

Georeferenzierung und Vermessung als Grundlage von BIM-Projekten

Christian Clemen

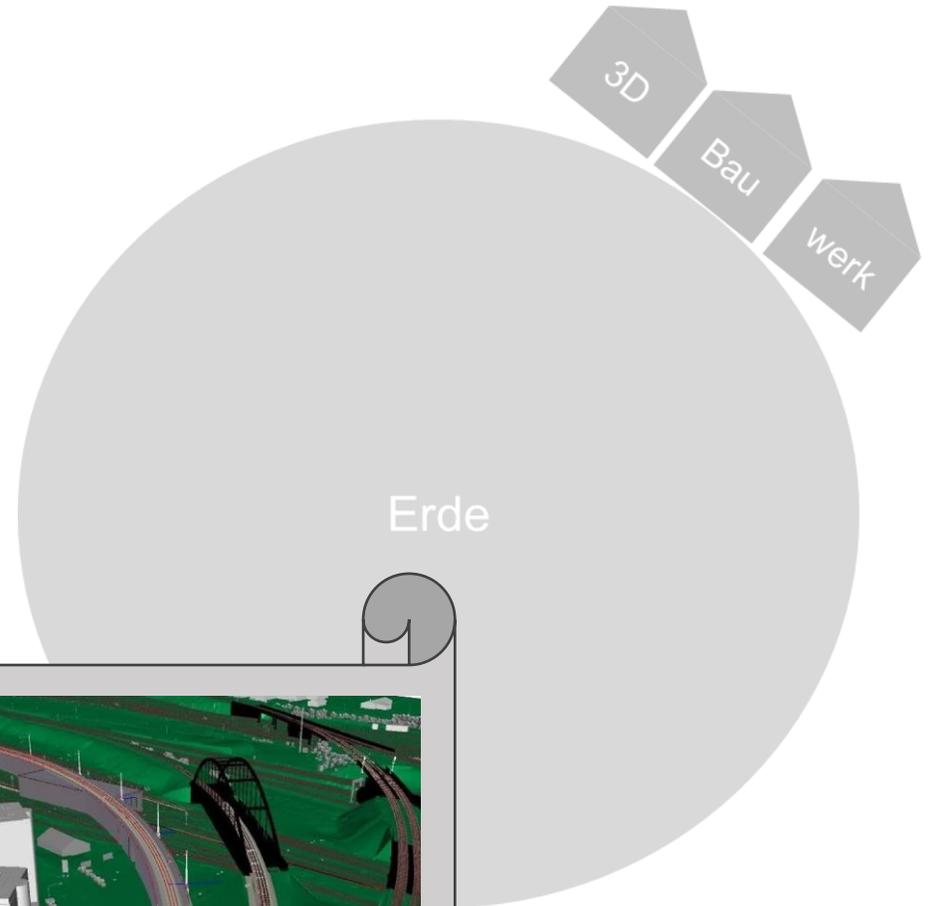
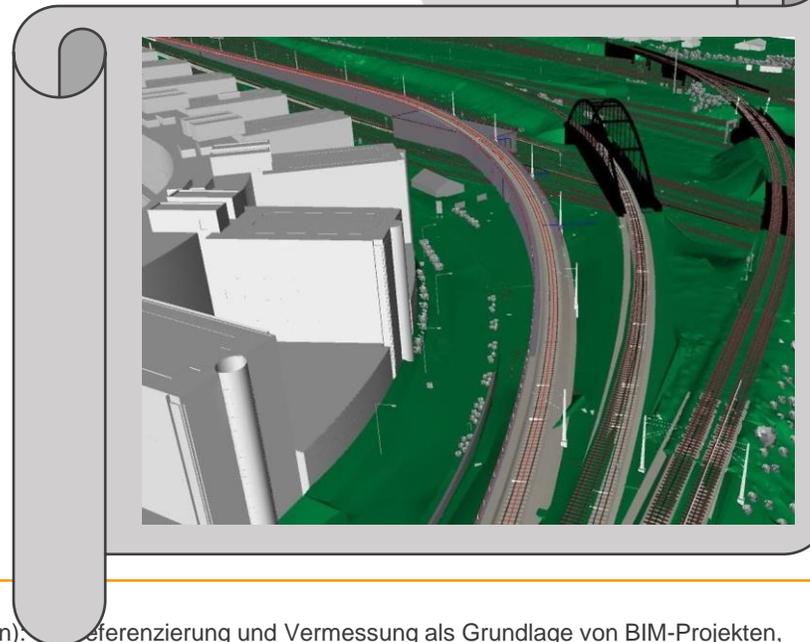


