

# Geodäsie und BIM

**6. FRANKFURTER BIM-SYMPOSIUM**

**30.08.2023 und 31.08.2023**



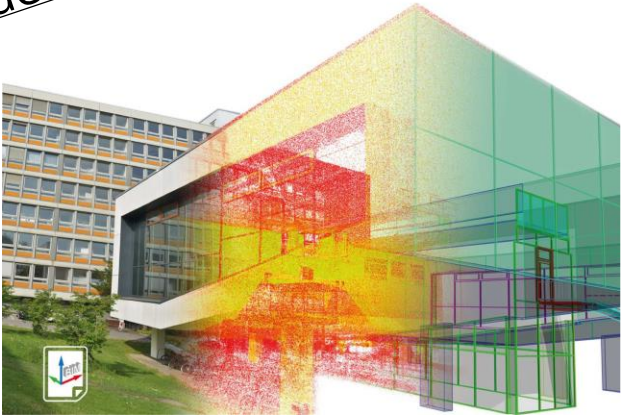
# DVW Deutscher Verein für Vermessungswesen – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V → INTERGEO, Berlin, 10-12. Oktober 2023



# DVW AK3 „BIM“

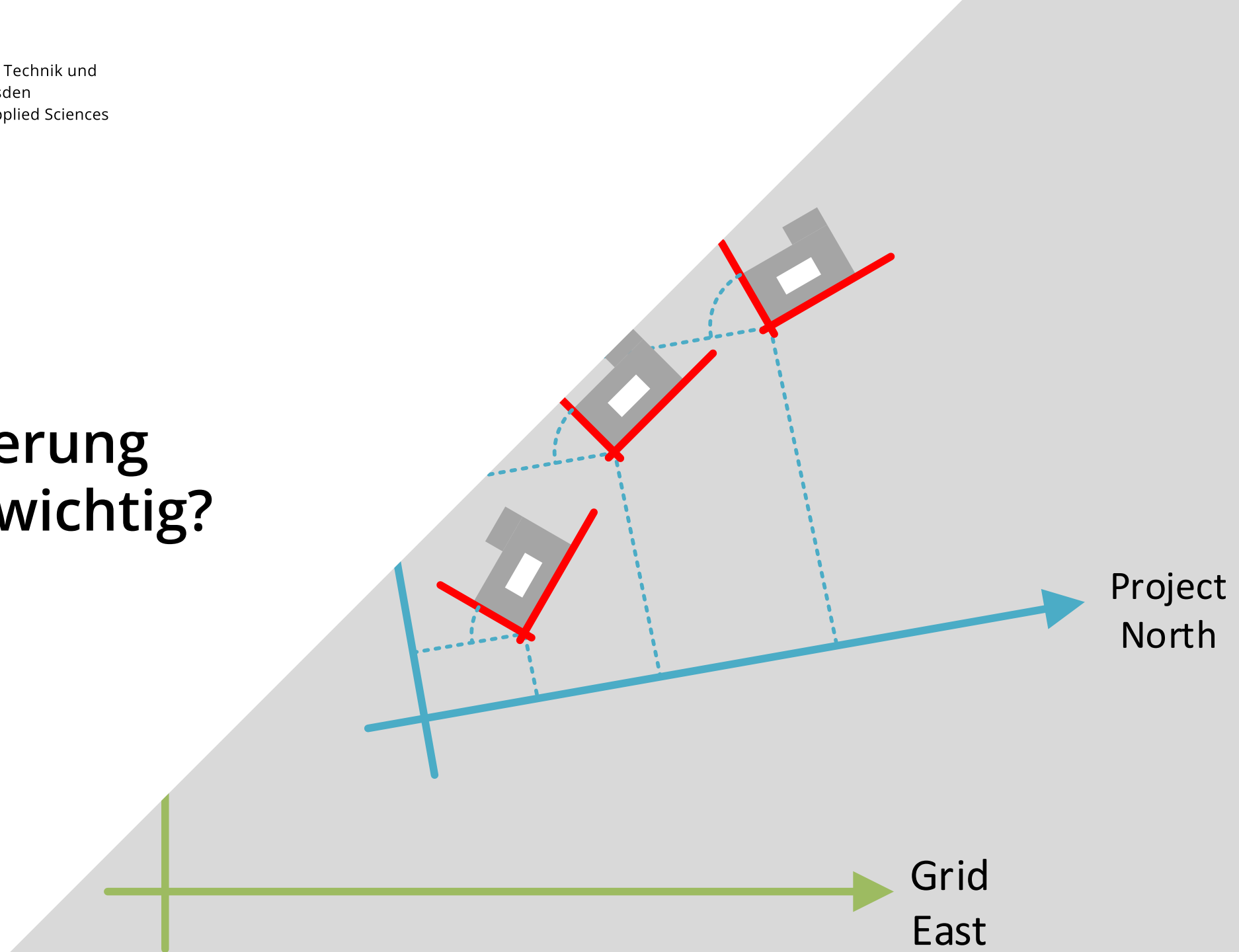


[www.dvw.de/BIM-Leitfaden.pdf](http://www.dvw.de/BIM-Leitfaden.pdf)



## Warum ist Georeferenzierung eigentlich so wichtig?

**Christian Clemen**  
Fakultät Geoinformation



# Motivation

“Datums and Geospatial Data [...] The only reason it’s not a nightmare today is because most of you don’t know it’s even a problem. Or, you know it’s a problem, but let it slide because dealing with it is not easy. **It’s going to get worse in the future, much worse...**”



– Quelle: Nightmare on GIS Street, Eric Gakstatter, 5. März 2013, GPS World, GSS Newsletter



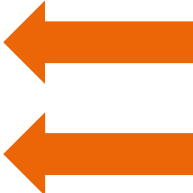
# Nightmare on BIM Street - Warum?

- Sogar **Fachleute** wissen oft nicht, was Datum und Projektion genau bedeuten.
- **Software** Hersteller (auch die Großen) haben die modernen Transformationsmethoden schlecht programmiert.
- **Geodaten** sind allseits verfügbar, jeder kann Orthophotos oder Vektordaten von offenen Internetseiten in sein GIS laden.
- Satellitengestützte **Vermessung** ist sehr genau (<1cm). Aber wo kommt das Datum und die lokale Anpassung her?



Nightmare on Elm Street (USA, 1985) wrongsideoftheheart.com

# Eine Phänomenologie der Georeferenzierung

<b>A priori Level (Mathe and Geodäsie)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordinatensysteme und Umrechnungsmethoden</li> <li>• Referenzkörper (z.B. Ellipsoid); Kartographische Projektion;</li> <li>• Geodätisches Datum und Koordinatentransformation</li> <li>• Koordinatenreferenzsysteme (z.B. ETRS89/UTM, DB_REF/GK4.....)</li> <li>• Geometrisch-Physikalische Konzepte für Höhe (Geoid,...)</li> <li>• - ...</li> </ul>		
<b>Möglichkeits Level</b>	<b>Software</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzept vorhanden?</li> <li>• Richtig Implementiert?</li> <li>• Möglichkeiten der Parametrierung</li> </ul>	<b>Austausch</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GML, CityGML</li> <li>• IFC</li> <li>• native Formate</li> </ul>	<b>OGC/ISO Standards</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 19111, ISO 19148</li> <li>• WKT ISO 19162</li> <li>• EPSG codes</li> <li>• ISO19650</li> </ul>
<b>Pragmatischer Level</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geospatial Awareness</li> <li>• Qualitätssicherung (IR,checking tools,....)</li> <li>• Fachwissen und gegenseitige Verständigung</li> <li>• Skills in Software Bedienung</li> </ul> 		

# Wozu Georeferenzierung in BIM Projekten?

**Visualisierung** von Planungsvarianten

**Modelltransfer GIS nach BIM:** Geographischer Kontext des Gebäudes, Ausrichten an Grundstücksseiten, Erdarbeiten, ...

**Modelltransfer BIM nach GIS:** Bauwerksmodelle und Geodaten für Umweltanalysen (Sonne, Wind), Verkehrsbelastung, Bau-Genehmigungsverfahren, ...

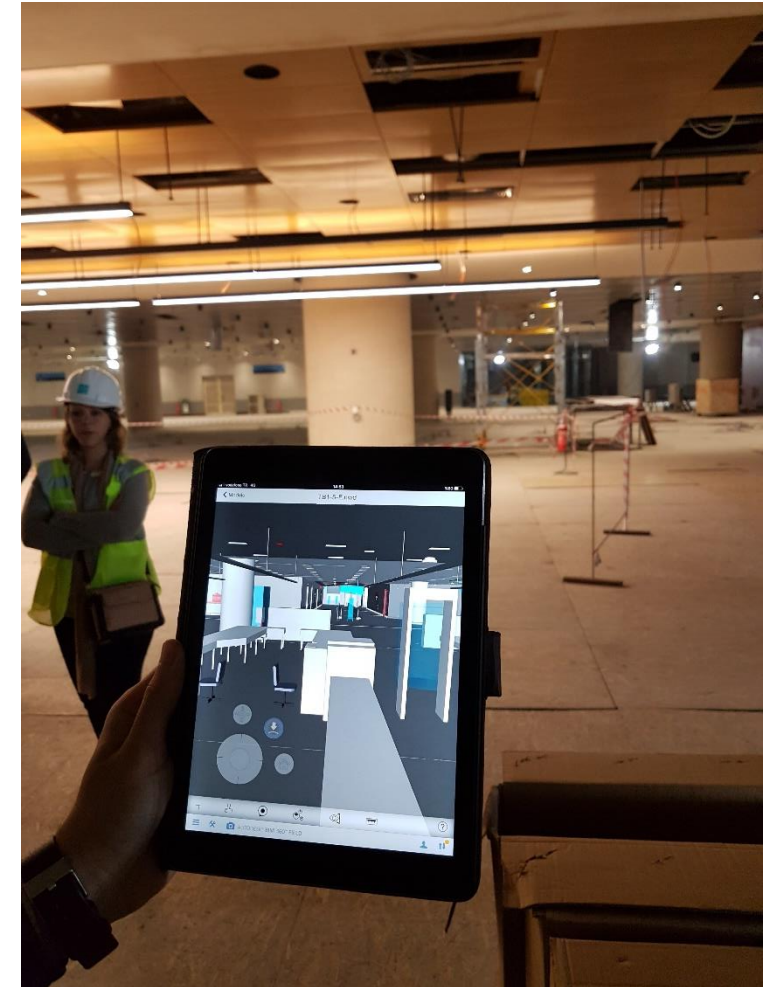
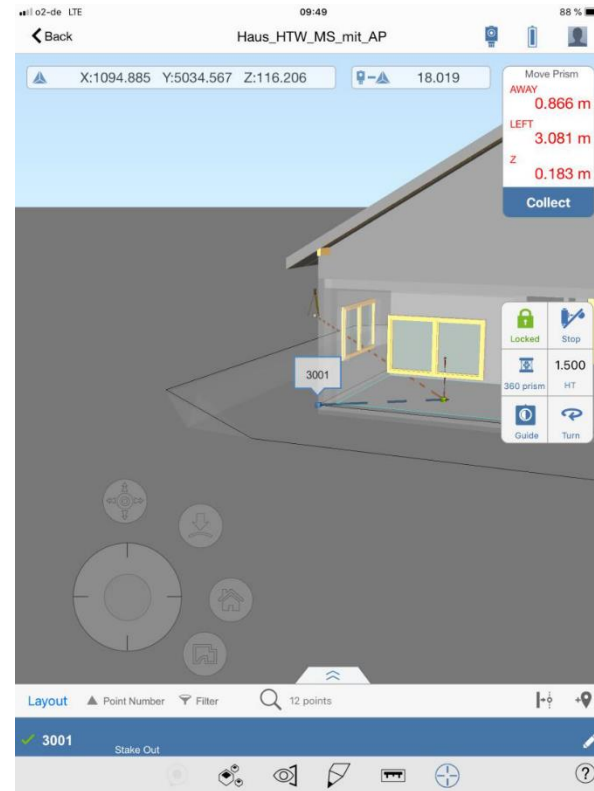
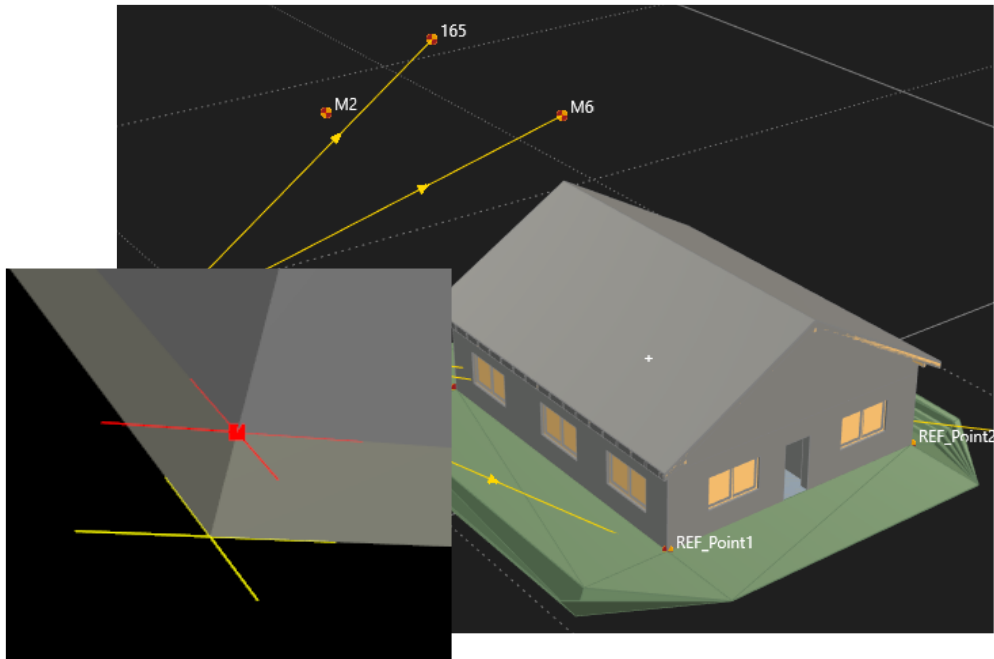




