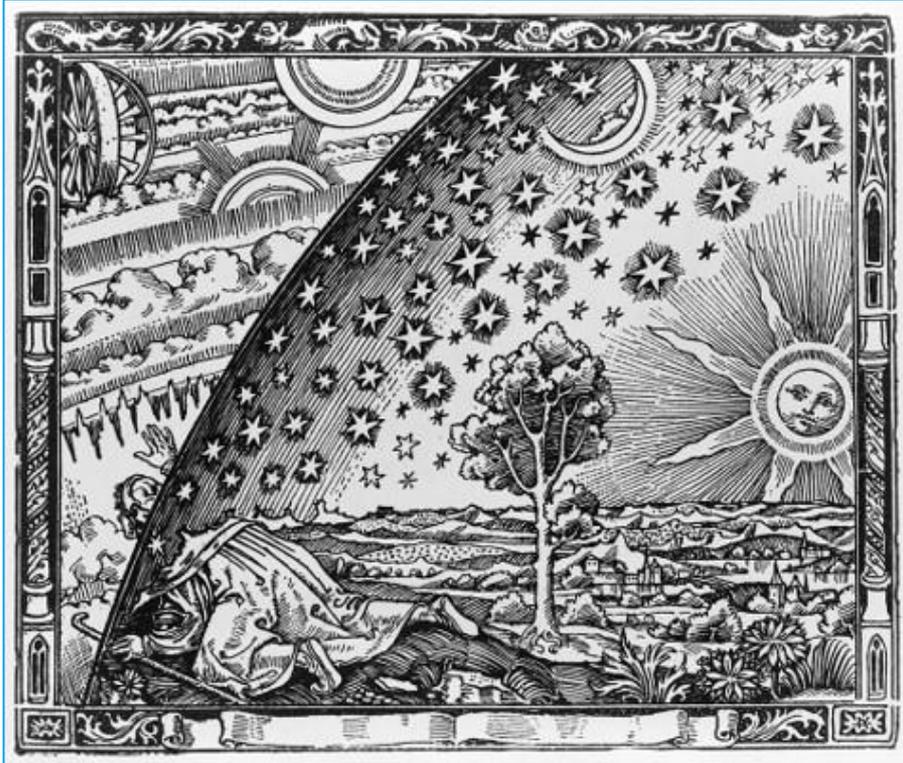


GEOREFERENZIERUNG – WARUM DIE ERDE MANCHMAL EINE SCHEIBE IST

Agenda

GEOREFERENZIERUNG – WARUM DIE ERDE MANCHMAL EINE SCHEIBE IST



- 1) Use Case(„s“) Georeferenzierung
- 2) Phänomenologie der Georeferenzierung
- 3) Koordinatenreferenzsysteme
- 4) Knackpunkt 3D
- 5) VA-System oder „Wenn Mohammed nicht zum Berg kommt,...“
- 6) Georeferenzierung in den AIA
- 7) Qualitätssicherung der Georeferenzierung

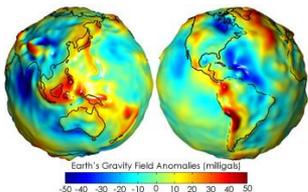
Bildnachweis: Flammarions Holzstich – erstmals erschienen 1888 in Paris als Illustration in einem populären Buch über die Atmosphäre, Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Flache_Erde

Einleitung

VERMESSUNG UND GIS

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

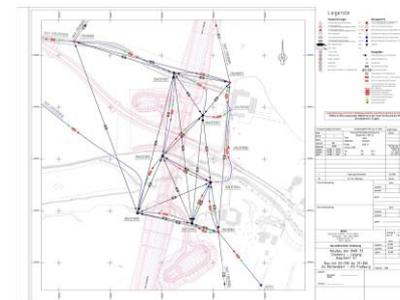
Vom Steuer- zum
Mehrzweckkataster.

Amtlich und Flächendeckend!