Georeferenzierung und Vermessung als Grundlage von BIM-Projekten

- // Executive Summary
- // Hintergründe für Experten

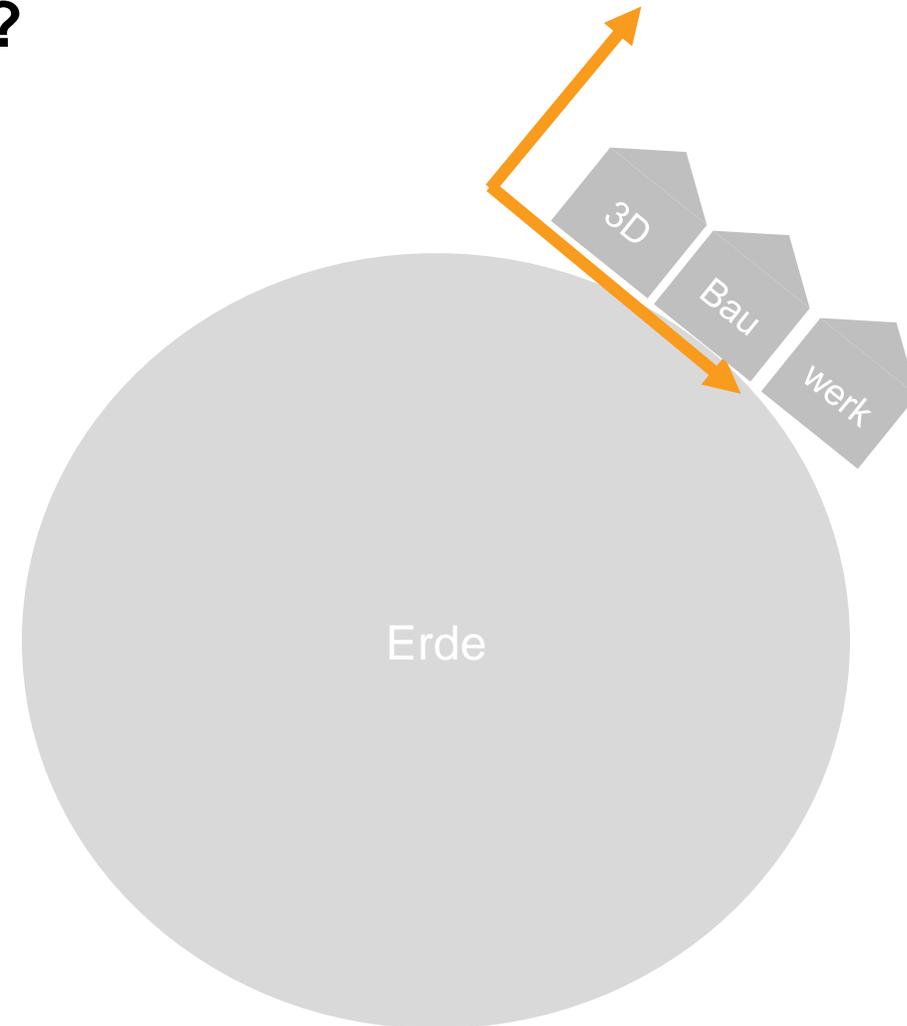
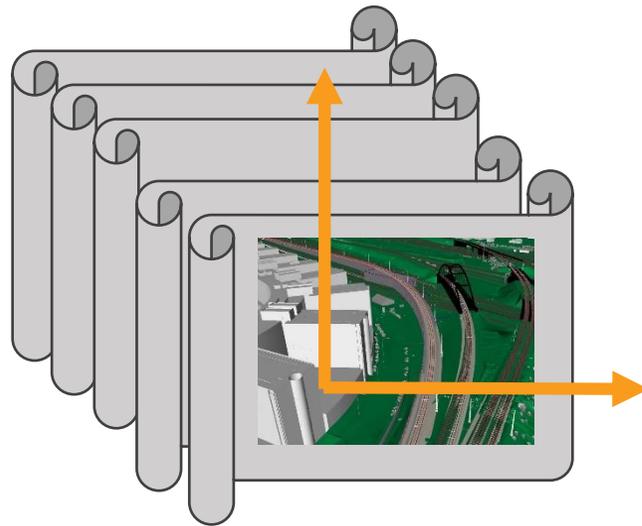
Was wollen wir erreichen?

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



https://www.deutschebahn.com/de/konzern/bahnwelt/bauen_bahn/Building-Information-Modeling-BIM--6876240

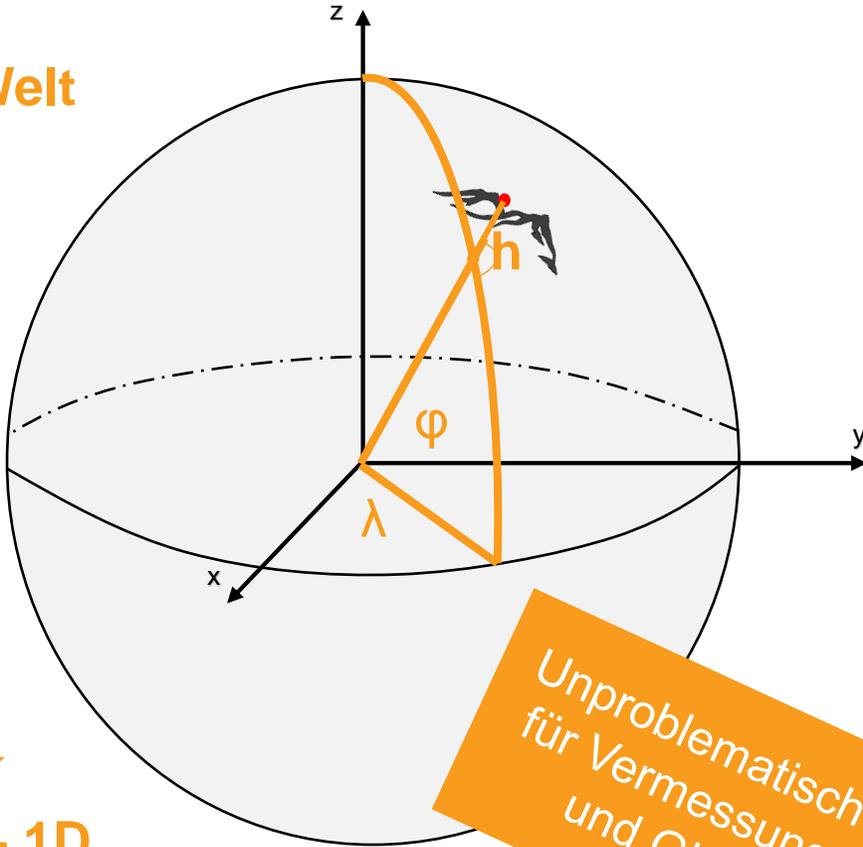
Die Erde ist eine Kugel – na und?



Koordinaten → Koordination von Teilmodellen

„Normale“ Georeferenzierung in CAD und GIS

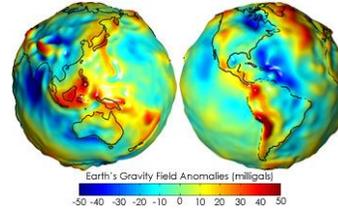
3D-Welt



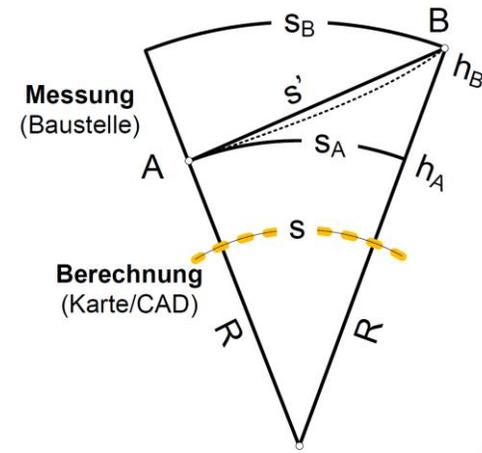
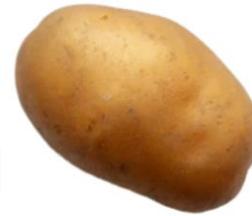
Unproblematisch für Vermessung und GIS!