# Wozu Georeferenzierung in BIM Projekten?

## Modellbasierte Bauausführung:

- Absteckung und Baumaschinensteuerung (höchste Präzision)
- Monitoring des Baufortschritts (z.B. mit Punktwolken)
- Flächenmanagement auf der Baustelle



# Wozu Georeferenzierung in BIM Projekten?

## Betrieb:

Indoor-Outdoor **Navigation** (gleiches/verknüpftes Koordinatensystem für mobile Geräte)

Integriertes Indoor-Outdoor **Facility Management** (gleiches/verknüpftes Koordinatensystem)



# Wozu Georeferenzierung in BIM Projekten?

- Geographischer Raum als **Ordnungsrahmen** für (fast) alle Dokumente → Information finden
- Geographische Daten und Bauwerksmodelle **gemeinsam nutzen** → Informationsmodelle koordinieren
- Exakte geometrische Transformation von Teil- und Fachmodellen für die **Bauausführung** → koordiniert bauen und dokumentieren





**Projekt-KS**

**gemeinsam genutztes KS**



**Projekt-Basispunkt**



**Vermessungspunkt**

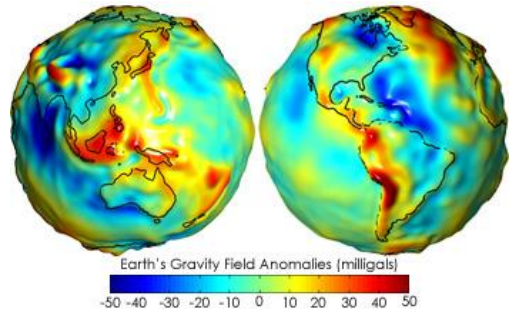
# Vermessung und GIS

„Normale“ Georeferenzierung

# „Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

## Erdmessung

Globale Koordinatenreferenzsysteme (z. B. für GPS)



## Landesvermessung

Nationale, Regionale und Lokale Raumbezugssystem (Lage, Höhe, Schwere)

**Vom Großen ins Kleine!**

## Landmanagement

Liegenschaftskataster (mit ÖbVI)

Bodenordnung (Flurbereinigung, Baulandumlegung)



## Geodateninfrastruktur

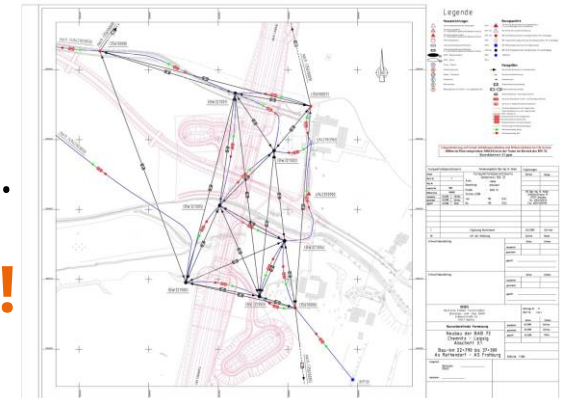
Vom Steuer- zum Mehrzweckkataster.

**Amtlich und Flächendeckend!**

## Ingenieurgeodäsie

Vermessung im Zusammenhang mit der Aufnahme, Projektierung, Absteckung, Abnahme und Überwachung von Bauwerken oder anderen Objekten

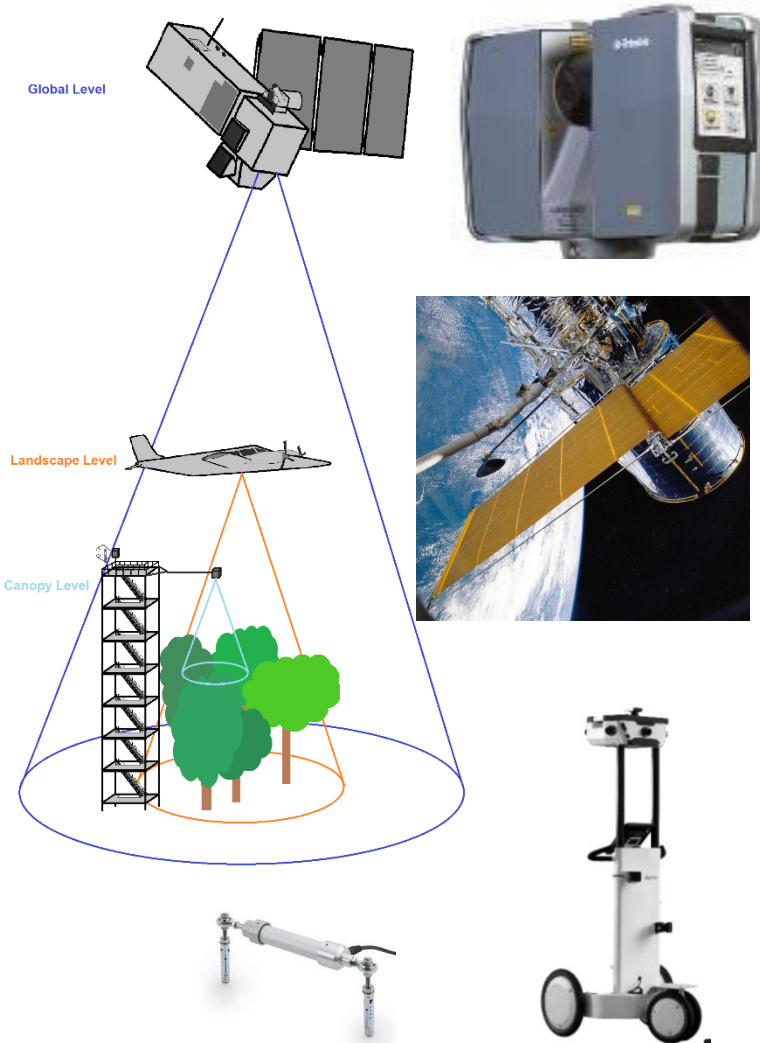
**Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit!**





# Sensorik und Methodische Elemente der Geodäsie

1. Punktdiskretisierung von natürlichen Oberflächen und C
2. Unterscheidung zwischen Koordinaten- und Beobachtung
3. **Definition von Referenzsystemen** ←
4. Spezifikation von unbekannten Parametern mit gewünschter Präzision
5. geodätisches Netzwerk und Beobachtungsdesign
6. Qualitätskontrolle von Ausrüstung
7. Qualitätskontrolle der Messungen
8. Erstellung von Messmodellen
9. Einrichtung von Parameterschätzungs-modellen
10. Qualitätskontrolle der Ergebnisse



Brunner, Fritz: On the methodology of Engineering Geodesy Article in Journal of Applied Geodesy · January 2007