Ingenieurgeodäsie

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

**Hohe Genauigkeit und
Zuverlässigkeit!**

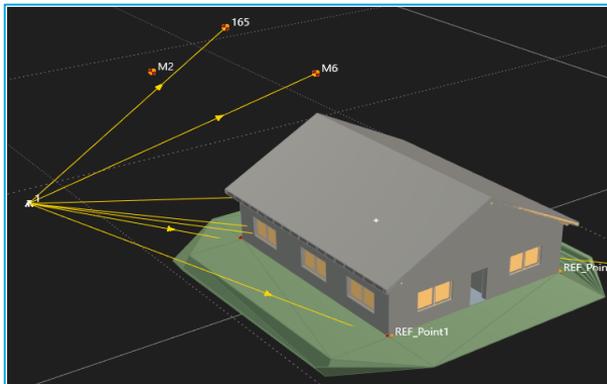




Ergo: Georeferenzierung ist kein „use case“ sondern eine „base-task“

Einleitung

USE CASE („S“) GEOREFERENZIERUNG



Planen

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, ...

Bauen

Ingenieurgeodätisches Grundlagentz

Modellbasierte **Absteckung** und Baumaschinensteuerung (höchste Präzision)

Monitoring für Beweissicherung oder Baufortschritt (z.B. Scan-vs-BIM) mit Punktwolken

Flächenmanagement auf der Baustelle

Betreiben

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

Integriertes Indoor-Outdoor **Facility Management** (gleiches/verknüpftes Koordinatensystem) mit Bauwerks-(BIM) und Geodaten (GIS)

Portfolio Management

Einleitung

PHÄNOMENOLOGIE DER GEOREFERENZIERUNG

A priori Ebene. Mathematischen und geodätische Konzepte wie Koordinatensysteme und Umrechnungsmethoden, Referenzkörper (z.B. Ellipsoid), Kartographische Projektion, Datum und Koordinatentransformation, Koordinatenreferenzsysteme z.B. ETRS89/UTM, Geoid,

Möglichkeiten-Ebene.

Standards: OGC/ISO Standards ISO 19111, ISO 19148, WKT ISO 19162, EPSG codes,

Austauschformate: IFC, GML, native Formate, ...

Software: Konzepte, Implementierung, Parametrierbarkeit,...

Pragmatische-Ebene. „Geospatial Awareness“ im Projektmanagement, Fachwissen und Verständigung, Leitlinien und Qualitätssicherung, Fertigkeiten zur Bedienung der Software, ...





Einleitung

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 „nur“ die Menge mathematischer Regeln zur Festlegung, wie Koordinaten Punkten zugewiesen werden sollen.

