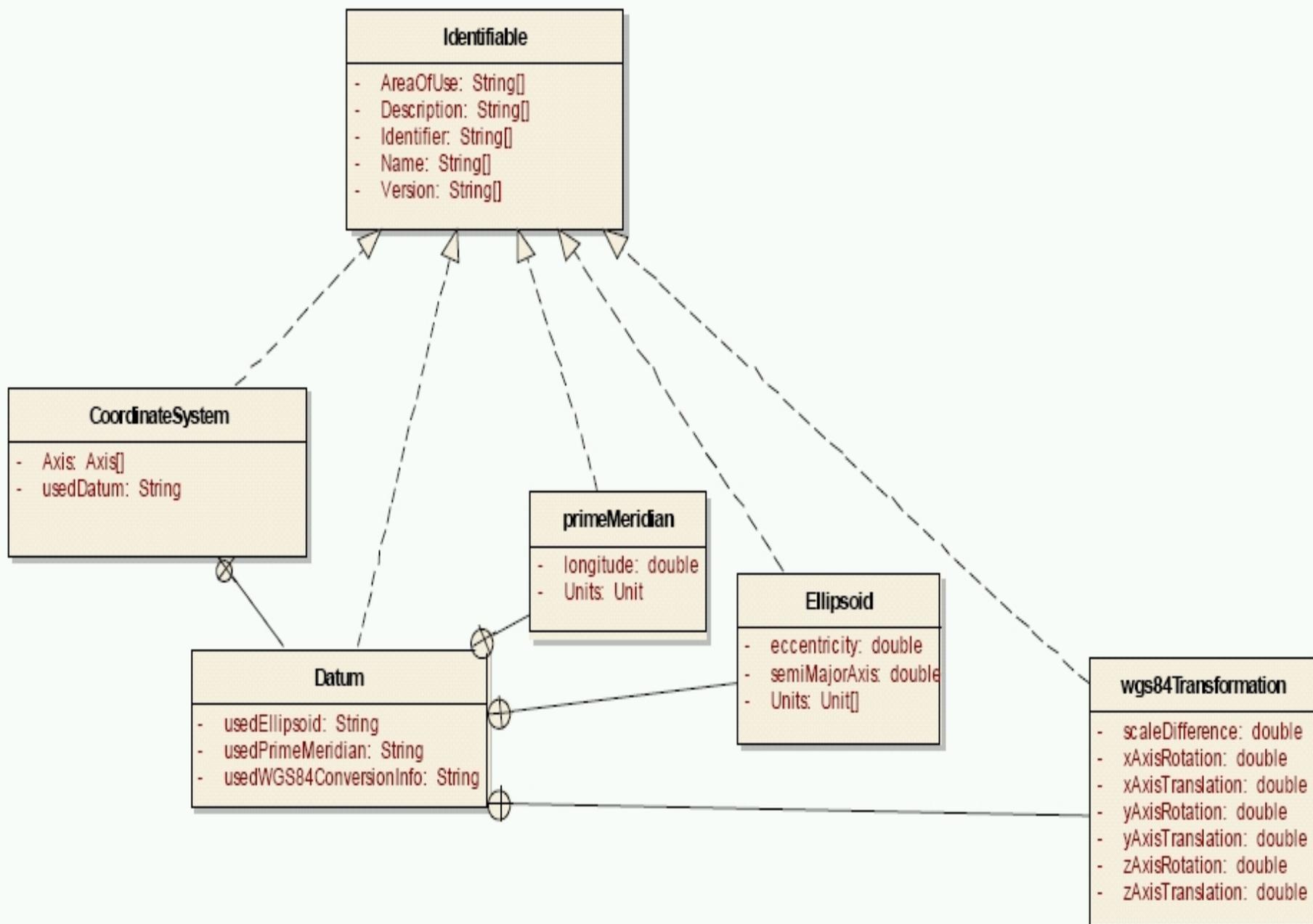
- neu entwickelte XML-Datenstruktur zur Beschreibung der Bezugssysteme und Abbildungsvorschriften
  - ✓ `deegree-crs-configuration.xml`
    - redundanzfrei
    - kein unnötiger Ballast
- Klasse **DeegreeCRSProvider** erzeugt die benötigten Bezugssystem- und Transformationsobjekte aus der XML-Datei
- offene Architektur
  - ✓ Nutzung anderer Dateiformate mit Bezugssystemkatalogen
    - ➔ Implementierung eines spezialisierten CRSProviders
  - ✓ **PROJ4CRSProvider** ist bereits implementiert!



# Struktur der XML-Datei /1

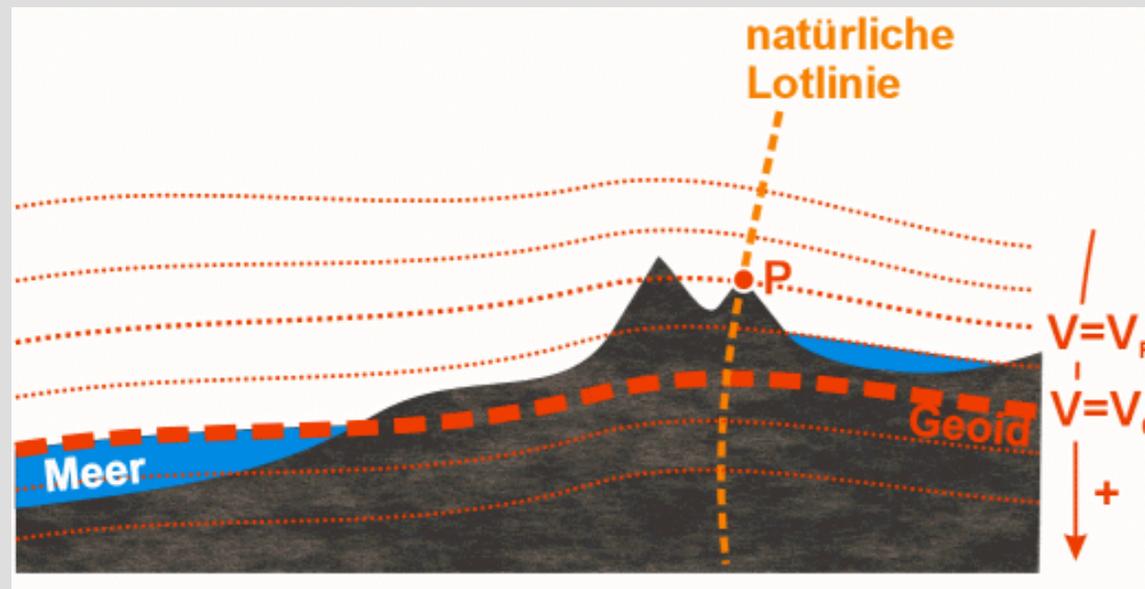
- Alle Elemente erben vom abstrakten Typ **Identifiable**
  - ✓ 1.. n Identifier
  - ✓ weitere beschreibende Elemente
- Verknüpfungen / Referenzierungen innerhalb der XML-Datei werden durch Angabe eines beliebigen Identifiers hergestellt
  - ✓ Existenz und Eindeutigkeit der Identifier müssen vom Administrator der XML-Datei sichergestellt werden!