# „Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

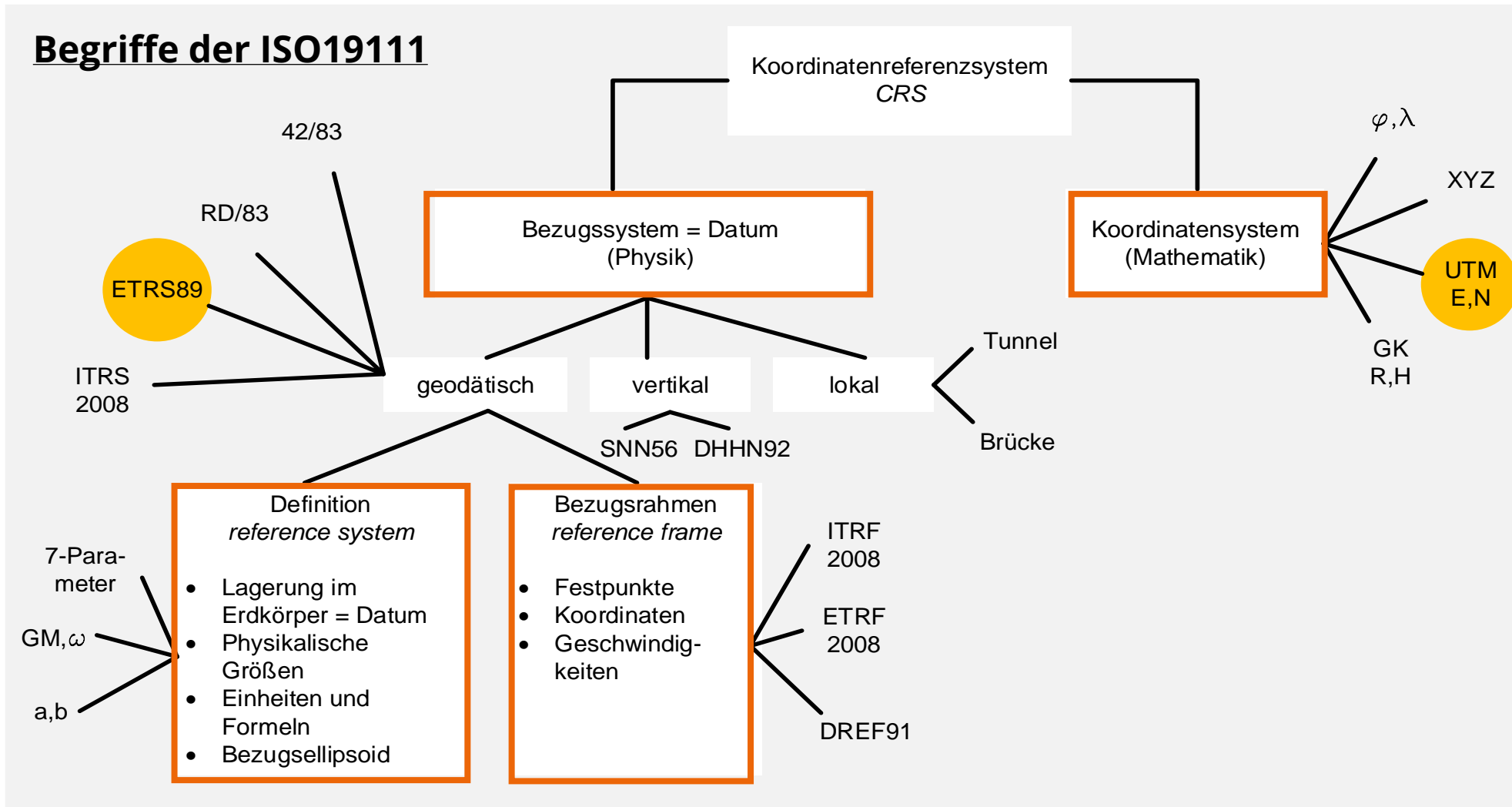
The logo for DIN (Deutsches Institut für Normung) is displayed in a stylized, bold font within a rectangular border.

Ersatz für  
DIN EN ISO 19111:2007-10

## –Koordinatenreferenzsysteme

- ISO 19111 definiert ein Koordinatenreferenzsystem (*coordinate reference system, CRS*) als ein Koordinatensystem, das **über ein Datum mit einem Objekt** (z.B. Objekt = Erde) verbunden ist. Ein Koordinatensystem (*coordinate system, CS*) ist die Menge mathematischer Regeln zur Festlegung, wie Koordinaten Punkten zugewiesen werden sollen.

# „Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

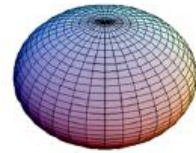




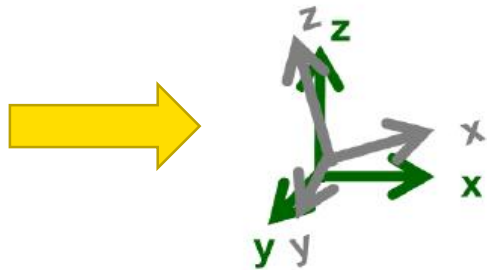
# Geodätisches Bezugssystem (Datum)

## Referenzsystem *terrestrial reference system*

- 1 Dimension des regelmäßigen Körpers (Ellipsoid)



- 2 Relative Lagerung zu einem übergeordnetem KS (Datum)



## Referenzrahmen *terrestrial reference frame*

- 1 reale Vermessungspunkte



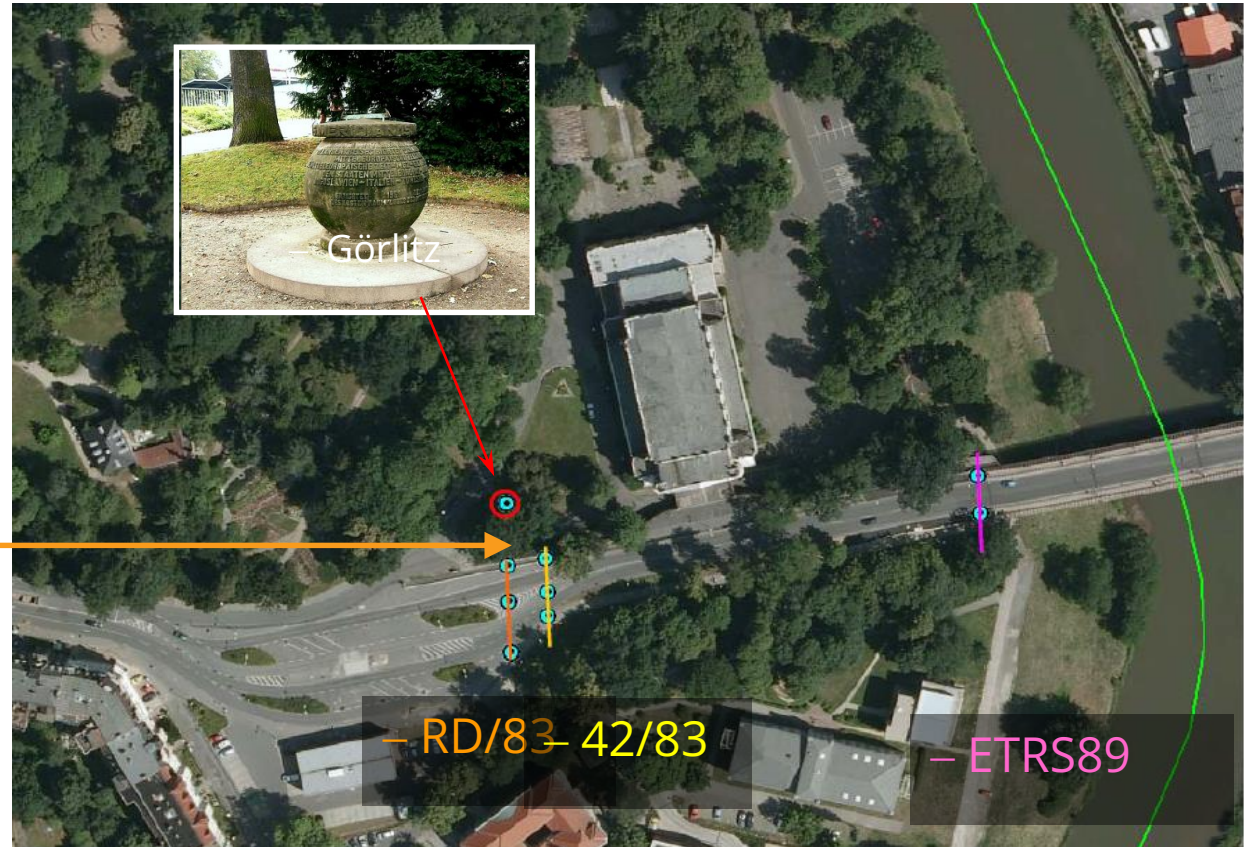
- 2 Menge der Koordinatenwerte

x m	y m	z m
4581697.806	556125.660	4389351.328
4581691.171	556114.580	4389360.567
4581691.801	556159.439	4389359.362
4581692.340	556195.924	4389354.944
4627950.168	119843.573	4372862.924
4627846.290	119629.079	4372999.605
4628047.623	119670.247	4372787.688
4628693.839	119984.635	4372104.199
4228877.238	-333104.275	4747180.884
4221162.827	322746.021	4745120.721

# 15 ° östl. Länge in verschiedenen Bezugssystemen

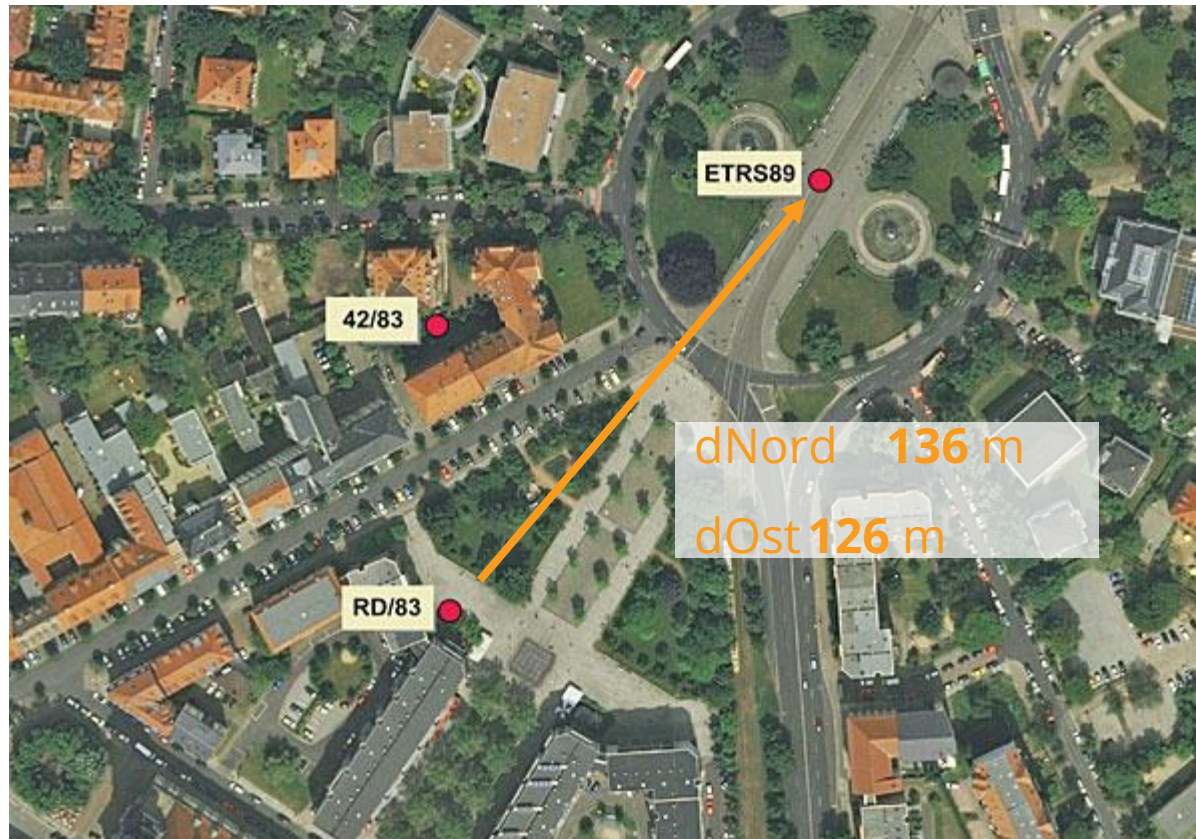


$\lambda=15^\circ$





# Datumsunterschied zwischen RD/83 und ETRS89



Die Koordinate

$51^{\circ}03'46,39''\text{N}$ ,  $13^{\circ}44'46,23''\text{O}$

in zwei Bezugssystemen

Datumsunterschied von etwa 185 m

variiert in SN

regional:  $\pm 20$  cm

lokal:  $\pm 3$  cm



# „Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

## 7-Parameter-Übergang zwischen Bezugssystemen

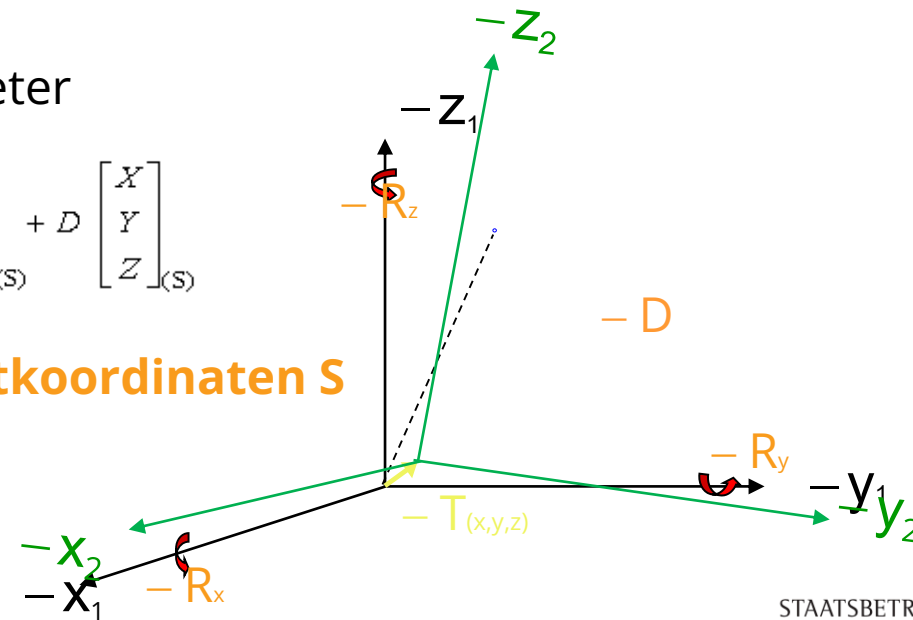
Bezugssystem S → Transformation → Bezugssystem T