Geo++

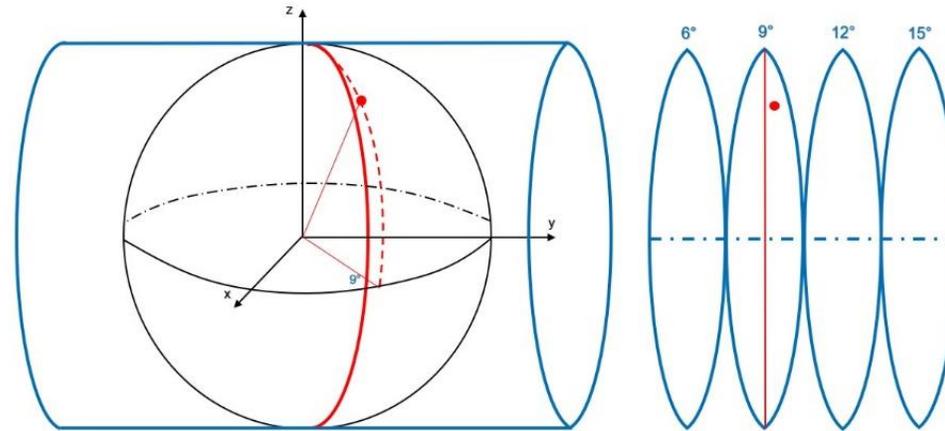
2D + 1D
Lage + Höhe
(CAD/GIS)



Schwerefeld



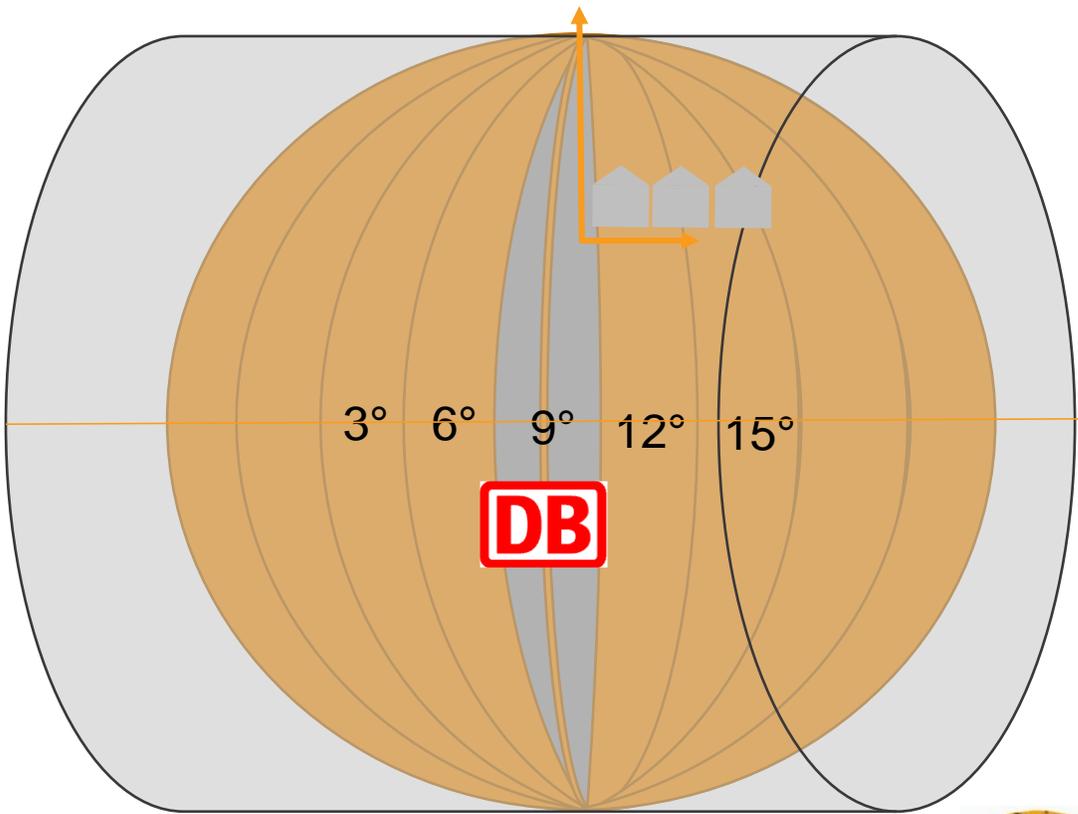
Höhenreduktion



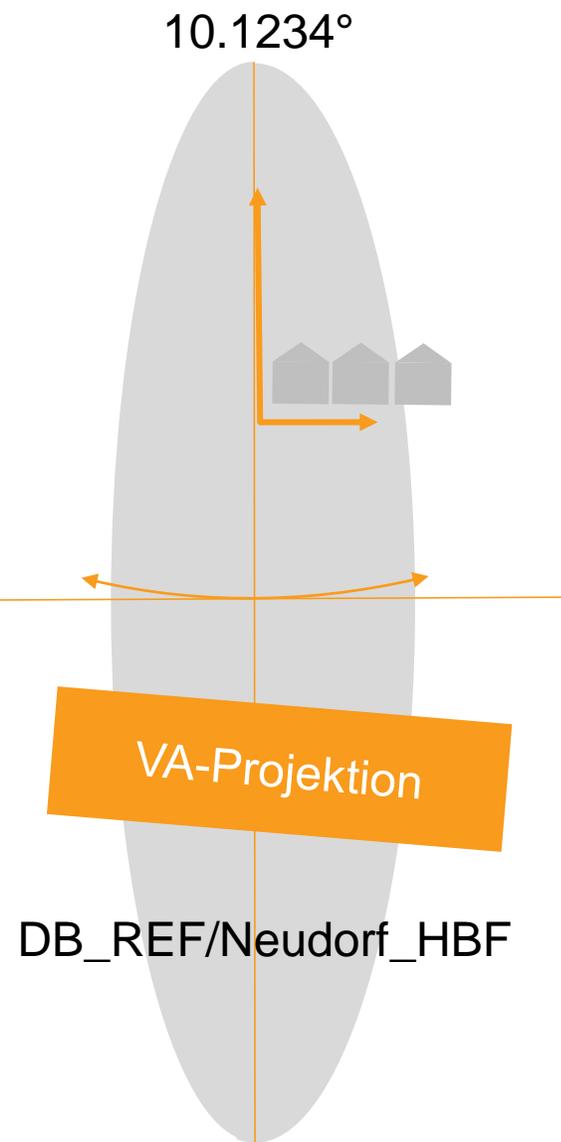
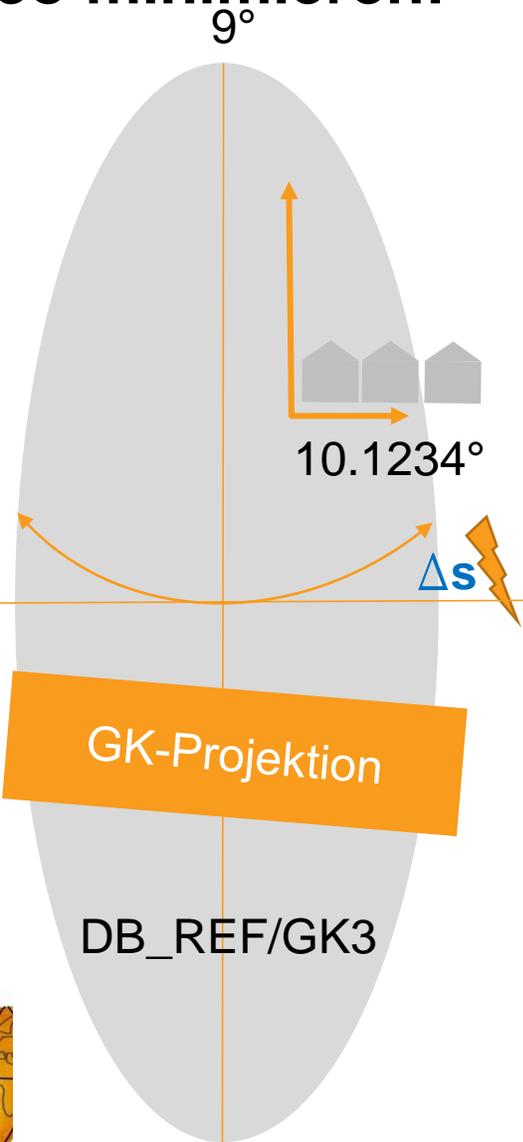
Kartographische Abbildung