class configuration



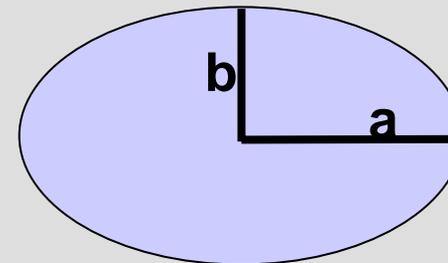
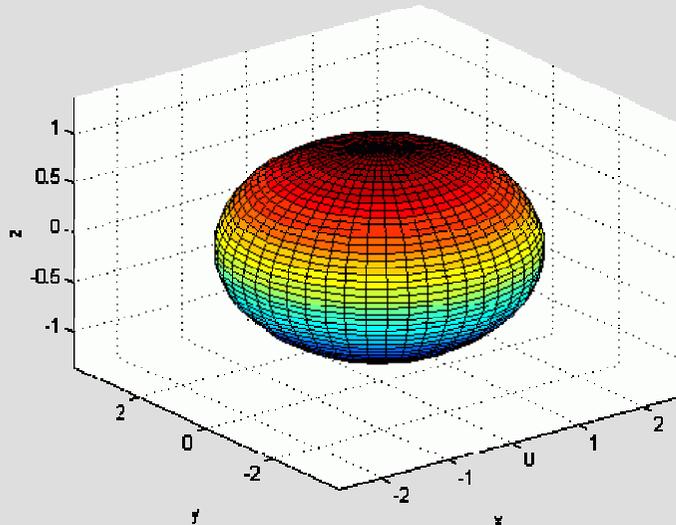
# Geoid und Ellipsoid /1

- **Geoid:** physikalisch definiertes Erdmodell
  - ✓ Niveaulfläche des Erdschwerefeldes (Äquipotenzialfläche)
    - Denkmodell: unter den Kontinenten fortgesetzt gedachter mittlerer Meeresspiegel



# Geoid und Ellipsoid /2

- **Ellipsoid:** bestmögliches Erdmodell auf Basis eines geometrischen Regelkörpers
  - ✓ mathematisch beherrschbar
    - Formeln für die Durchführung von geometrischen Berechnungen auf der Oberfläche des Körpers
  - ✓ geeignet für Navigationsaufgaben und als Bezugsfläche für Lagemessungen („Lagebezugssystem“)



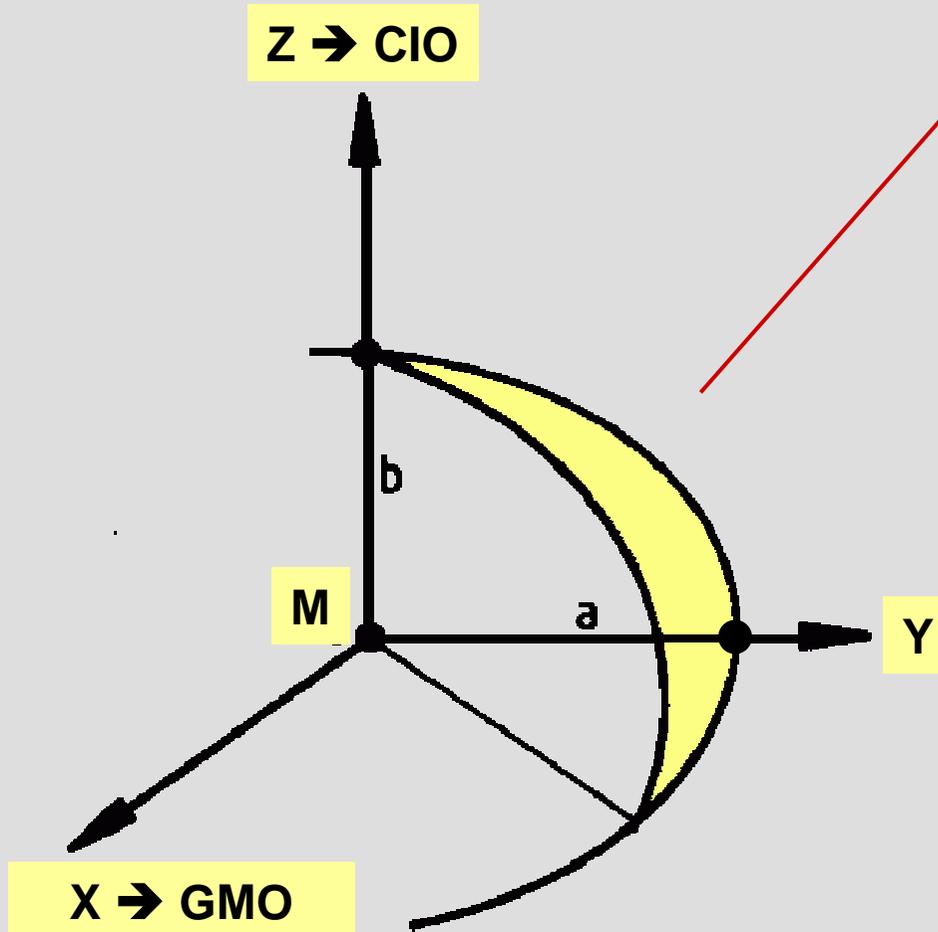
# XML-Datei: Ellipsoide

```
<crs:ellipsoid>
  <crs:id>EPSG:7004</crs:id>
  <crs:id>URN:OGC:DEF:CRS:EPSG:7004</crs:id>
  <crs:id>HTTP://WWW.OPENGIS.ORG/CRS/DEF/CRS:EPSG:7004</crs:id>
  <crs:id>URN:OPENGIS:DEF:CRS:EPSG:7004</crs:id>
  <crs:name>Bessel 1841</crs:name>
  <crs:semiMajorAxis>6377397.155</crs:semiMajorAxis>
  <crs:inverseFlattening>299.1528128</crs:inverseFlattening>
  <crs:units>metre</crs:units>
</crs:ellipsoid>
<crs:ellipsoid>
<crs:ellipsoid>
  <crs:id>EPSG:7030</crs:id>
  <crs:name>WGS84_Ellipsoid</crs:name>
  <crs:semiMajorAxis>6378137.0</crs:semiMajorAxis>
  <crs:inverseFlattening>298.257223563</crs:inverseFlattening>
  <crs:units>metre</crs:units>
</crs:ellipsoid>
```