– Transformationsparameter

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(T)} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(S)} + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 0 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(S)} + D \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(S)}$$

Zielkoordinaten T

Startkoordinaten S



RD/83 ⇔ ETRS89

STAATSBETRIEB  
GEOBASISINFORMATION  
UND VERMESSUNG



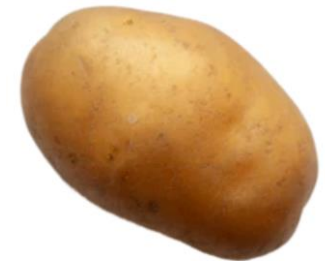
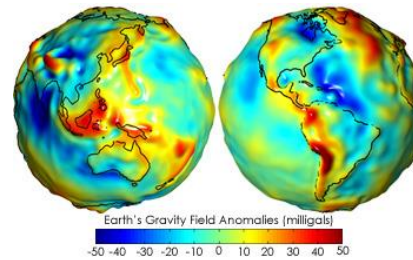
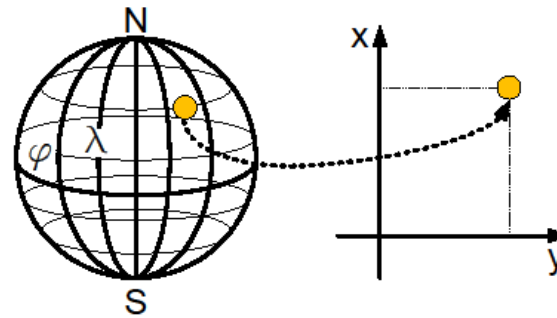
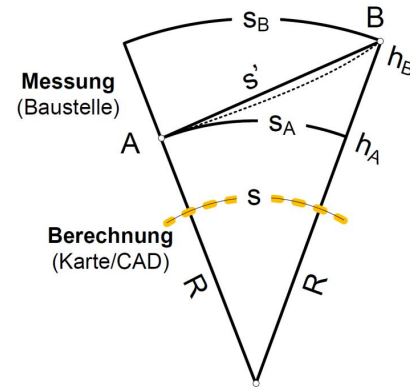
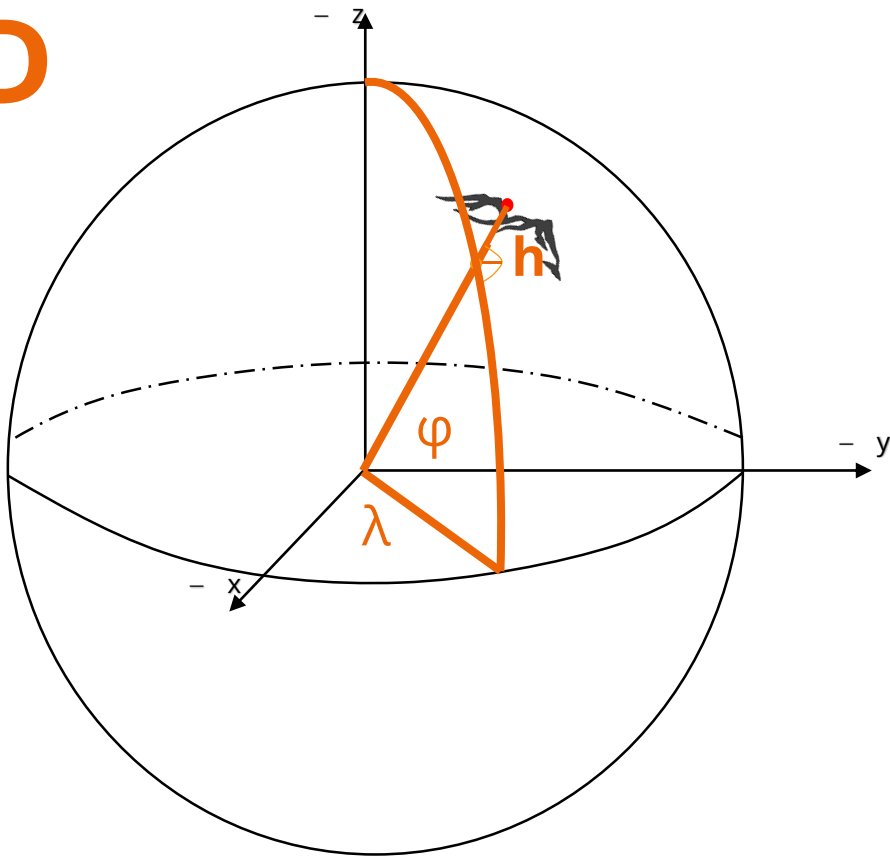
– Martin Köhr | Raumbezug

# „Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

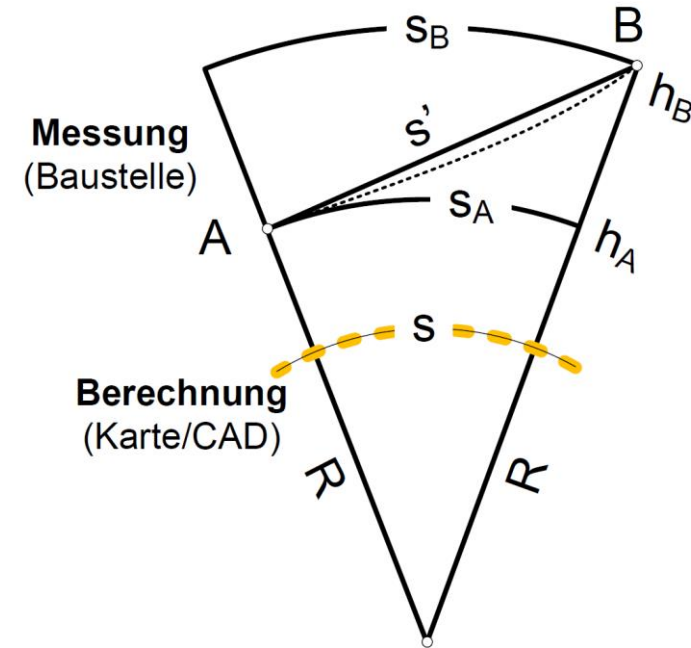
3D



2D+1D



# „Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

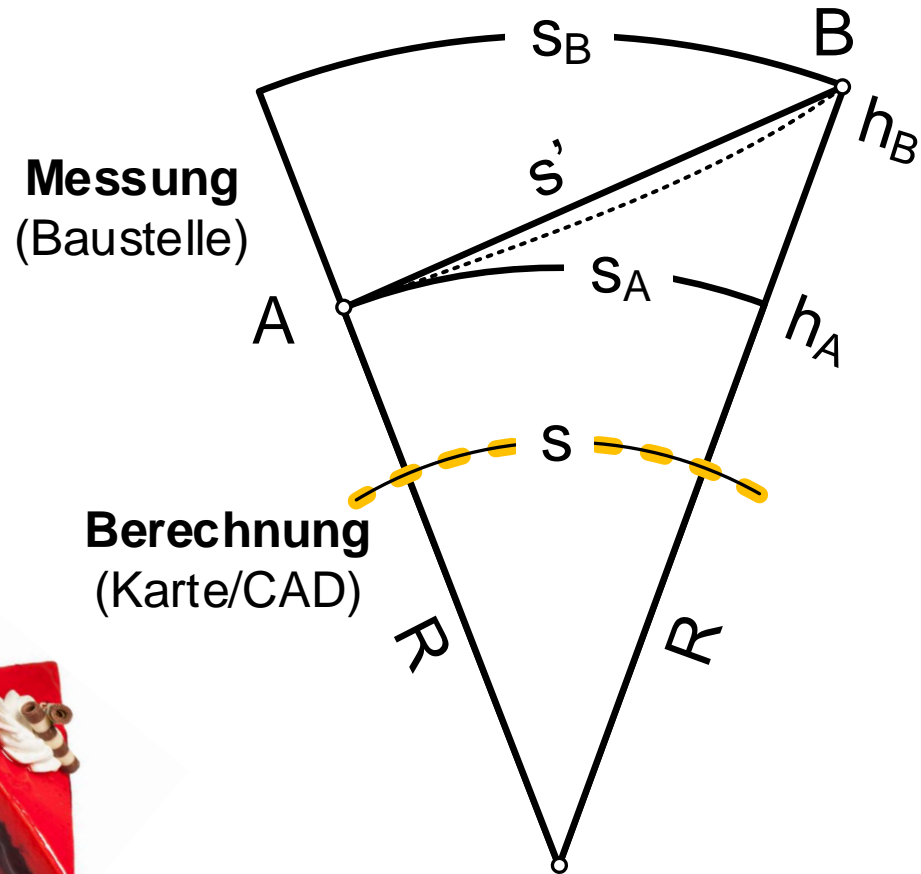


Unvermeidlicher **Maßstab** der Lagekoordinaten wegen ...