Lösung: Abweichungen 3D vs. Geo minimieren!



DB_REF



Was ist mit der neuen VA-Projektion erreicht?

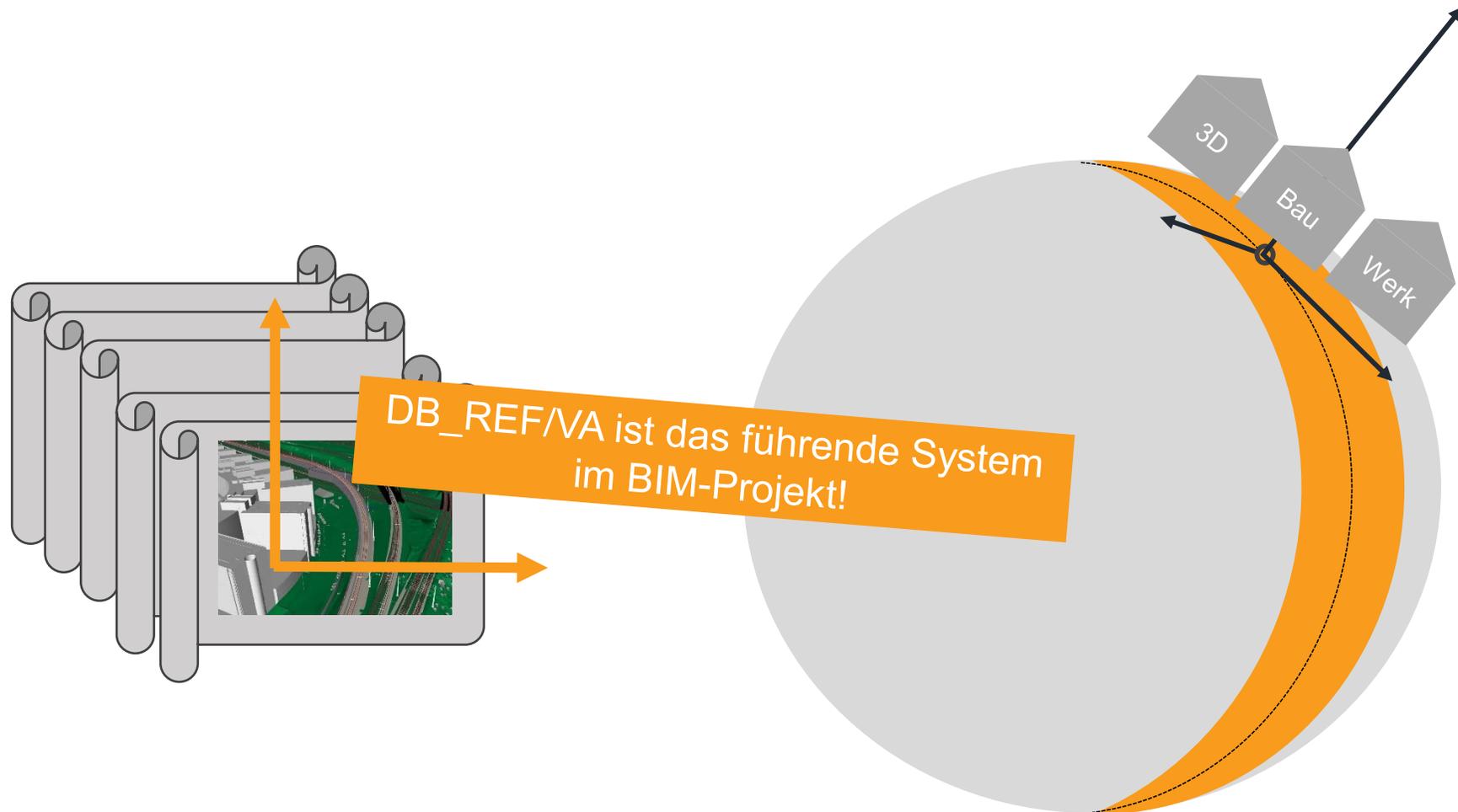
- // **Kontinuität.** Koordinatenreferenzsystem DB_REF/GK wird weiter für Netzmessung und Infrastrukturkataster genutzt
 - // **Automatisch.** Für alle Verkehrsstationen und ausgewählte Verkehrsanlagen wird je eine kartographische Verebnung DB_REF/VA-Projektion definiert, der Mittmeridian geht durch das Projektgebiet
 - // **Einfach für IT.** Zentrale Definition und Deployment als Zeichenkette
 - // **Standardkonform.** DB_REF/VA-Projektion kann standardmäßig von Software für Vermessung, CAD und GIS genutzt werden
 - // **Genau.** Maßabweichungen Δ zwischen georeferenzierten Vermessungen und 3D-Software liegen unterhalb der Modellierungs- und Bautoleranz
- Gute **3D-Planung** und **Bauausführung** mit BIM



```
PROJCS["BSS_Hbf_Hannover",GEOGCS["LL84",DATUM["WGS84",SPHEROID["WGS84",6378137.000,298.25722293],TOWGS84[0.0000,0.0000,0.0000,0.000000,0.000000,0.000000,0.00000000]],PRIMEM["Greenwich",0],UNIT["Degree",0.017453292519943295]],PROJECTION["Cassini-Soldner"],PARAMETER["false_easting",4000.000],PARAMETER["false_northing",2000.000],PARAMETER["central_meridian",9.74166666666667],PARAMETER["latitude_of_origin",52.37638888888890],UNIT["Meter",1.000000000000000]]
```