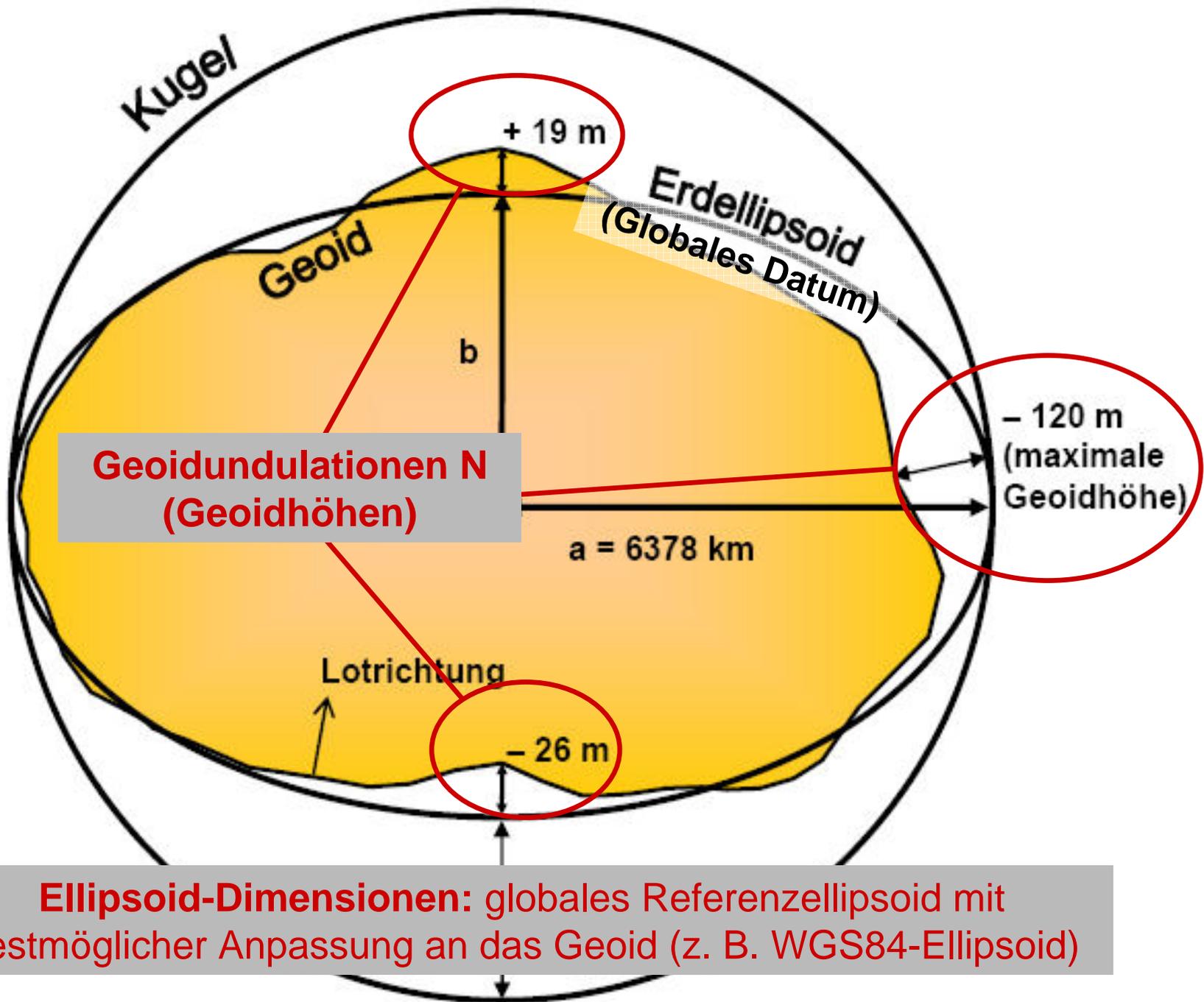
Konventionelles Ellipsoid  
(kein akzeptables Modell für  
die ganze Erde)

Globales Referenzellipsoid  
(praktisch identisch mit  
GRS80-Ellipsoid)