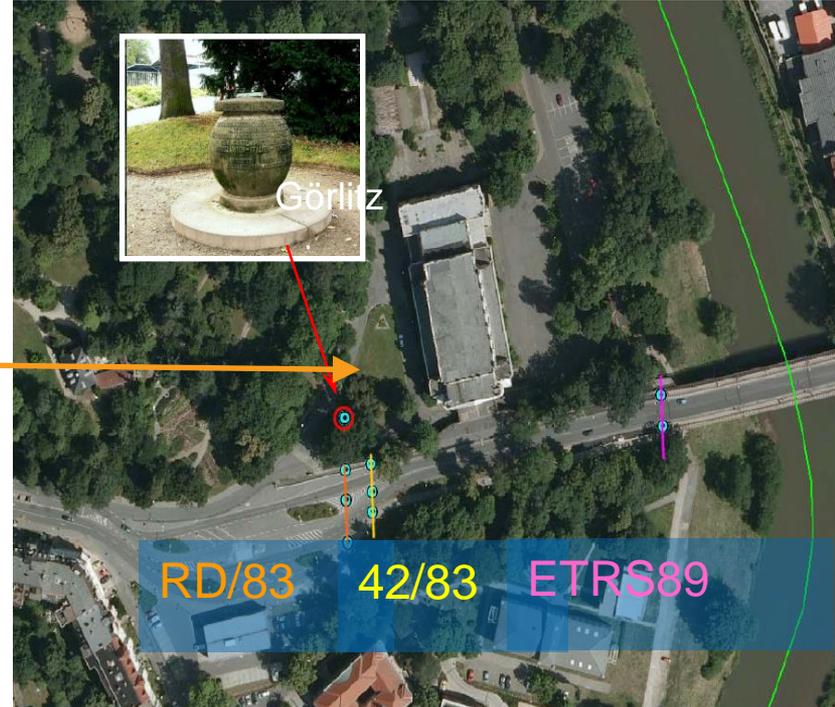
Einleitung

COORDINATENREFERENZSYSTEME



15 ° ÖSTL. LÄNGE IN
VERSCHIEDENEN
REFERENZSYSTEMEN

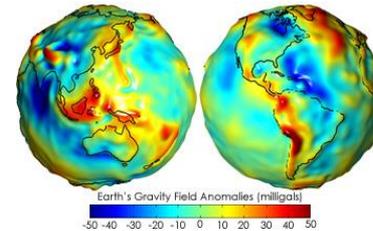
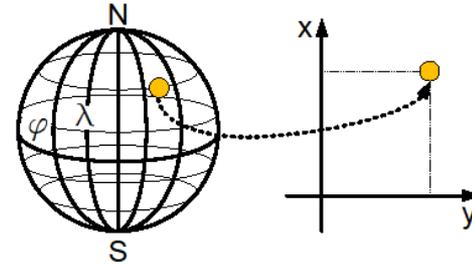
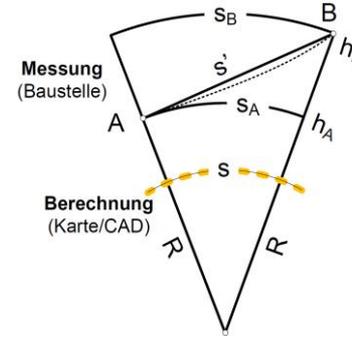
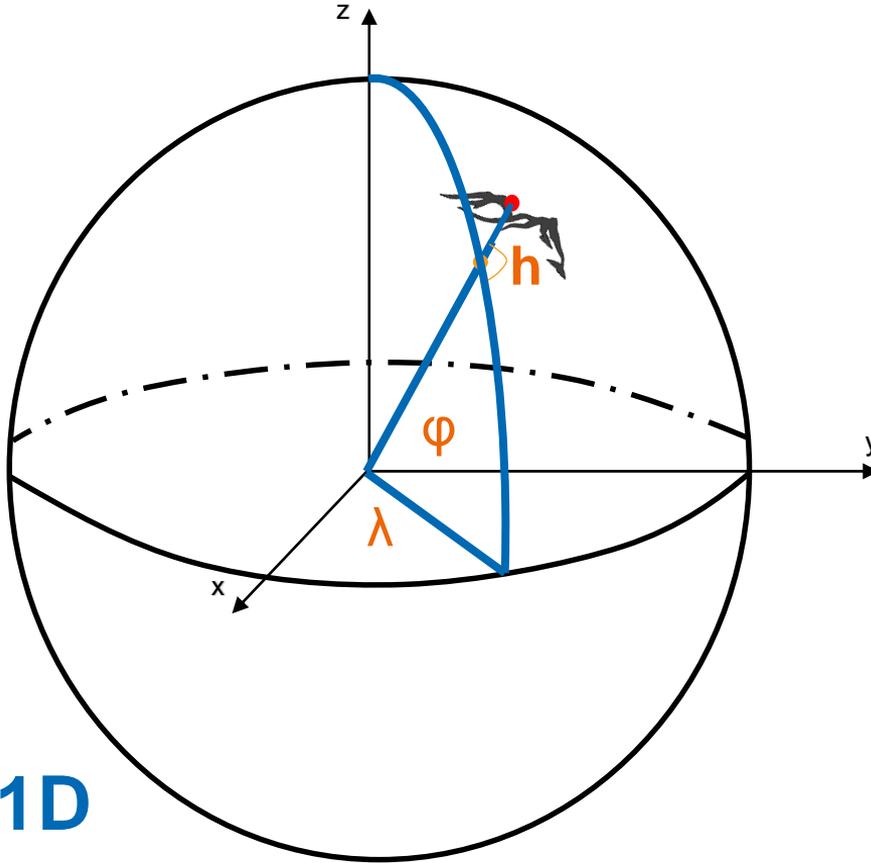
STAATSBETRIEB
GEOBASISINFORMATION
UND VERMESSUNG