DB_REF/GK → DB_REF/VA-Projektion = 3D-BIM



Georeferenzierung und Vermessung als Grundlage von BIM-Projekten

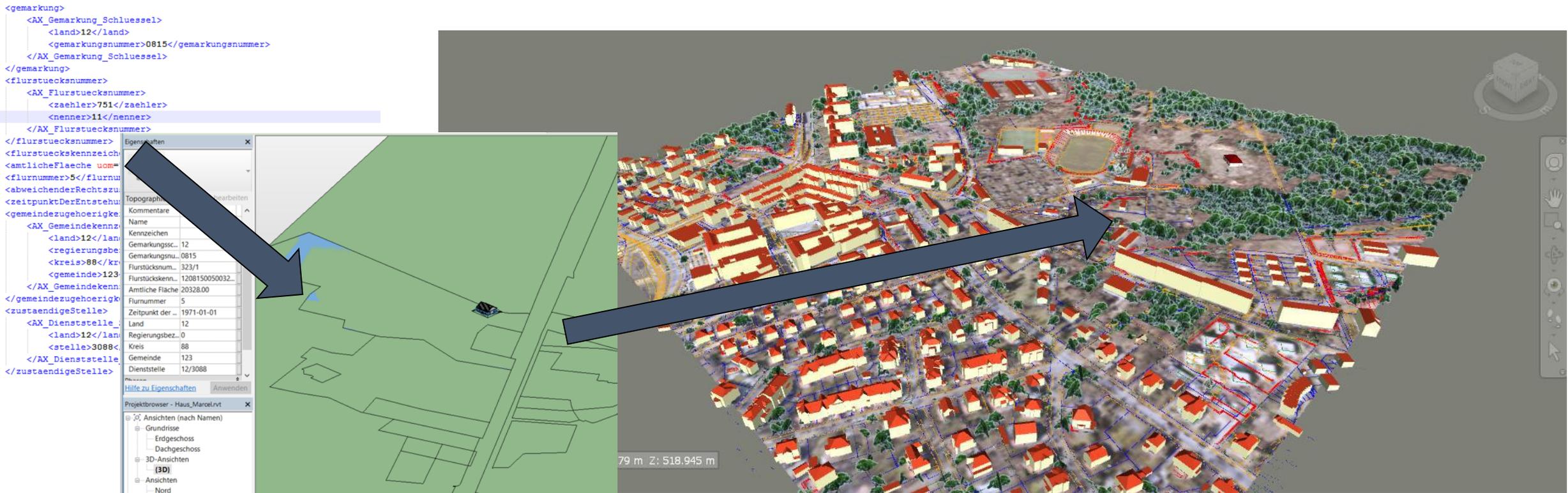
- // Executive Summary
- // BIM, Vermessung und Georeferenzierung
- // Normalfall: Netzverdichtung → Umformung → Bestandsaufnahme → 3D-Bestandsmodellierung
- // Methodik, Programmierung und numerischer Nachweis
- // IT-Umsetzung für Datenbank und Anwendungssoftware

Wozu Georeferenzierung in BIM Projekten?

Visualisierung von Planungsvarianten

GIS nach BIM: Topographischer Kontext der VA, Liegenschaftsgrenzen, Erdarbeiten, ...

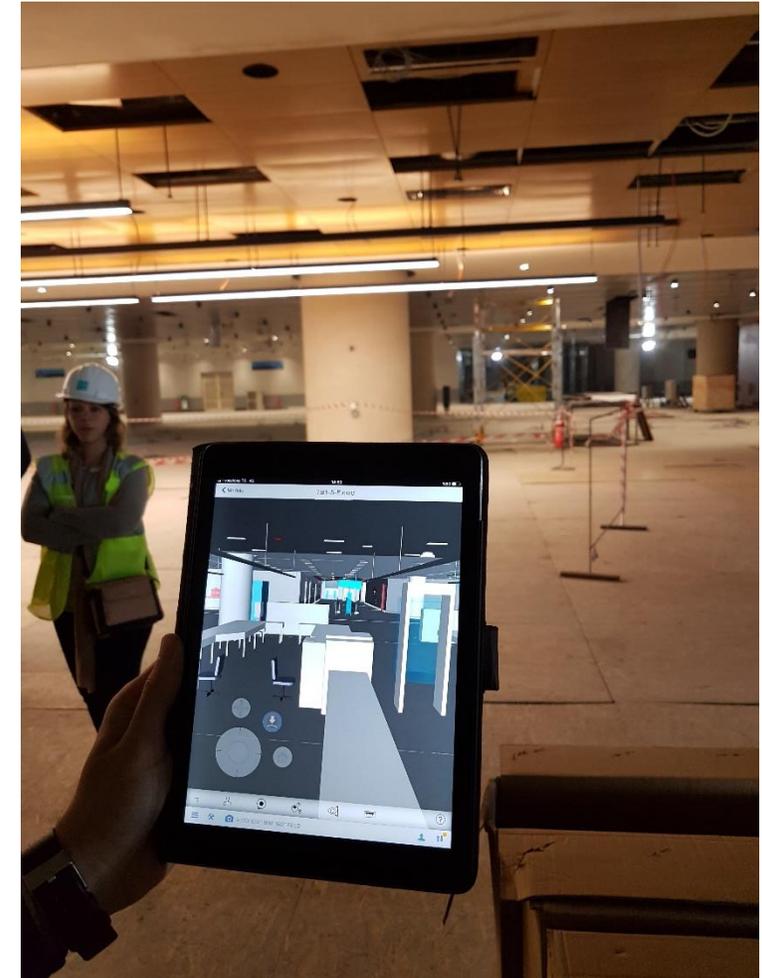
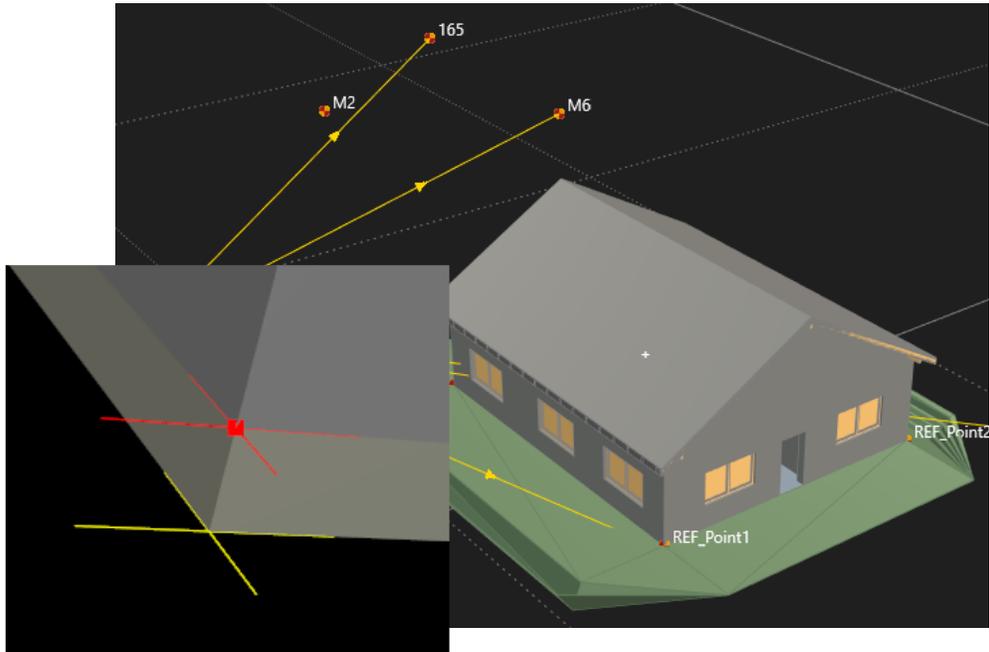
BIM nach GIS: Bauwerksmodelle und Geodaten für Umweltanalysen, Verkehrsauslastung, Planfeststellung, ...