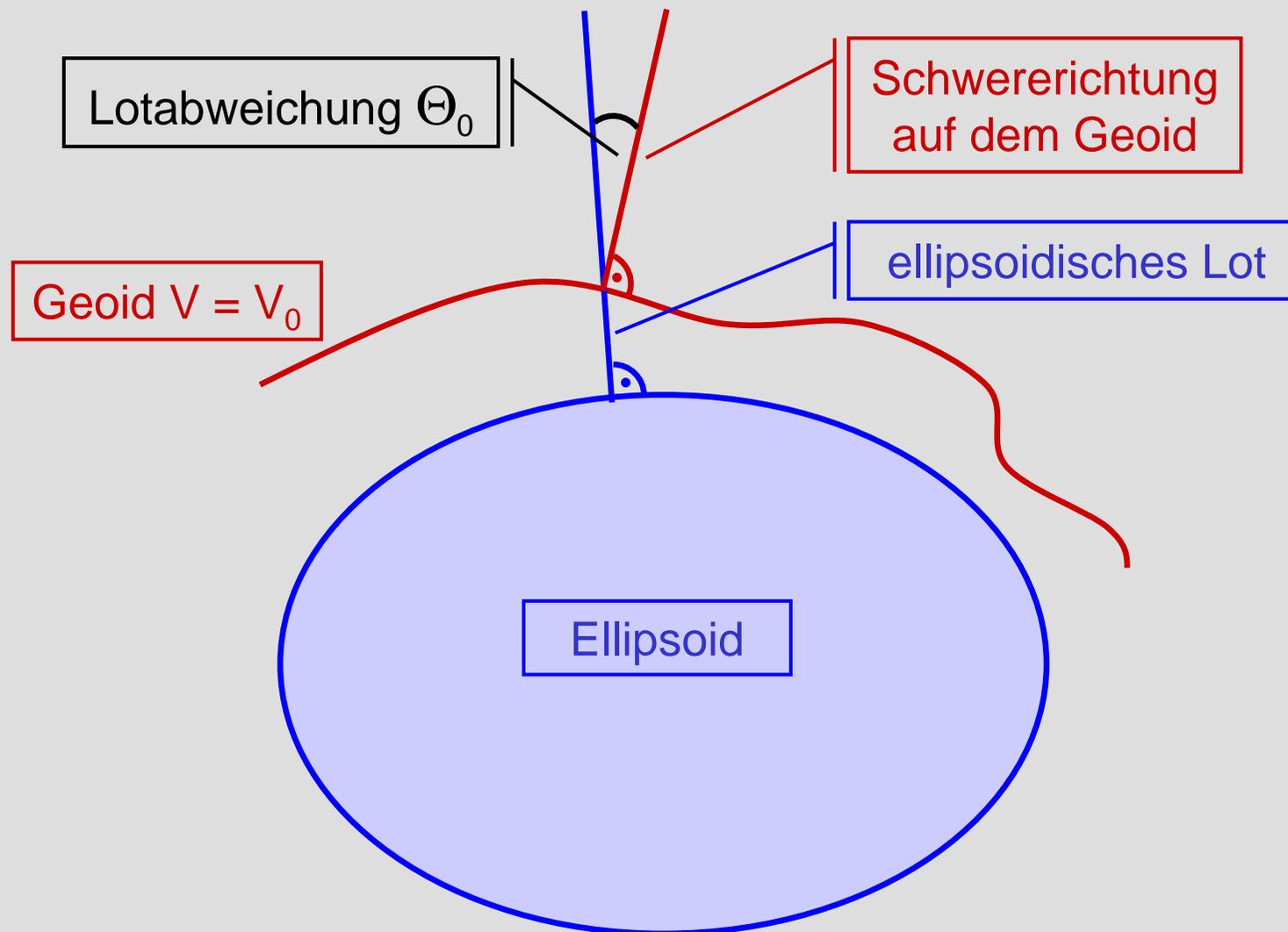
# Globales Datum /1



- Globales Referenzellipsoid (**GRS80**, **WGS84**)
- Ellipsoidmittelpunkt liegt im **Massenschwerpunkt M** der Erde
- Z-Achse entspricht der **Rotationsachse** der Erde (*Conventional International Origin CIO*)
- X-Achse: Schnittlinie von Äquatorebene und **Meridianebene durch Greenwich** (*Greenwich Mean Observatory GMO*)



# Globales Datum /3



# Globales Datum /4

- Referenzsysteme, die ein globales Datum darstellen
  - ✓ WGS84
    - definiert für Aufbau und Betrieb des GPS
  - ✓ ETRS89
    - nahezu identische Definition zu WGS84
    - Aber: Vernachlässigung der Zeitabhängigkeit (Kontinentaldrift) → Realisierung aus dem Jahr 1989 wird festgehalten
  - ✓ für praktische Fragstellungen können WGS84 und ETRS89 derzeit noch als identisch angenommen werden!

# XML-Datei: Globales Datum

Referenz auf Identifier des  
WGS84-Ellipsoids

```
<crs:geodeticDatum>  
  <crs:id>EPSG:6326</crs:id>  
  <crs:name>WGS_1984</crs:name>  
  <crs:usedEllipsoid>EPSG:7030</crs:usedEllipsoid>  
  <crs:usedPrimeMeridian>EPSG:8901</crs:usedPrimeMeridian>  
  <crs:usedWGS84ConversionInfo>EPSG:1188</crs:usedWGS84ConversionInfo>  
</crs:geodeticDatum>
```

# Historisch gewachsene Bezugssyst. /1

- Aufbau der Landesvermessungen in Europa seit Ende des 19. Jahrhunderts
  - ✓ keine Messverfahren verfügbar, die Koordinaten in einem globalen geozentrischen Bezugssystem liefern!
  - ✓ **Zentralpunktmethode**
    - Auswahl eines als geeignet eingeschätzten Ellipsoids
      - DHDN (preußische Landesaufnahme): **Bessel-Ellipsoid** (keine akzeptable globale Anpassung)
    - Festlegung eines **Zentralpunktes**
      - ein möglichst mittig im zu vermessenden Land gelegener Punkt
      - Preußische Landesaufnahme: **Zentralpunkt Rauenberg** (bei Berlin)