- /// Kartographische Gauß-Krüger/UTM Abbildung (Orange)
- /// Höhe über Ellipsoid (Tortenstück)



# Streckenreduktion - Höhenreduktion



Höhe: **500 m über NN**

Bauwerkslänge: 1100 m (oben)

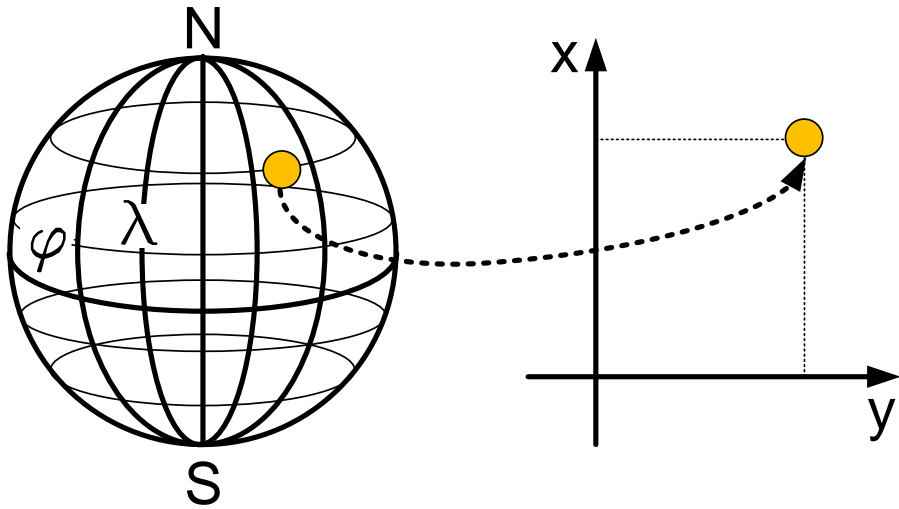
$ds = 1100 \text{ m} - 1100 \text{ m} * 6370/6370,5 = 8,6 \text{ cm}$

**Brücke wird 8,6 cm zu kurz, wenn mit GIS-Maßen geplant wird!**

Fertigbauteile !!!



# Streckenreduktion – z.B. UTM



**Streckenreduktion** aufgrund der Abbildung ins UTM-Koordinatensystem (KS):

$$s_{KS} \cong m_{KS} \cdot \left( 1 + \frac{y_m^2}{2R^2} \right) \cdot s_{gemessen}$$

Dresden:

100,000 m horizontale  
Naturstrecke

=

99,976 m Pythagoras auf  
GIS Koordinaten

$s_{KS}$

**Strecke** im Koordinatensystem

$m_{KS}$

**Maßstab** der Projektion mit GK = 1 , UTM = 0.9996

$s_{gemessen}$

gemessene **Horizontal-Strecke**

$y_m$

Mittlerer Abstand [m] zum **Mittelmeridian** (Projekt)

$R$

Erdradius [m]

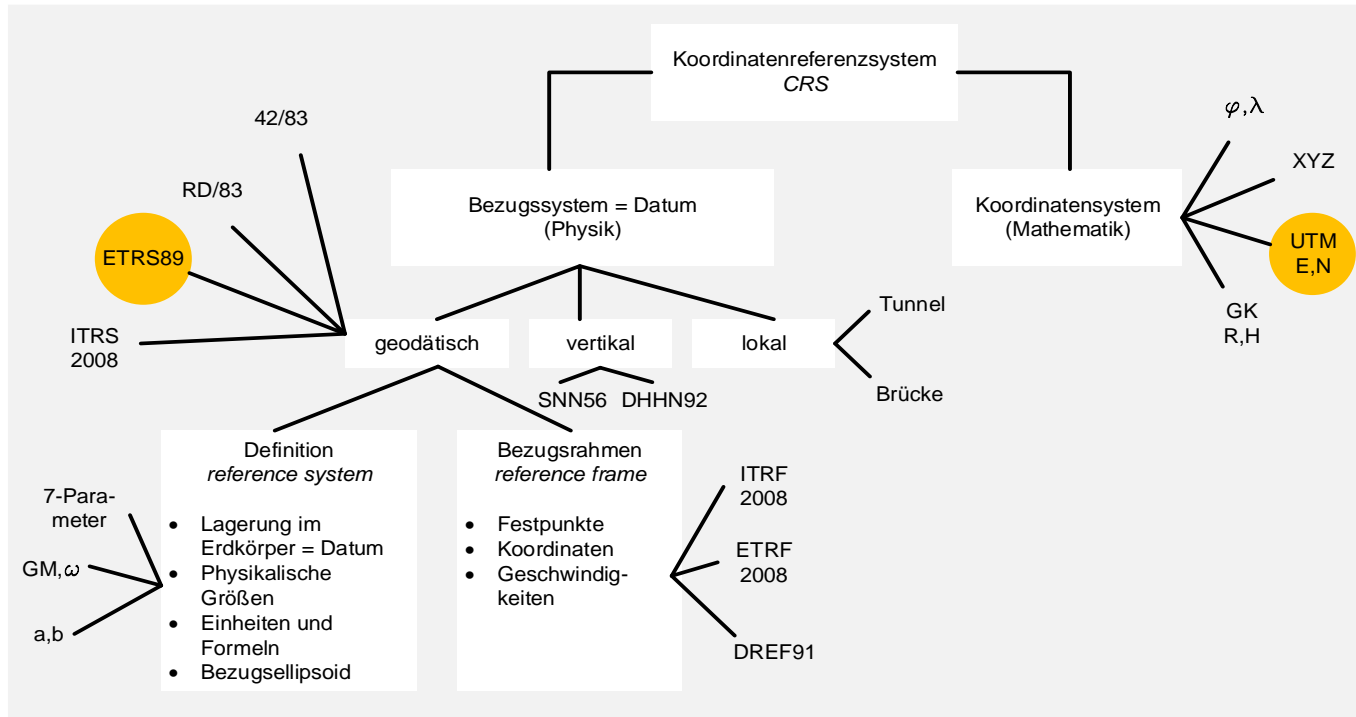
# Wesentliche Eigenschaften geodätischer Koordinaten

- Reale Welt wird i.d.R. in **globalen** Koordinatenreferenzsystemen (CRS) repräsentiert
- **Linkshändige** Koordinaten (North, East, Up = geodätisches System)
- Trennung der Position in **Lage** (2D, horizontal) und **Höhe** (1D, vertikal)
- Vertikale Koordinaten: geometrisch (GPS) oder physikalisch definiert (Normalhöhe)
- Koordinaten beziehen sich auf ein **Geodätisches Datum** (Satz von Parametern, welche die Referenzfläche definieren) + **Realisierungsrahmen** („Festpunkte“)
- **Maßstabsabweichungen** bei Strecke zwischen zwei Punkten
  - aufgrund Kartenprojektion (z. B. UTM-Abbildung)
  - aufgrund der Höhe über der Referenzfläche (Kugel, Ellipsoid)
- **Stochastische Natur** der Koordinaten (abh. von Genauigkeit/Präzision bei der **Messung**)