Wozu Georeferenzierung in BIM Projekten?

Modellbasierte Bauausführung:

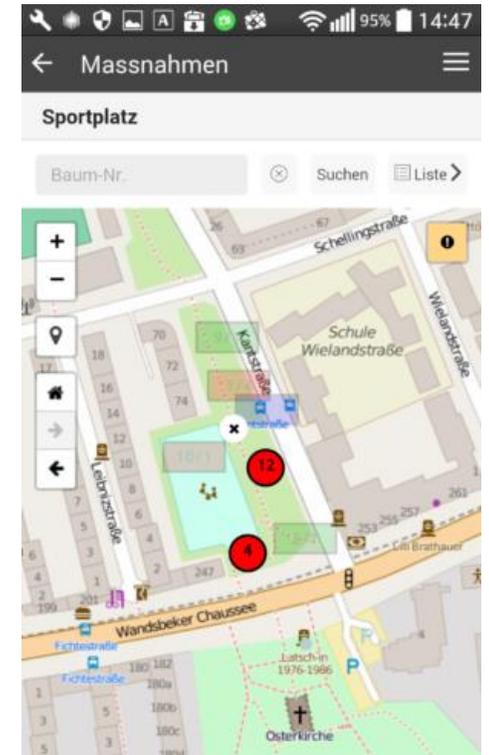
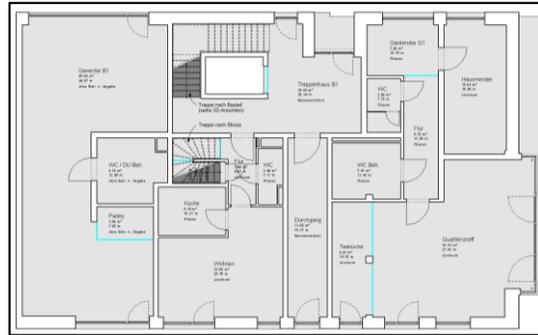
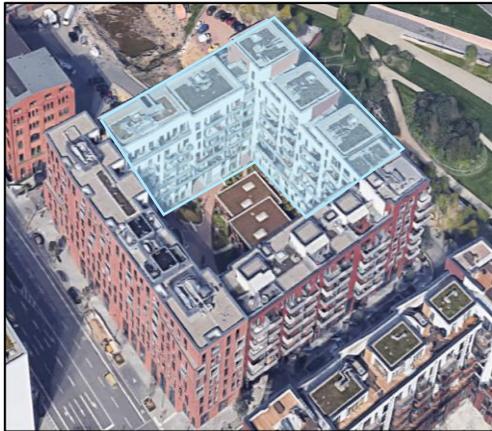
- Absteckung und Baumaschinensteuerung (höchste Präzision)
- Monitoring des Baufortschritt (z.B. mit Punktwolken)
- Flächenmanagement auf der Baustelle



Wozu Georeferenzierung in BIM Projekten?

Betrieb - Bekannte Transformationen für Karte, Grundriss und Sensor:

- Indoor-Outdoor Navigation
- Integriertes Facility Management



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



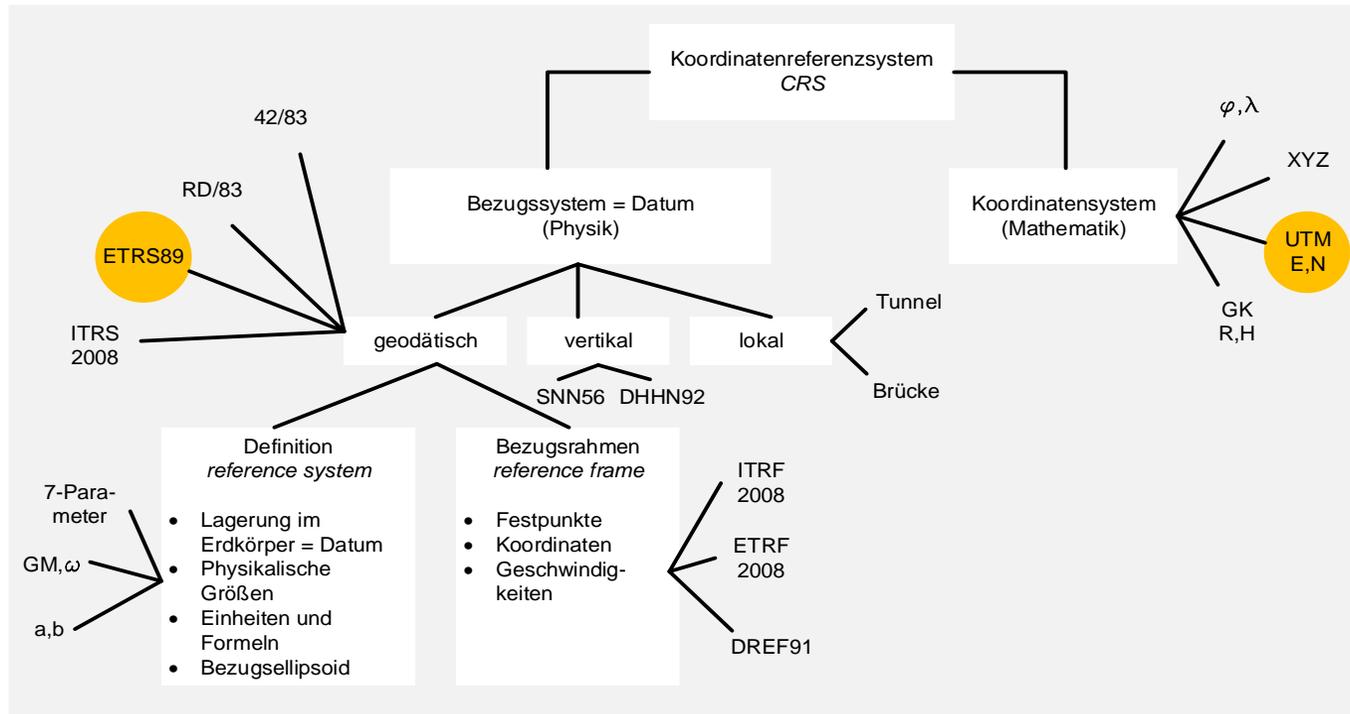
Projekt-Basispunkt



Vermessungspunkt

„Normale“ Georeferenzierung in GIS und GDI

Begriffe der ISO19111



✓ OK für Vermessung und GIS

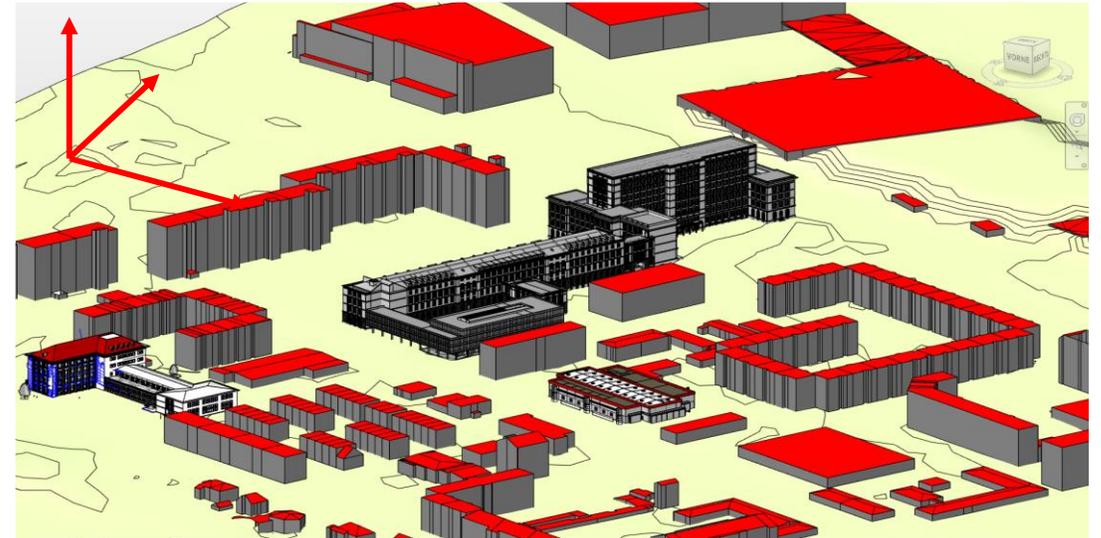


Georeferenzierung bei BIM-Modellierung und BIM-Koordination

// BIM-Modellierungssoftware

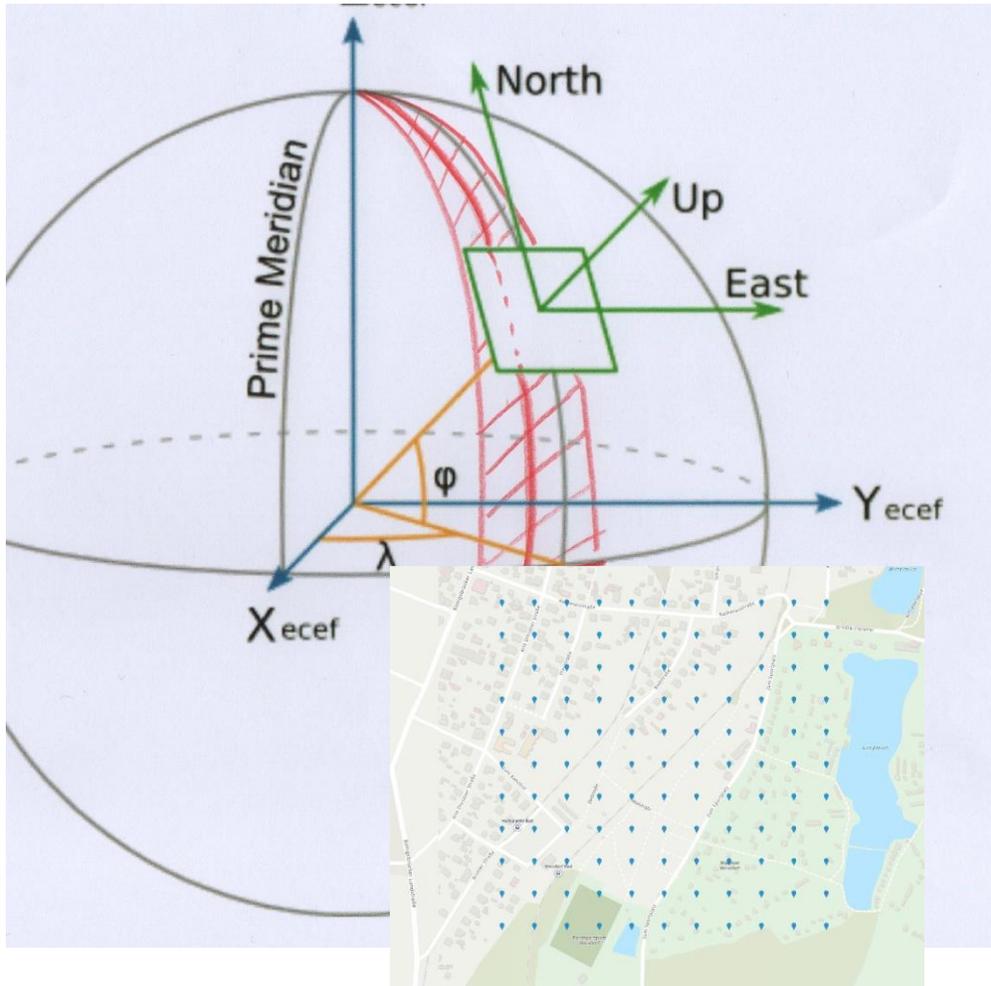


// BIM-Koordinierungssoftware

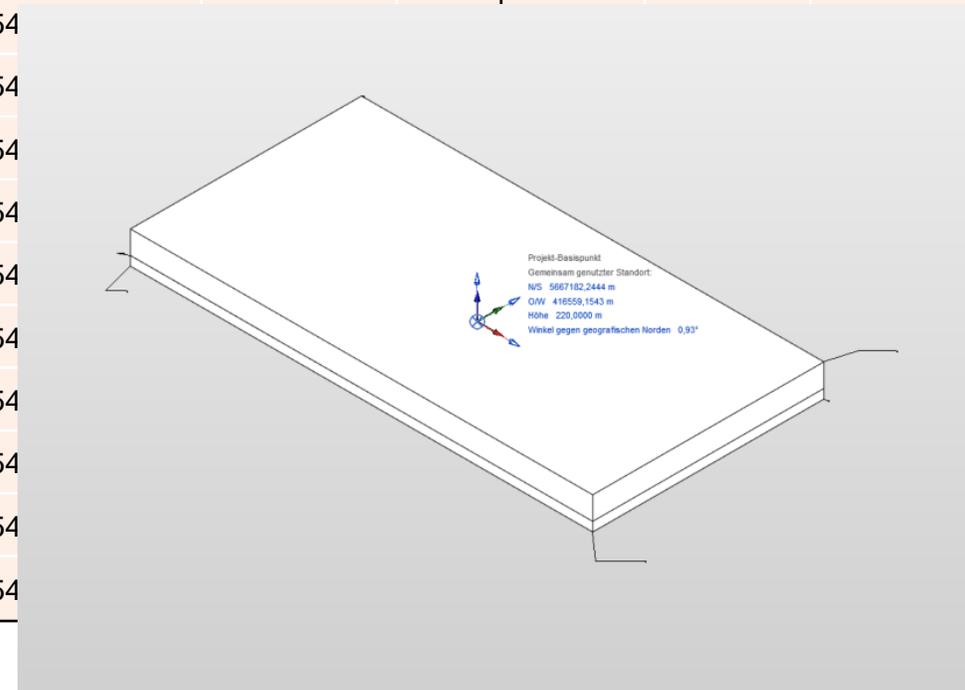


- // + 3d-kartesische Koordinaten
- // + Starrkörpertransformation X_0, Y_0 , Nordrichtung, Höhenunterschied
- // ? Geographische Koordinaten (Länge, Breite, Höhe, WGS84) ... Punkt auf Karte
- // - Keine Trennung von Lage und Höhe, keine Berücksichtigung der Erdkrümmung
- // - Keine Metadaten zu CRS, keine Funktionen für Datumstransformation oder Koordinatenumwandlung

Knackpunkt 3D – Numerische Tests der Transformation