# Historisch gewachsene Bezugssyst. /2

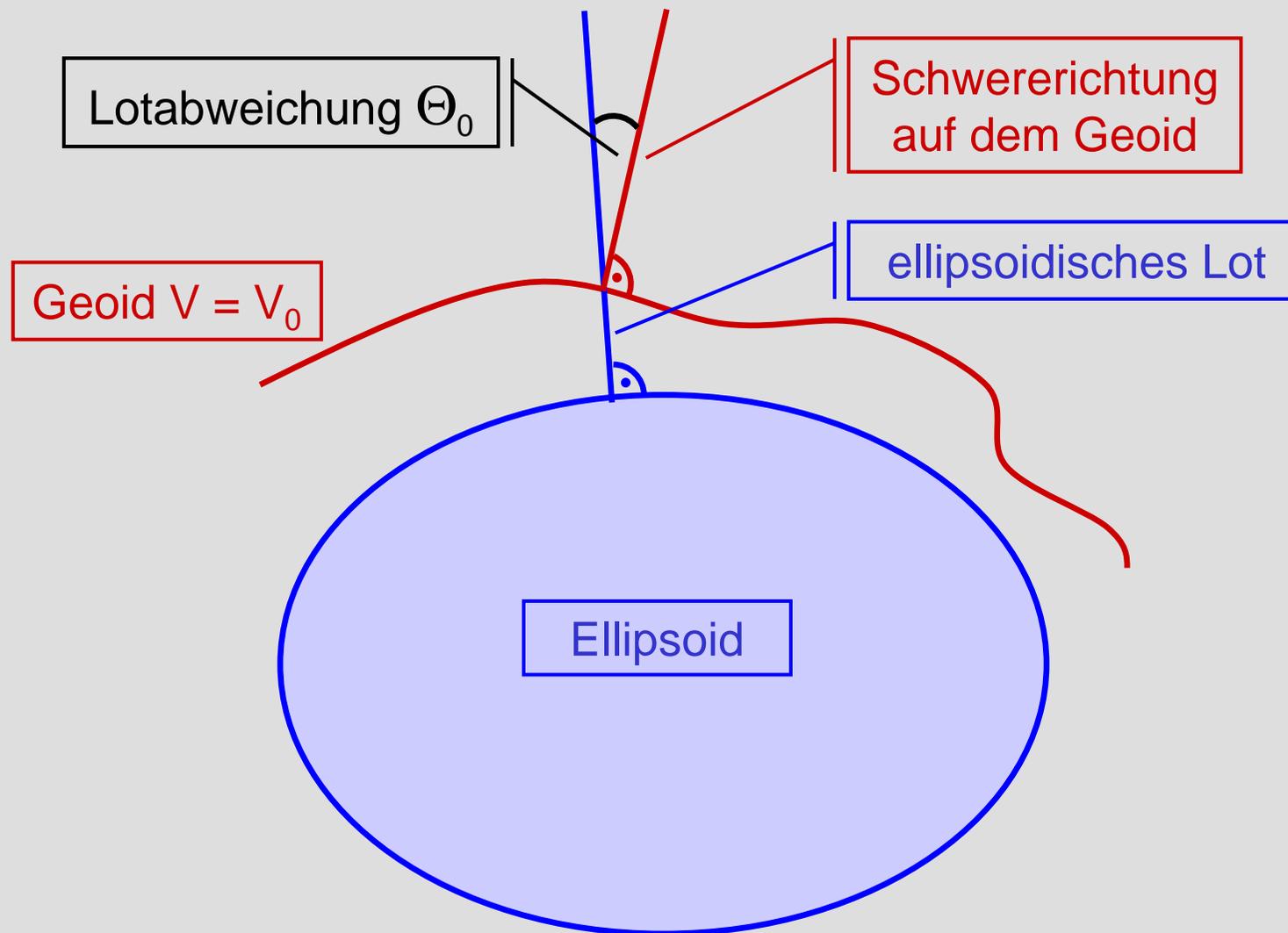
## ✓ Zentralpunktmethod (Fortsetzung)

- **Definition 1:** Lotabweichung und Geoidundulation im Zentralpunkt sind Null
- **Definition 2:** kurze Figurenachse soll parallel zur Rotationsachse sein