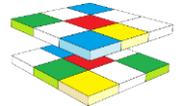
3D



2D+1D



„NORMALE“ GEOREFERENZIERUNG IN VERMESSUNG/GIS/GDI



✓ OK für Vermessung und GIS



Vermessung/GIS und BIM

GEOREFERENZIERUNG

GIS: Georef über direkte Positionierung

Vermessung/GIS

Amtliche Basisdaten, Geofaundaten und topographische Vermessungen liegen typischerweise in einem

- überregionalen,
- verzerrungsbehafteten, weil projizierten (= nach Lage und Höhe getrennten) und
- geodätischen (= erdbezogenen) Koordinatenreferenzsystem vor.

CAD/BIM

3D-Bauwerksmodelle werden im Hoch- und Ingenieurbau hingegen fast immer in einem

- lokalen,
- verzerrungsfreien, weil kartesischen und
- objektbezogenen (= bauwerksbezogenen) Koordinatensystem erstellt.

BIM: Georef über relative Positionierung

Wird das 3D-Koordinatensystem des Bauwerksmodells mittels geometrischer Transformation zum übergeordneten geodätischen Koordinatenreferenzsystem in Bezug gesetzt, spricht man bei BIM von „Georeferenzierung“.

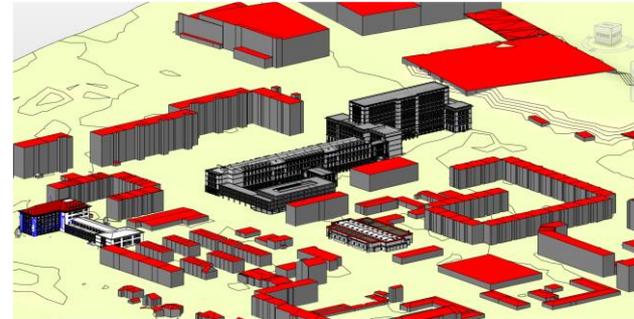
KNACKPUNKT 3D

Vermessung/GIS und BIM KNACKPUNKT 3D

BIM-Modellierungssoftware



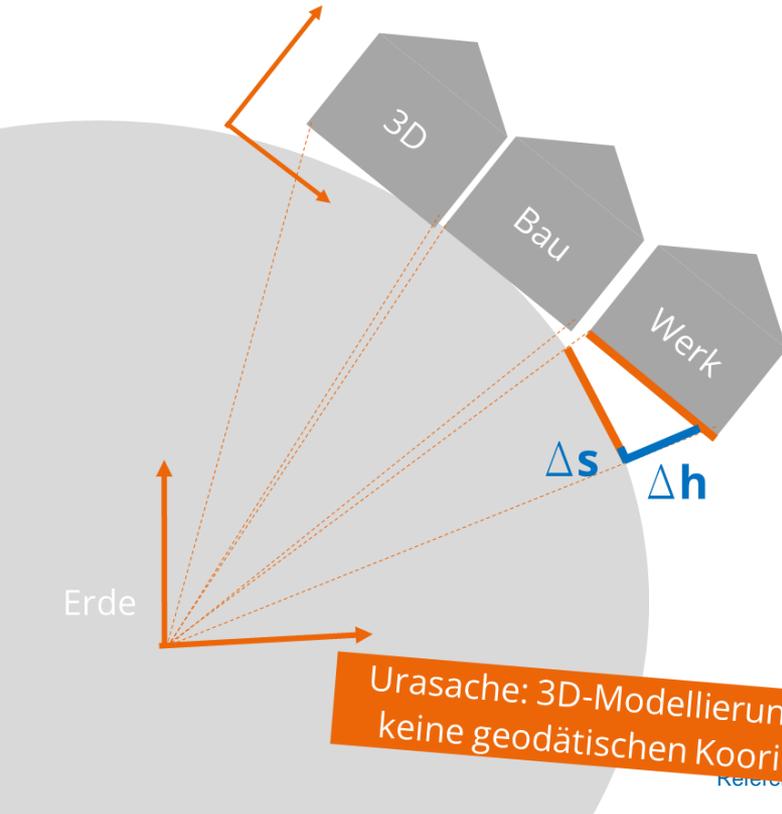
BIM-Koordinierungssoftware



- + 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

Georeferenzierung

DIE ERDE IST EINE KUGEL – NA UND?