# „Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

## Begriffe der ISO19111

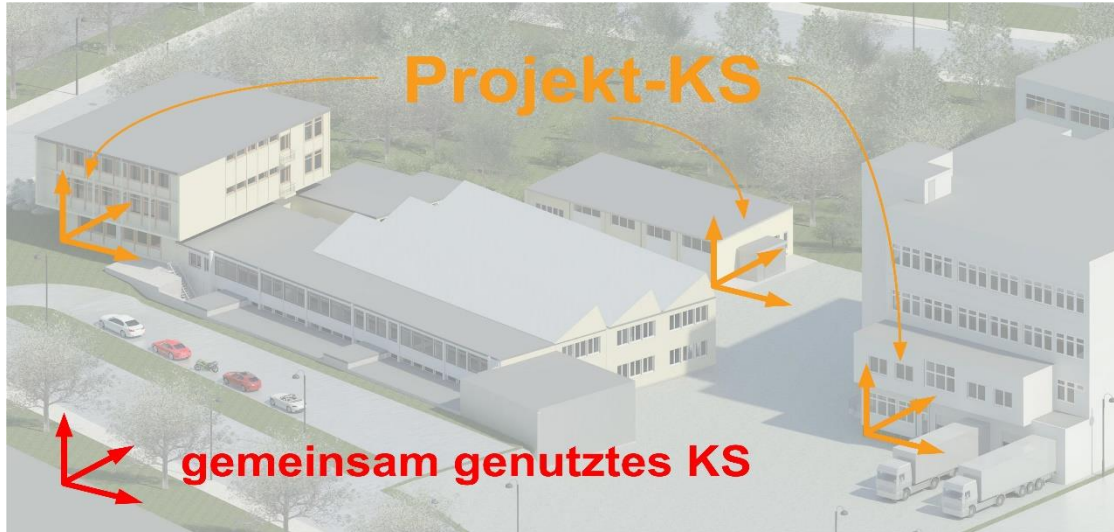


✓ OK für Vermessung und GIS

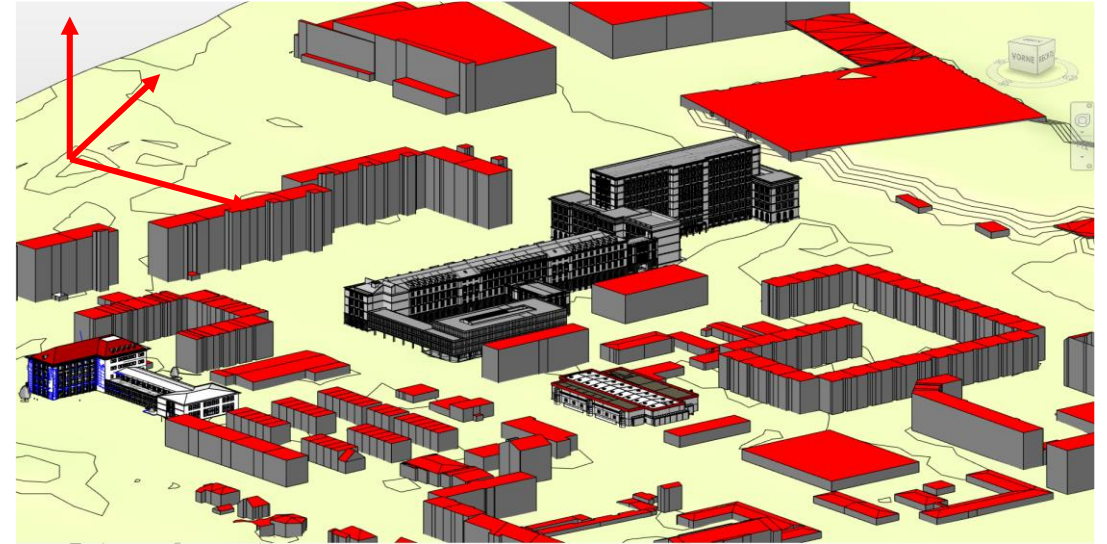


# Georeferenzierung in BIM-Autorensystemen und BIM Kollaborationssoftware

## // BIM-Modellierungssoftware



## // BIM-Koordinierungssoftware



+ 3d-kartesische Koordinaten

+ Starrkörpertransformation  $X_0, Y_0$ , Nordrichtung, Höhenunterschied

? Geographische Koordinaten (Länge, Breite, Höhe, WGS84) ... Punkt auf Karte

- Keine Trennung von Lage und Höhe, keine Berücksichtigung der Erdkrümmung

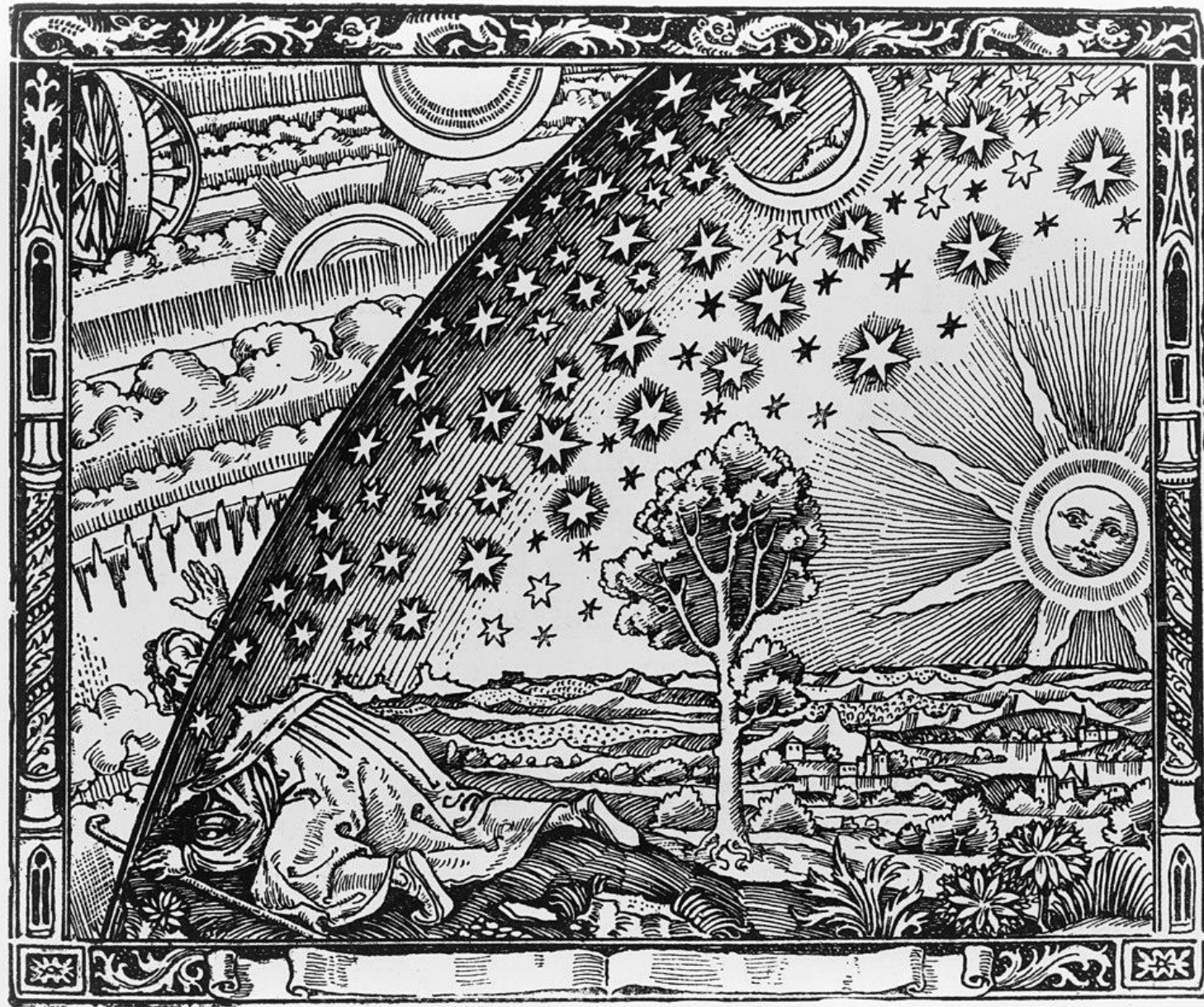
- Keine Metadaten zu CRS, keine Funktionen für Datumstransformation oder Koordinatenumwandlung

**- Aufgabe für  
Geodatenmanagement  
oder BIM ????**

# Knackpunkt 3D

Oder ist die Erde eine Scheibe?





Flammarions Holzstich – erstmals erschienen 1888 in Paris als Illustration in einem populären Buch über die Atmosphäre, Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Flache\\_Erde](https://de.wikipedia.org/wiki/Flache_Erde)

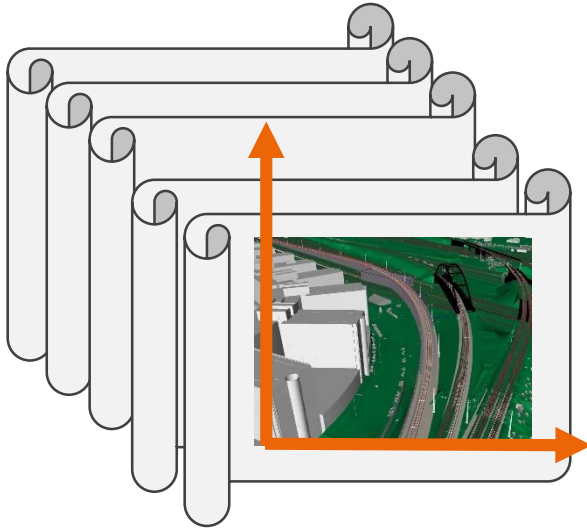
# Was wollen wir erreichen?

- **3D-Planung** und **Bauausführung**
- **Keine systematischen Abweichungen** zwischen 3D-Modell der Verkehrsanlage (VA) und Vermessung (3D-Punktwolke, Trasse)
- **Erdkrümmung** darf sich nicht negativ auswirken
- Geodätischen **Lagebezug und Höhenbezug** in BIM-Projekten nutzen
- Kein Rad neu erfinden - Nutzung etablierter **Geo-Standards**
- Einfache und einheitliche **IT-Umsetzung**

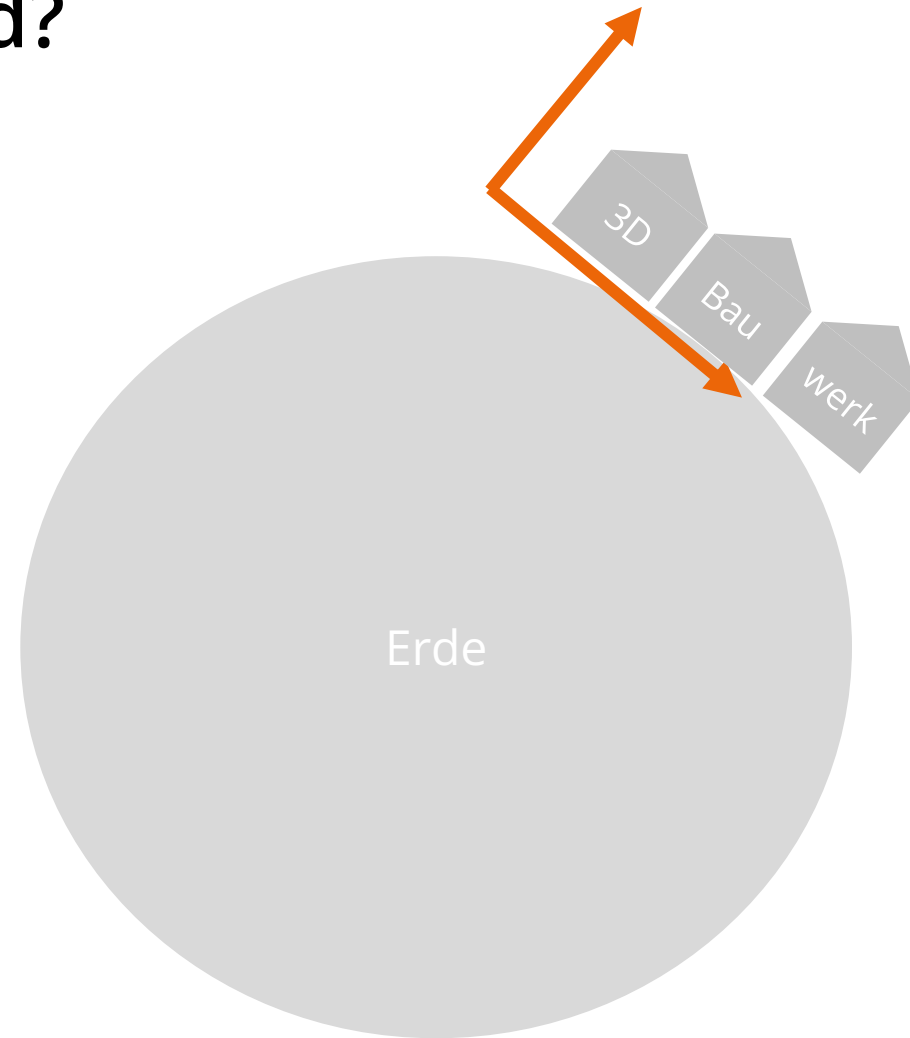




# Die Erde ist eine Kugel – na und?



Koordinaten → Koordination von  
Teilmodellen





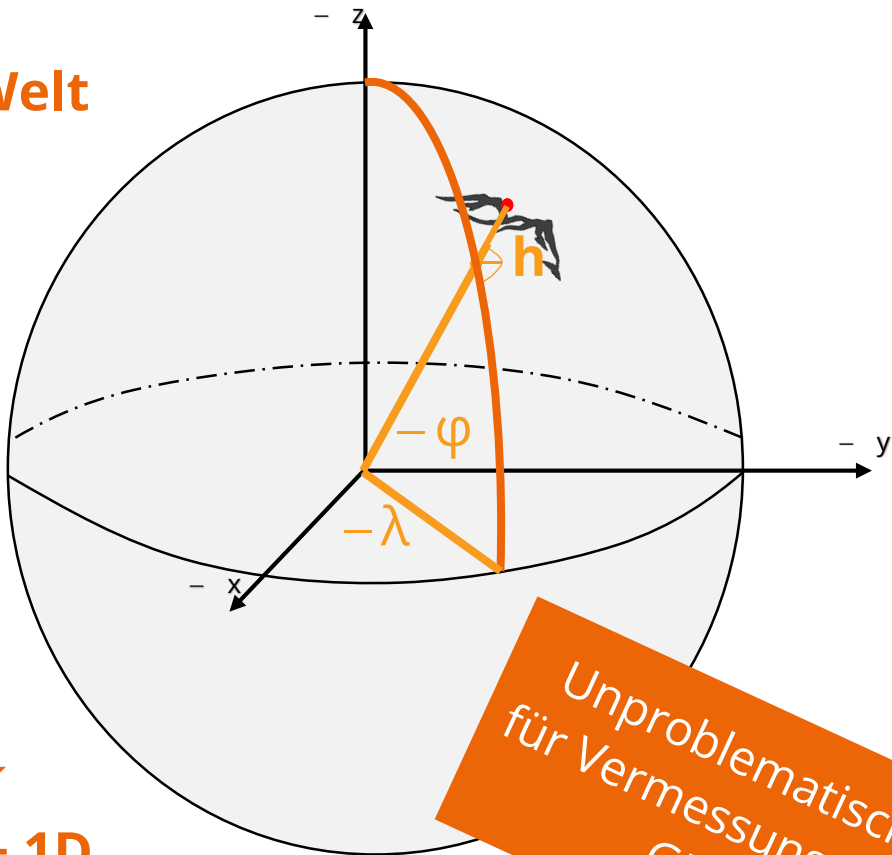
# „Normale“ Georeferenzierung in CAD und GIS

3D-Welt

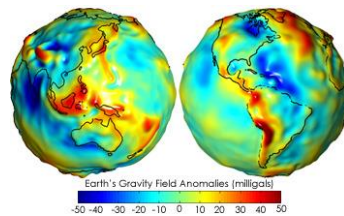


2D + 1D

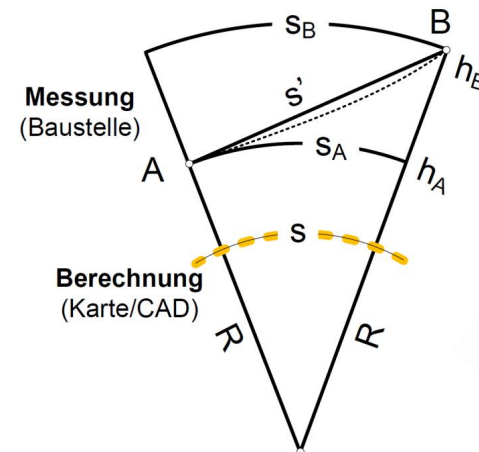
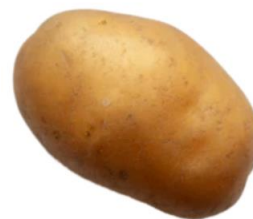
Lage + Höhe  
(CAD/GIS)