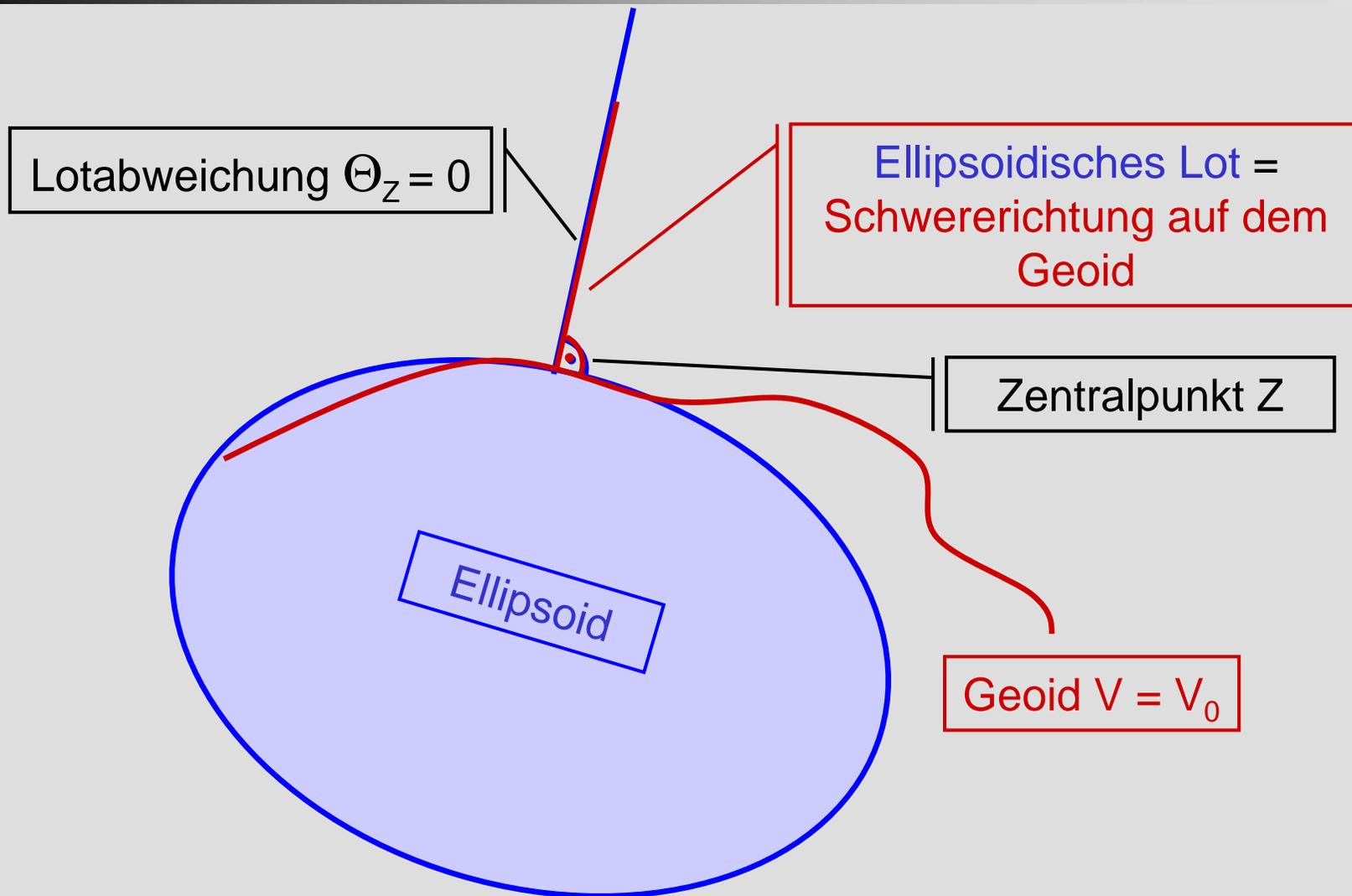
$$N_{\text{Zentralpunkt}} = 0$$

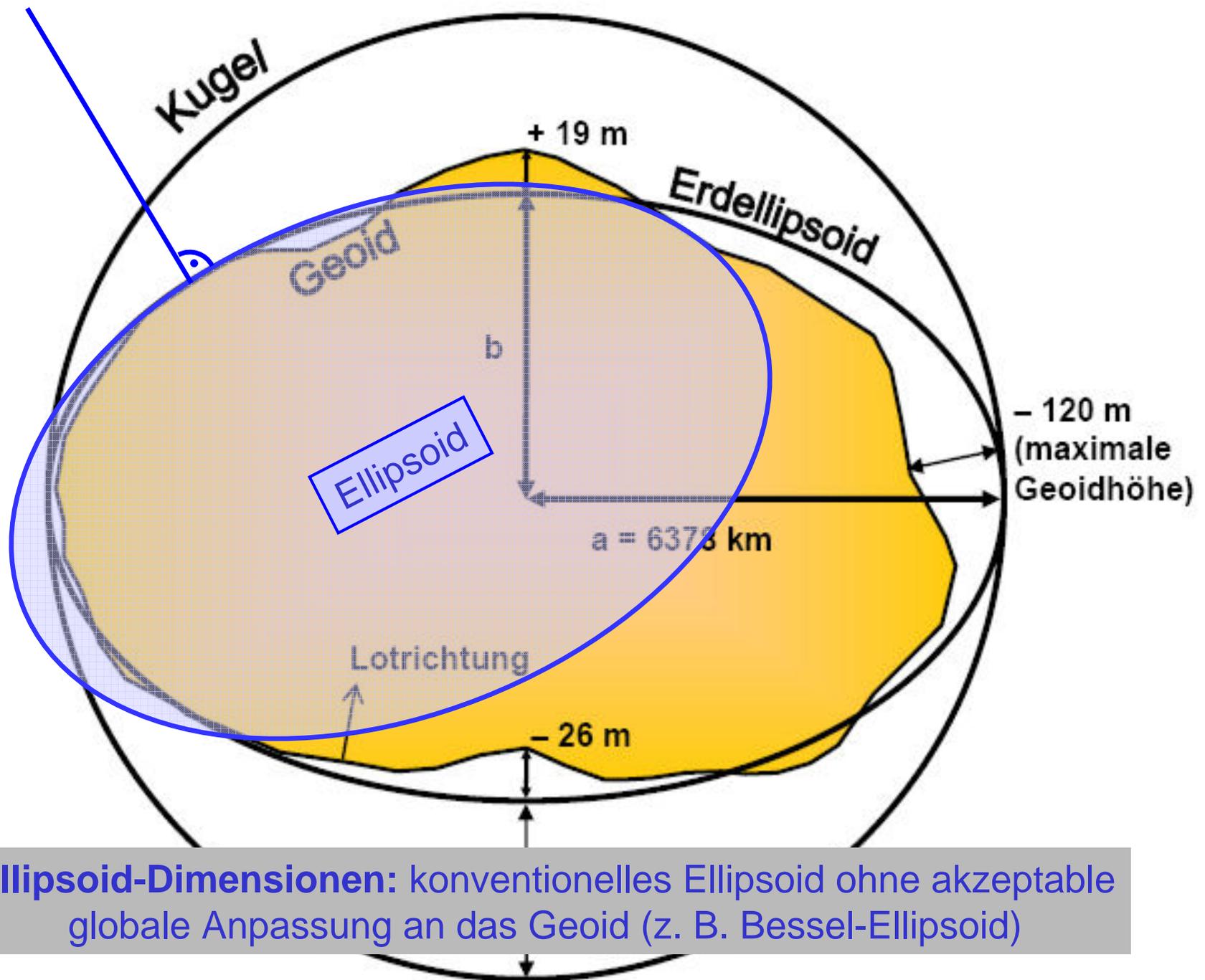
$$\ominus_{\text{Zentralpunkt}} = 0$$

# Zentralpunktmethode /1



# Zentralpunktmethode /2





**Ellipsoid-Dimensionen:** konventionelles Ellipsoid ohne akzeptable globale Anpassung an das Geoid (z. B. Bessel-Ellipsoid)

# Geodätisches Datum /1

- **Geodätisches Datum:** „*Ein Satz von Parametern (Datumsparemeter), der die Beziehung eines nicht-geozentrischen zu einem globalen Bezugssystem beschreibt*“

<b>3 Translationen</b> (Datumsvektor)	$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$
<b>3 Rotationen</b> (kleine Winkel)	$\varepsilon_X, \varepsilon_Y, \varepsilon_Z$
<b>1 Maßstabsfaktor</b>	m

## Geodätisches Datum /2

- **Datumstransformation:** „Die räumliche Transformation von Koordinaten aus einem nicht-geozentrischen in ein globales Bezugssystem (*7-Parameter-Transformation*) mit Hilfe der Datumparameter“
- Datumparameter
  - ✓ werden aus **identischen Punkten** abgeleitet
    - z. B. Koordinaten X,Y,Z im Datum des DHDN und im ETRS89
  - ✓ werden von Vermessungsbehörden veröffentlicht (z. B. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie BKG)

# XML-Datei: Geodätisches Datum /1

```
<crs:geodeticDatum>  
  <crs:id>EPSG:6314</crs:id>  
  <crs:id>URN:OGC:DEF:CRS:EPSG::6314</crs:id>  
  <crs:id>HTTP://WWW.OPENGIS.NET/GML/SRS/EPSG.XML#6314</crs:id>  
  <crs:id>URN:OPENGIS:DEF:CRS:EPSG::6314</crs:id>  
  <crs:name>Deutsches Hauptdreiecksnetz</crs:name>  
  <crs:version>2006-06-12</crs:version>  
  <crs:description>Fundamental point: Rauenberg. Latitude: 52 deg 27 min 12.021 sec N;  
  <crs:usedEllipsoid>EPSG:7004</crs:usedEllipsoid>  
  <crs:usedPrimeMeridian>EPSG:8901</crs:usedPrimeMeridian>  
  <crs:usedWGS84ConversionInfo>EPSG:1777</crs:usedWGS84ConversionInfo>  
</crs:geodeticDatum>
```