Abweichungen Δ zwischen lokalem 3D-Modell und globaler Vermessung

Δ Höhen wegen Erdkrümmung

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

Δ Strecken wegen 2D-Verebnung (Karte/Plan) und Höhe

Δs bis zu 15 cm / 1 km (DB_REF/GK)

Δs bis zu 40 cm / 1 km (ETRS89/UTM)

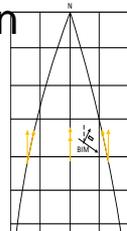
Relative **Δ Koordinatendifferenzen** wegen Meridiankonvergenz bzw. Nordrichtung

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

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

Höhenproblem

Maßstabsproblem

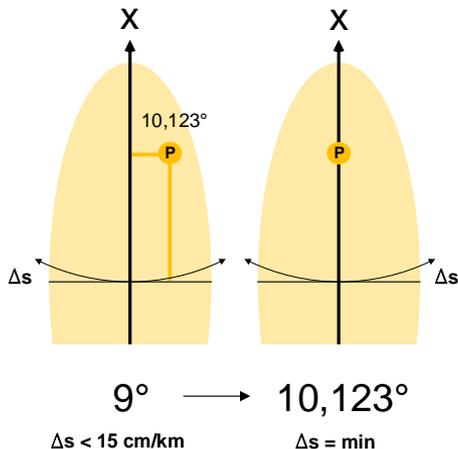


Nordproblem

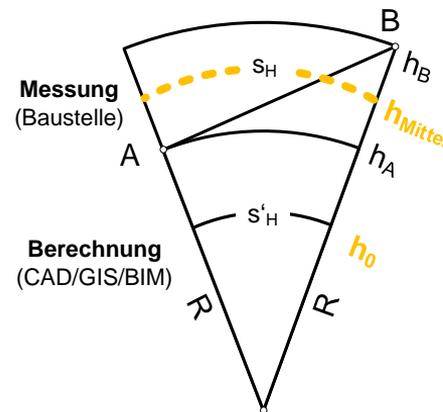
Ursache: 3D-Modellierung in BIM-Projekten kennt keine geodätischen Koordinatenreferenzsysteme

Georeferenzierung

WENN DER PROPHET NICHT ZUM BERG KOMMT, MUSS DER BERG.... WENN DAS BIM NICHT ZUM GIS KOMMT, MUSS DAS GIS....



Mittermeridian durch Projektgebiet
 $\rightarrow m_{Abb} = m_{Modell} = 1$



$$m_{Modell/Natur} = 1$$

$$*m_H \updownarrow *1/m_H$$

$$m_{ell}$$

Inverse Höhereduktion $1/m_H$ auf Koordinaten
 $\rightarrow m_{Modell} = 1$

Georeferenzierung

WIE „GEHEN“?

Parameterdatei für GIS/CAD

```
PROJCS ["Sternstrasse", GEOGCS ["ETRS89", DATUM ["E  
uropean_Terrestrial_Reference_System_1989", SPH  
EROID ["GRS  
1980", 6378137, 298.257222101]], PRIMEM ["Greenwic  
h", 0], UNIT ["degree", 0.0174532925199433, AUTHORI  
TY ["EPSG", "9122"]], AUTHORITY ["EPSG", "4258"]], P  
ROJECTION ["Transverse_Mercator"], PARAMETER ["ce  
ntral_meridian", 13.698889690776], PARAMETER ["la  
titude_of_origin", 51.075565832173], PARAMETER ["  
scale_factor", 1.000024], PARAMETER ["false_easti  
ng", 5000], PARAMETER ["false_northing", 10000], UN  
IT ["metre", 1, AUTHORITY ["EPSG", "9001"]], AXIS ["E  
", EAST], AXIS ["N", NORTH]]
```

```
cs2cs -d 12 -v +proj=utm +zone=33  
+ellps=GRS80 +to +proj=tmerc  
+lat_0=51.075565832173  
+lon_0=13.698889690776 +k=1.000024  
+x_0=5000 +y_0=10000 +ellps=GRS80 +units=m  
+no_defs Festpunkte_ausgeglichen.txt
```