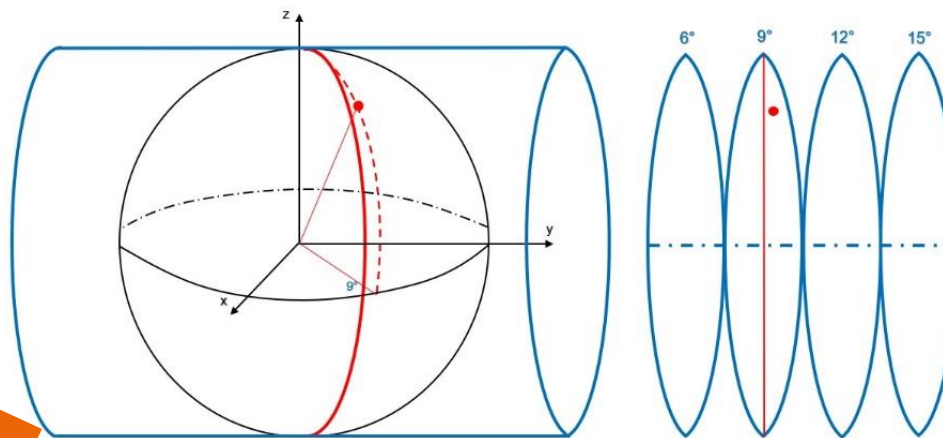
Unproblematisch  
für Vermessung und  
GIS!



Schwerefeld



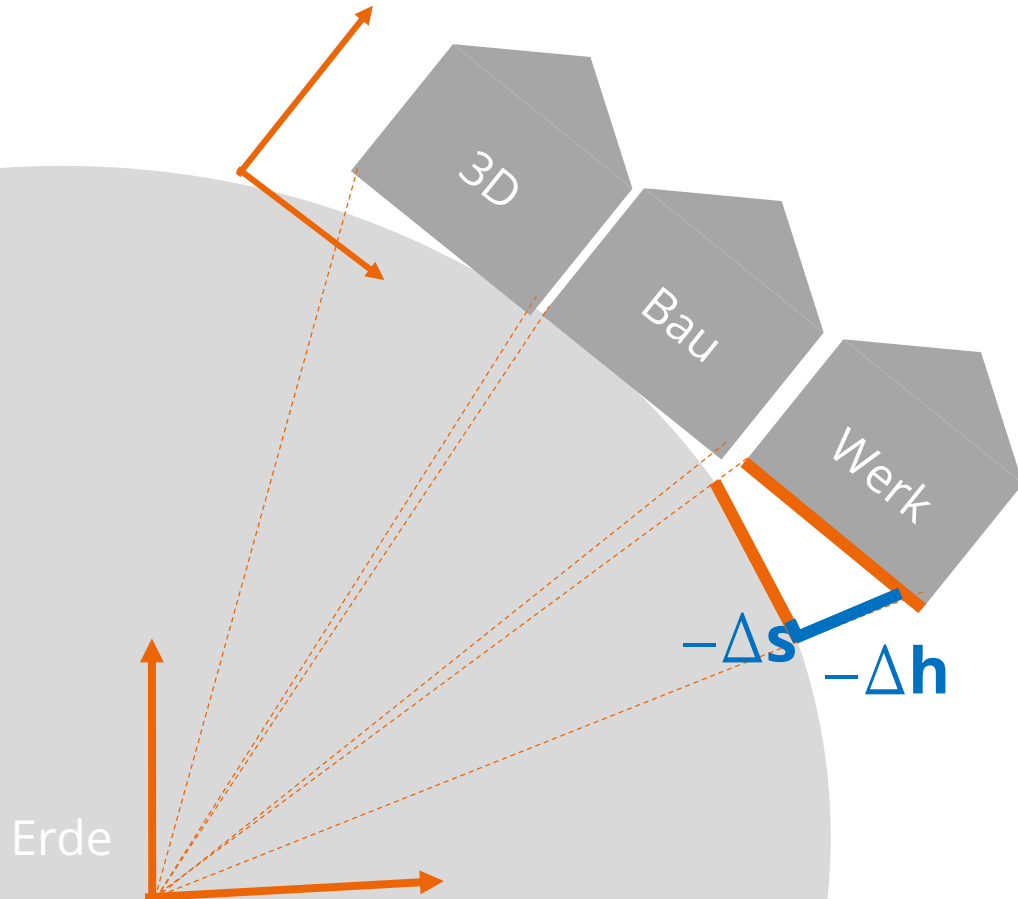
Höhenreduktion



Kartographische Abbildung



# Die Erde ist eine Kugel – na und?



**Abweichungen**  $\Delta$  zwischen lokalem 3D-Modell und globaler Vermessung

$\Delta$  **Höhen** wegen Erdkrümmung

$\Delta h \sim 8 \text{ cm} / 1 \text{ km}$

$\Delta$  **Strecken** wegen 2D-Verebnung (Karte/Plan) und Höhe

$\Delta s$  bis zu 15 cm / 1 km (DB\_REF/GK)

$\Delta s$  bis zu 40 cm / 1 km (ETRS89/UTM)

Relative  $\Delta$  **Koordinatendifferenzen** wegen Meridiankonvergenz bzw. Nordrichtung

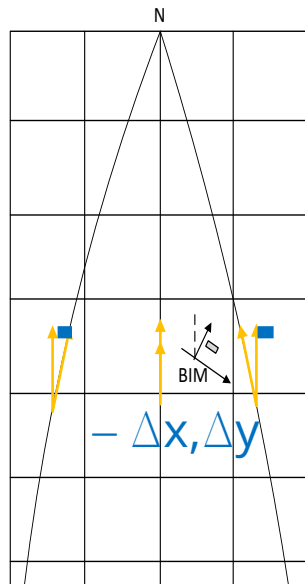
$\Delta x, \Delta y$  bis zu 20 m / 1 km (DB\_REF/GK)

$\Delta x, \Delta y$  bis zu 60 m / 1 km (ETRS89/UTM)

Ursache: 3D-Modellierung in BIM-Projekten kennt keine geodätischen Koordinatenreferenzsysteme

Warum ist Georeferenzierung eigentlich so wichtig?

Höhenproblem  
Maßstabsproblem



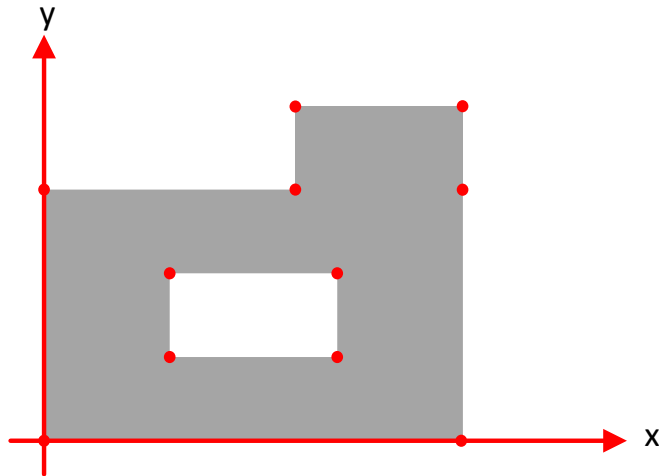
Nordproblem

# Georeferenzierung in den AIA?

openBIM + openGIS!

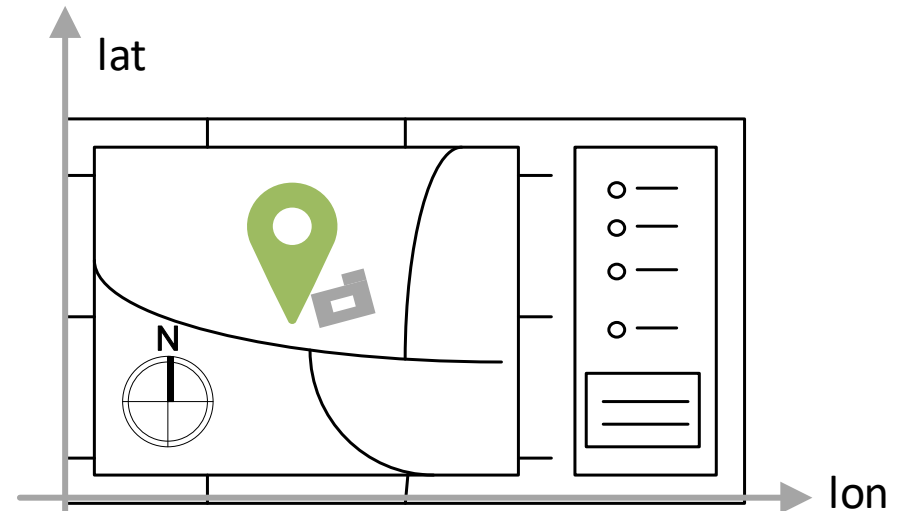


# Was muss in die AIA/BAP? – Keine oder geringe Georeferenzierung



Keine Georeferenzierung, wenn

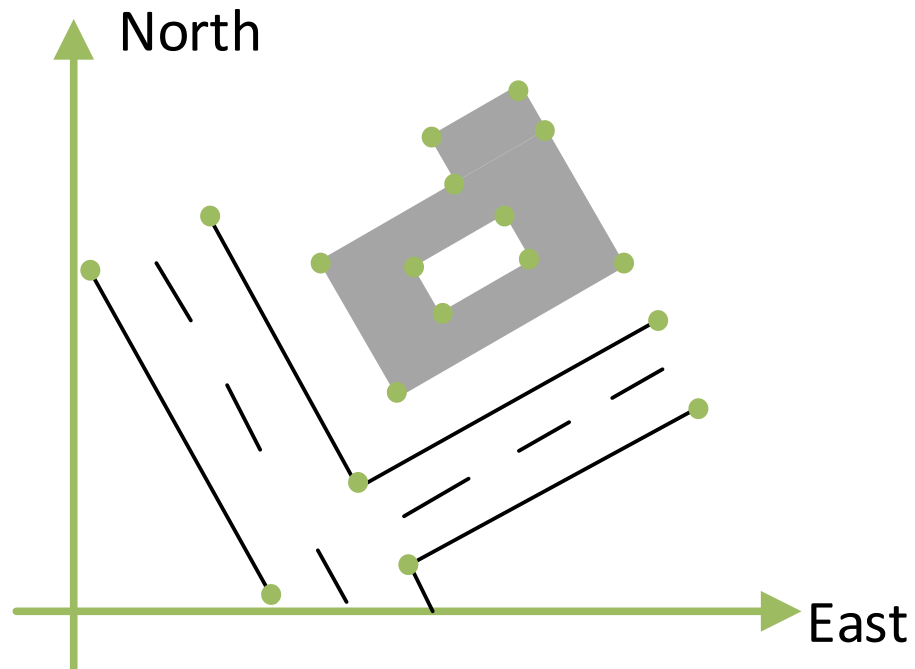
- Keine Vermessungsarbeiten nötig
- Keine Integration von Geodaten gewollt