Referenz auf Datumparameter



# Kommunaler Anwendungsfall: Genauigkeitsoptimierung /1

- Genauigkeit der Datumstransformation
  - ✓ DHDN ist großräumig inhomogen, lokal aber sehr genau (**Nachbarschaftsgenauigkeit**)
  - ✓ Transformationsparameter DHDN → ETRS89 für ganz Deutschland erzeugen daher lokal Ergebnisse, die systematisch in der Größenordnung von mehreren Metern neben den Sollwerten liegen!
  - ✓ Für lokale Transformationen müssen die Datumparameter daher aus lokalen identischen Punkten berechnet werden
    - Software außerhalb von deegree, in NRW z.B. TRABBI-3D von Geobasis.NRW

# Kommunaler Anwendungsfall: Genauigkeitsoptimierung /2

		n in Altgrad	m
<b>BKG für ganz Deutschland (EPSG 1309)</b>	582,000	1,04000000	1,00000830
	105,000	0,35000000	
	414,000	-3,08000000	
<b>Stadt Wuppertal (für lokale Anwendung)</b>	588,196	1,07797600	1,00001199
	108,790	-0,53550600	

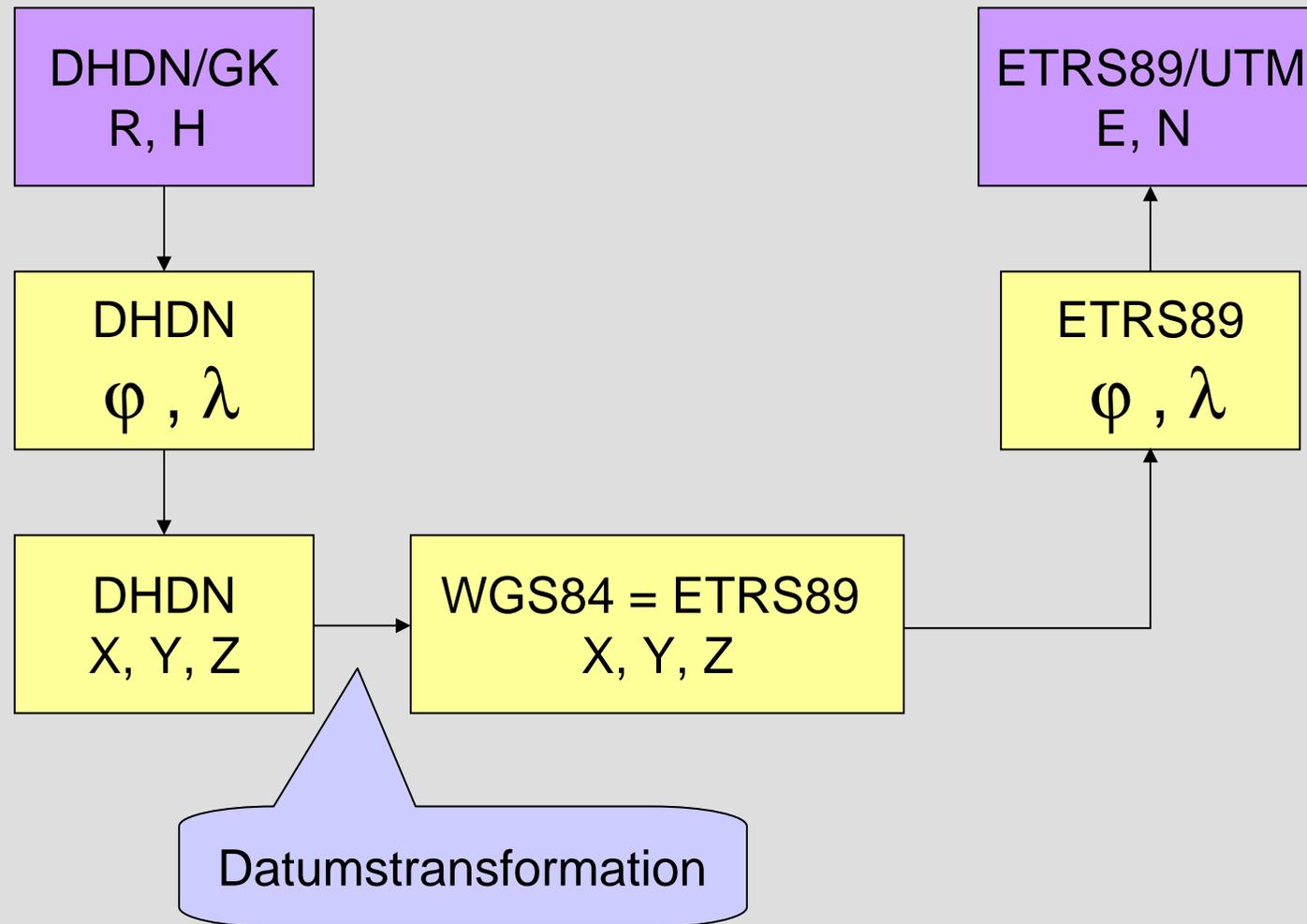
Lagegenauigkeit des Transformations-  
ergebnisses für Wuppertal:  $\pm 1,416$  m

Lagegenauigkeit des Transformations-  
ergebnisses für Wuppertal:  $\pm 0,030$  m

# Kommunaler Anwendungsfall: Genauigkeitsoptimierung /3

- 2Do
  - ✓ Element `<crs:wgs84Transformation>` mit neuem Identifier ergänzen
  - ✓ dort optimale lokale Parameter eintragen
  - ✓ das neue Element `<crs:wgs84Transformation>` aus `<crs:geodeticDatum>` für das DHDN referenzieren