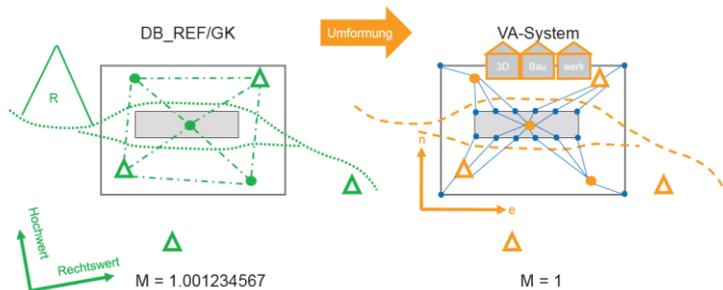
Punkte selber transformieren

Georeferenzierung

BSP. VA-SYSTEME „KOORDINATENSYSTEM PERSONENBAHNHÖHE“

Georeferenzierung von 3D-Modellen mit dem VA-System für Personenbahnhöfe

Das neue „Koordinatensystem Personenbahnhöfe“ minimiert systematische Abweichungen zwischen Vermessung und 3D-Planung.

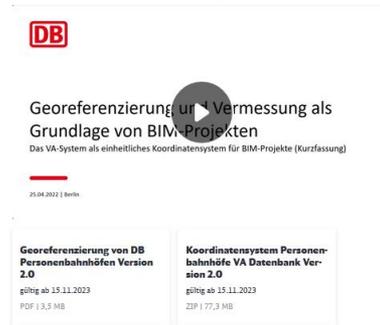


Christian Clemen, Enrico Romanschek, Andrej Fleischer: „Georeferenzierung von 3D-Modellen mit dem VA-System für Personenbahnhöfe“, EI - Der Eisenbahningenieur, EI November 2023, S.56-59 ([Link](#))