Metadaten zur globalen geographischen Position

- Keine Vermessungsarbeiten nötig
- Keine Integration von Geodaten gewollt
- + Projekt ist auf Karte als Punkt darstellbar

# Was muss in die AIA/BAP? – Georeferenzierung mit direkter Positionierung

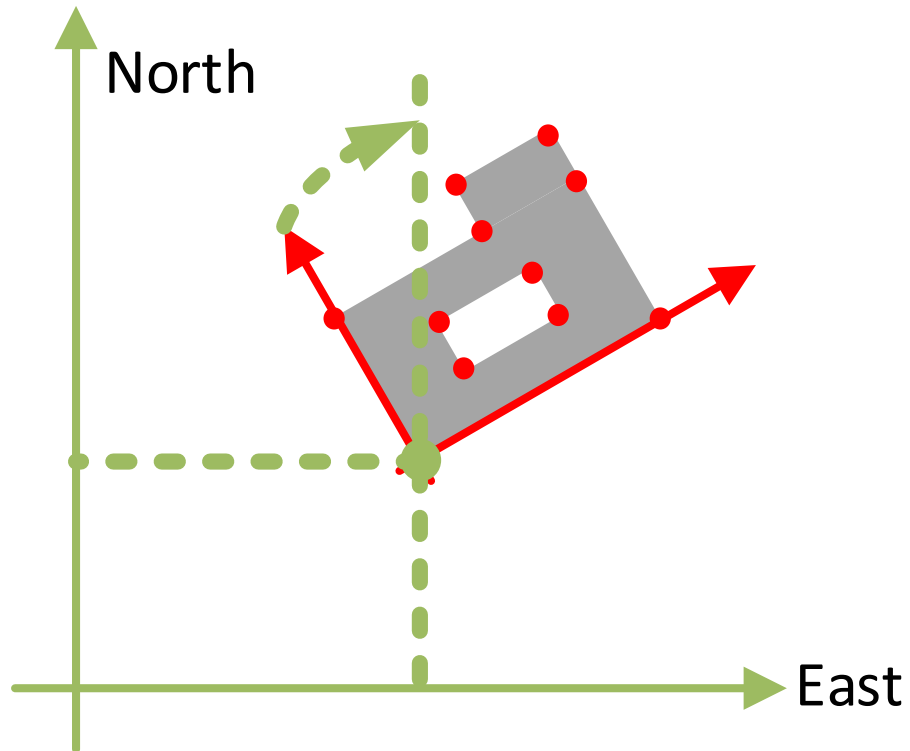


Alle Koordinaten werden direkt im Koordinatenreferenzsystem angegeben

+ Vermessung und Geoinformation

- BIM Autorensystem und Kollaborationsplattformen interpretieren die geodätischen Koordinaten als kartesische Koordinaten („Erde ist eine Scheibe“)

# Was muss in die AIA/BAP? – Georeferenzierung mit Projektbasispunkt (Normalfall)



Alle Koordinaten des Bauwerkes werden im Bauwerkskoordinatensystem angegeben. Zusätzlich werden **Transformationsparameter** zum geodätischen Koordinatenreferenzsystem angegeben,

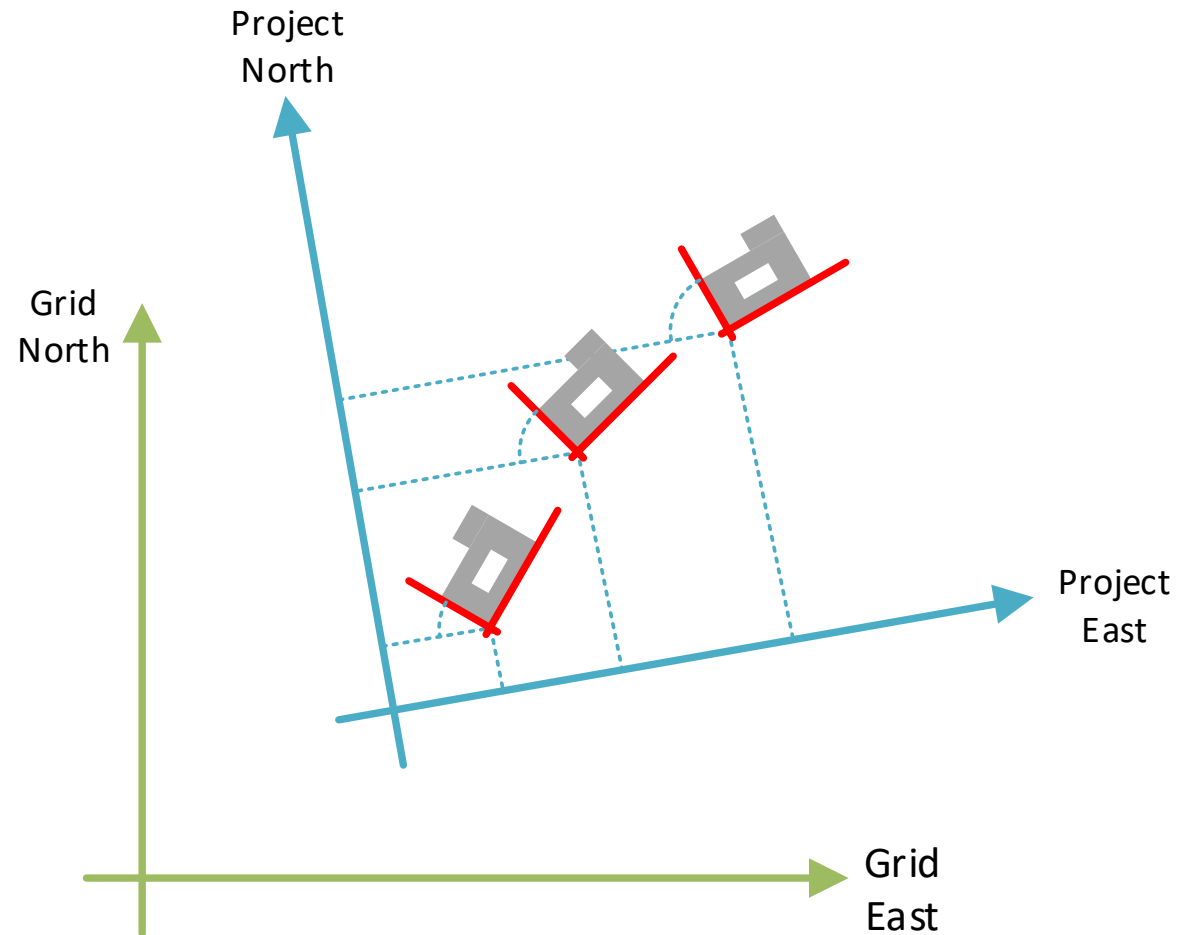
+ Vermessung und Geoinformation

+ BIM Autorensystem und Kollaborationsplattformen interpretieren die geodätischen Koordinaten als kartesische Koordinaten

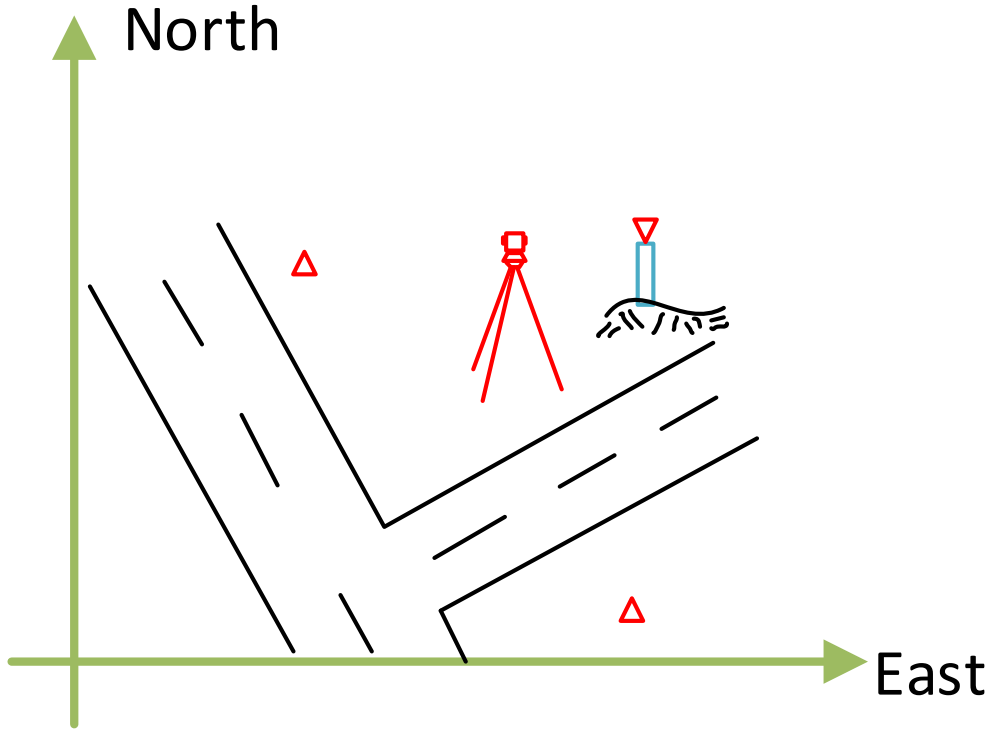
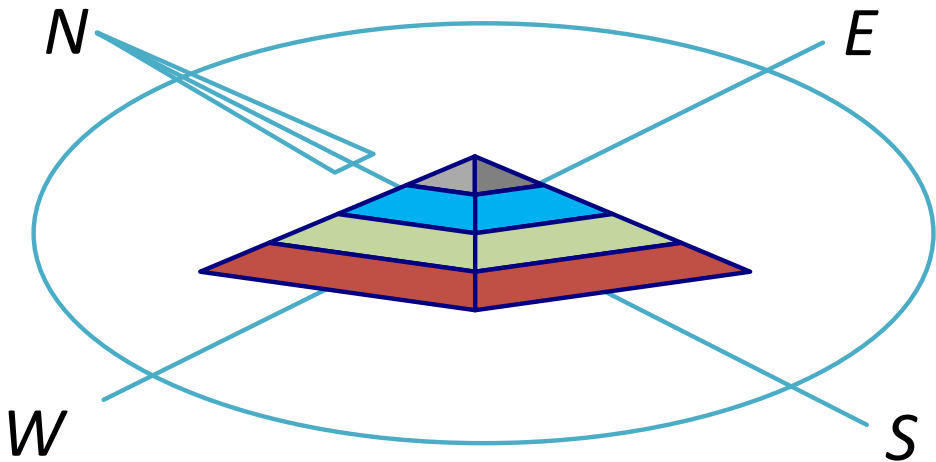
Aber: Bei ausgedehnten Modellen können „kleine“ Abweichungen zwischen Gebäudekoordinaten und geodätischen Koordinaten entstehen, entstehen, wenn Geodaten unsachgemäß verwendet werden. Die „Starrkörper“-Transformation reicht dann nicht mehr aus.



# Georeferenzierung mit lokalem verzerrungsminimiertem Koordinatenreferenzsystem



# Koordinationskörper und Vermessungspunkte (plural!)



# Georeferenzierung und IFC

openBIM + openGIS!



**Vielen Dank!**

**Christian Clemen**  
Fakultät Geoinformation