# Transformationsablauf



# Abbildungen (Projektionen)

- für Europa relevante Abbildungen sind implementiert
  - ✓ Lambert Azimuthal Equal Area
  - ✓ Lambert Conformal Conic
  - ✓ Stereographic Azimuthal
  - ✓ **Transverse Mercator**
    - GK, UTM
- Normalerweise keine Anpassung durch den Nutzer erforderlich
  - ✓ die zur Implementierung einer Abbildung verwendete Klasse kann konfiguriert werden

```
<crs:projectedCRS>
  <crs:id>EPSG:31466</crs:id>
  <crs:id>URN:OGC:DEF:CRS:EPSG::31466</crs:id>
  <crs:id>HTTP://WWW.OPENGIS.NET/GML/SRS/EPSG.XML#31466</crs:id>
  <crs:id>URN:OPENGIS:DEF:CRS:EPSG::31466</crs:id>
  <crs:name>DHDN / Gauss-Kruger zone 2</crs:name>
  <crs:version>2008-1-16T9:49</crs:version>
  <crs:Axis>
    <crs:name>x</crs:name>
    <crs:units>metre</crs:units>
    <crs:axisOrientation>east</crs:axisOrientation>
  </crs:Axis>
  <crs:Axis>
    <crs:name>y</crs:name>
    <crs:units>metre</crs:units>
    <crs:axisOrientation>north</crs:axisOrientation>
  </crs:Axis>
  <crs:axisOrder>x, y</crs:axisOrder>
  <crs:usedGeographicCRS>EPSG:4314</crs:usedGeographicCRS>
  <crs:projection>
    <crs:transverseMercator>
      <crs:latitudeOfNaturalOrigin inDegrees="true">0</crs:latitudeOfNaturalOrigin>
      <crs:longitudeOfNaturalOrigin inDegrees="true">10</crs:longitudeOfNaturalOrigin>
      <crs:scaleFactor>1.0</crs:scaleFactor>
      <crs:falseEasting>2500000.0</crs:falseEasting>
      <crs:falseNorthing>0.0</crs:falseNorthing>
      <crs:northernHemisphere>true</crs:northernHemisphere>
    </crs:transverseMercator>
  </crs:projection>
</crs:projectedCRS>
```

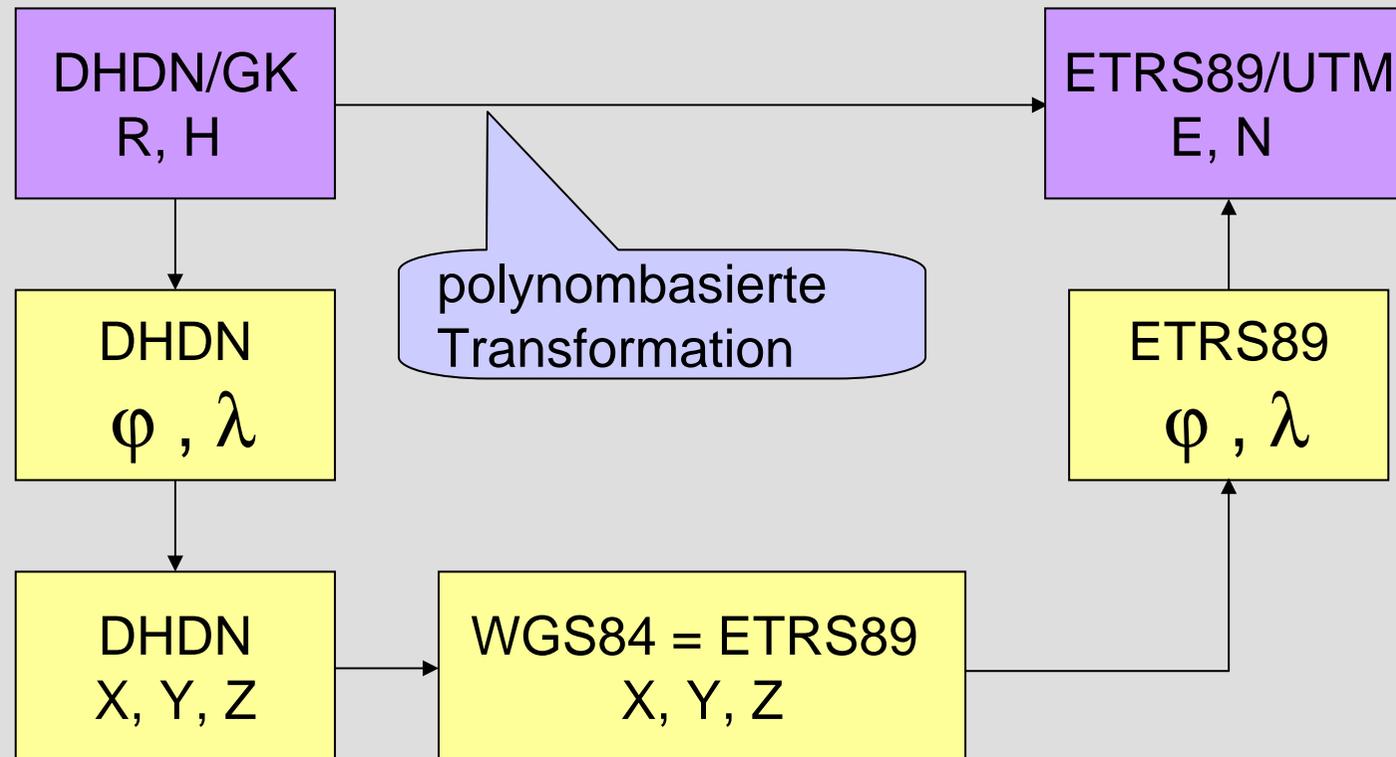
explizite Verfügung über die Reihenfolge der Achsen

abgebildete Koordinatensysteme basieren auf geographischen Systemen ( $\varphi$ ,  $\lambda$ )

# Erweiterte Möglichkeiten

- Geographische oder abgebildete Koordinatensysteme mit zusätzlicher (ellipsoidischer) Höhe
  - ✓ „compound coordinate system“
  - ✓ Einführung einer mittleren Höhe möglich
- Polynom-basierte Transformationsansätze können an Stelle der räumlichen Transformationen verwendet werden
  - ✓ Inhomogenitäten können durch Polynome höherer Ordnung modelliert werden
    - Berechnung der Polynome mit Software außerhalb von deegree

# Alternativer Transformationsablauf



**Vielen Dank ...**

**.... für die Aufmerksamkeit**



**Ressort Vermessung,  
Katasteramt und Geodaten**

**[www.wuppertal.de/r102](http://www.wuppertal.de/r102)**