05 BIM - Georeferenzierung für DB Personenbahnhöfen in BIM Projekten

Georeferenzierung für DB Personenbahnhöfen in BIM Projekten

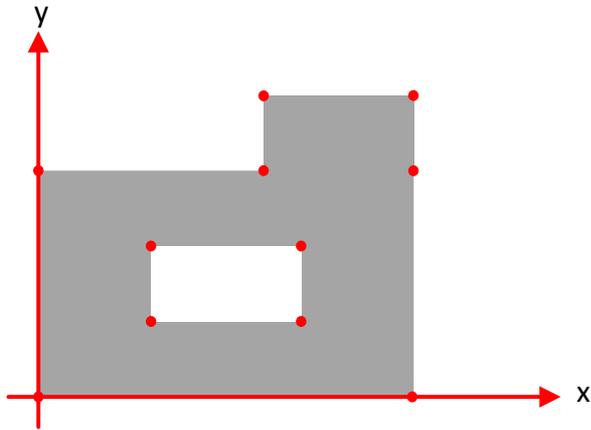


KNACKPUNKT MANAGEMENT

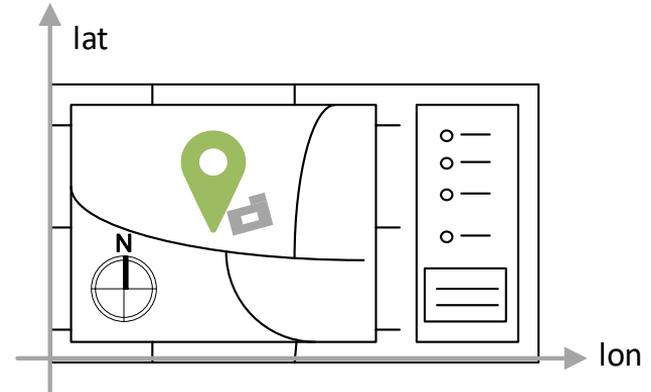


Georeferenzierung im BIM Projektmanagement

KEINE ODER GERINGE GEOREFERENZIERUNG



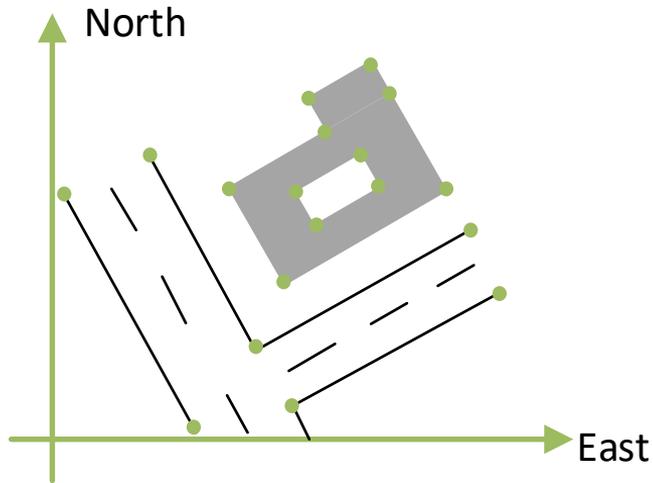
Keine Georeferenzierung, wenn
Keine Vermessungsarbeiten nötig
Keine Integration von Geodaten gewollt



Metadaten zur globalen geographischen Position
-Keine Vermessungsarbeiten nötig
-Keine Integration von Geodaten gewollt
+ Projekt ist auf Karte als Punkt darstellbar

Georeferenzierung im BIM Projektmanagement

GEOREFERENZIERUNG MIT DIREKTER POSITIONIERUNG



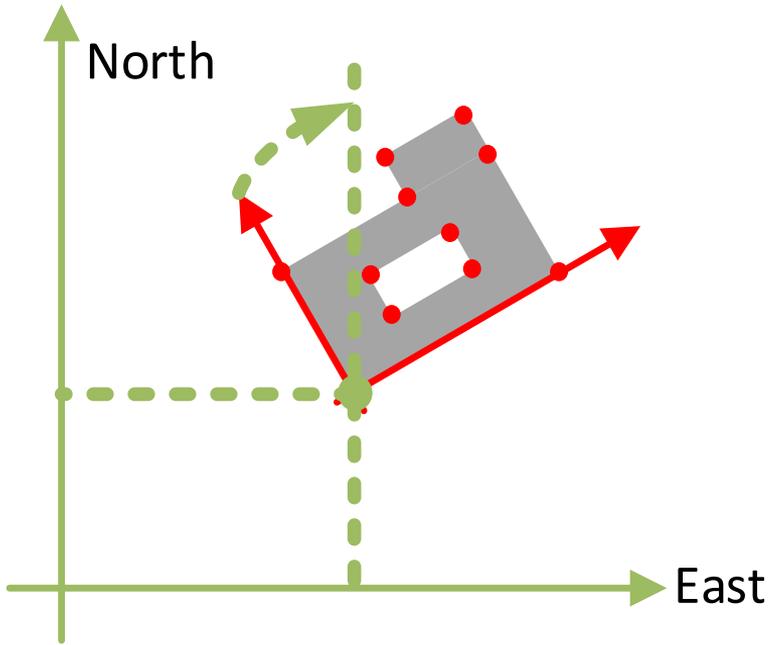
Alle Koordinaten werden direkt im Koordinatenreferenzsystem angegeben

+ Vermessung und Geoinformation

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

Georeferenzierung im BIM Projektmanagement

GEOREFERENZIERUNG MIT BAUWERKSREFERENZPUNKT (KL. NORMALFALL)



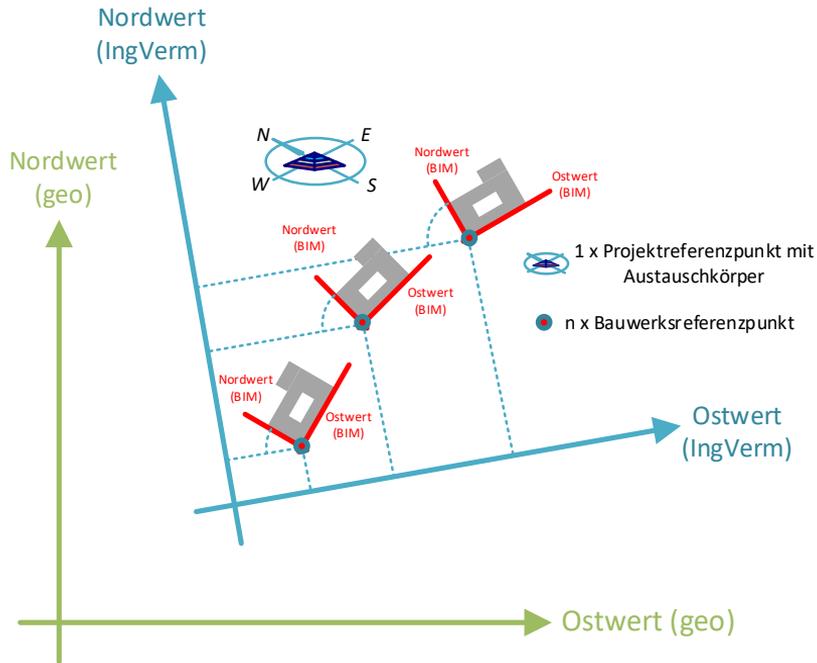
Alle Koordinaten des Bauwerkes werden im **Bauwerkskoordinatensystem** angegeben. Zusätzlich werden **Transformationsparameter** zum geodätischen **Koordinatenreferenzsystem** angegeben,

- + Vermessung und Geoinformation
- + BIM Autorensystem und Kollaborationsplattformen

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 im BIM Projektmanagement

GEOREFERENZIERUNG MIT BAUWERKSREFERENZPUNKT (GR. NORMALFALL)



1) Ingenieurvermessung: Low-Distortion-Projected KRS (LDP, z.B. VA-System)

2) Pro Teilmodell ein **Bauwerksreferenzpunkt**:

a) Lage Bauwerksreferenzpunkt im geplanten Bauwerk

b) Vier Parameter für Georeferenzierung

- Ost- bzw. Rechtswert des Bauwerksreferenzpunktes im horizontalen KRS [mm]
- Nord- bzw. Hochwert des Bauwerksreferenzpunktes im horizontalen KRS [mm]
- Höhe des Bauwerksreferenzpunktes im vertikalen KRS [mm]
- Nordrichtung im horizontalen KRS im Bauwerkskoordinatensystem [$1/1000^\circ$]

3) Bei größeren BIM Projekt mit räumlich getrennten Teilmodelle → zusätzlich ein übergeordneter **Projektreferenzpunkt**, der als Austauschkörper oder Koordinationskörper visualisiert wird.

Ausblick

BIM QUALITÄTSSICHERUNG GEOREFERENZIERUNG

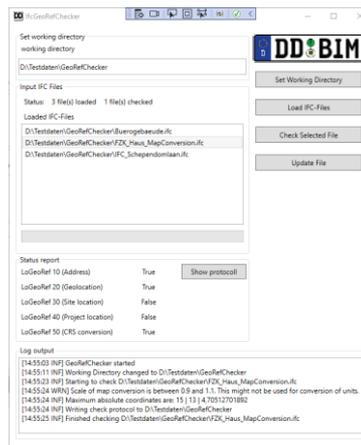
Austausch-Informations-Anforderungen

→ Menschliches Fachwissen



Software

→ Spezielle Prüfsoftware
(IfcGeoRefChecker)



Integrierte QA/QC-Prozess

→ „geoMVD“

→ BIM Prüfwerkzeuge





Abb. 2.2: Allegorische Darstellung der Geometrie mit ihren Emblemen
Richtscheit und Zirkel (um 1570-1600). Johann Sadeler, *Geometria*,