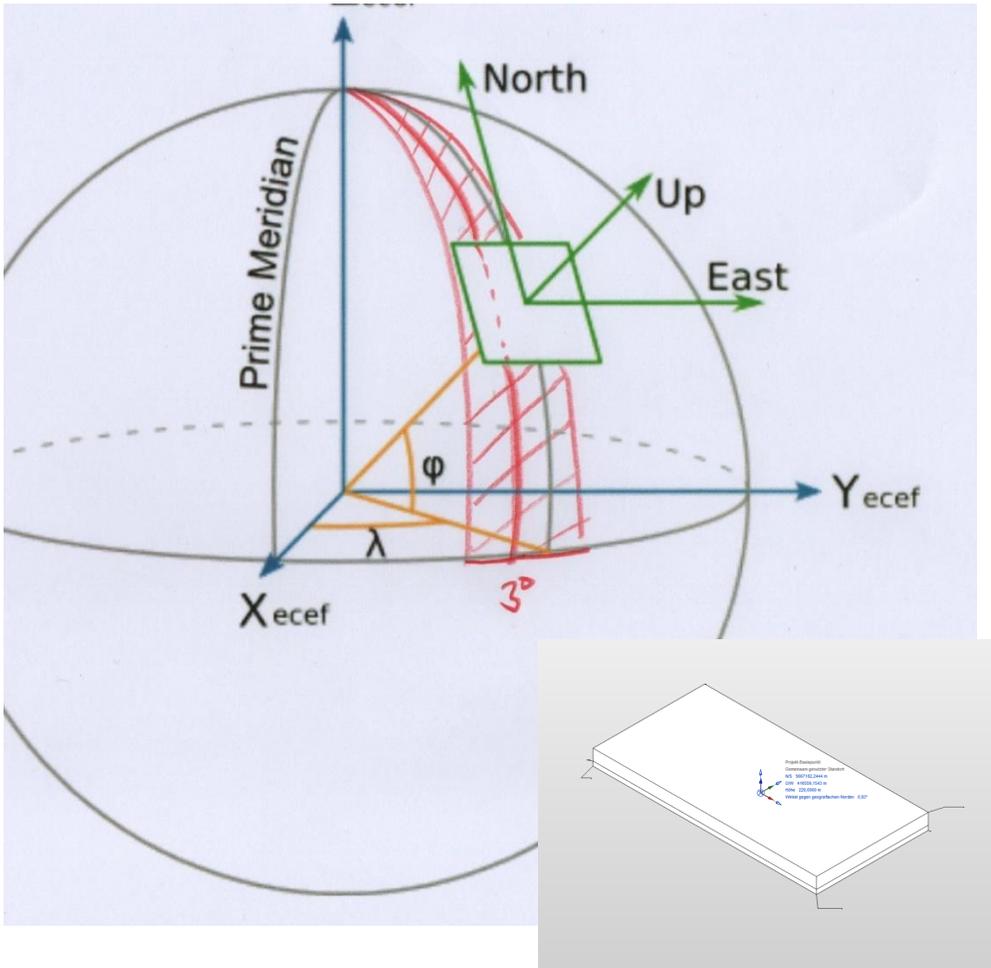
DB_REF/VA			DB_REF/GK5			3D-BIM		
e [m]	n [m]	H [m]	Rechts [m]	Hoch [m]	H [m]	x_3D [m]	y_3D [m]	H_3D [m]
5000,00	10000,00	191,00	5416296,169	5667892,663	191,00	5.000,000	10.000,000	191,000
4500,00	9750,00	171,00	5415792,142	5667650,811	171,00	4500,001	9750,001	170,976
5500,00	9750,00	171,00	5416792,067	5667634,553	171,00	5499,999	9750,001	170,976
5500,00	10250,00	171,00	54					
4500,00	10250,00	171,00	54					
4500,00	9750,00	191,00	54					
5500,00	9750,00	191,00	54					
5500,00	10250,00	191,00	54					
4500,00	10250,00	191,00	54					
4500,00	9750,00	241,00	54					
5500,00	9750,00	241,00	54					
5500,00	10250,00	241,00	54					
4500,00	10250,00	241,00	54					



Knackpunkt 3D

Koordinatenreferenzsysteme im BIM – Optimal für 3D-Modellierung?

„Nordproblem“



DB_REF/VA			DB_REF/GK5		3D-BIM	
e [m]	n [m]	H [m]	Δ Rechts_GK5 [m]	Δ Hoch_GK5 [m]	Δ x_3D [m]	Δ y_3D [m]
5000	10000	191	0,00	0,00	0,000	0,000
4500	9750	171	-4,03	8,15	0,001	0,001
5500	9750	171	-4,10	-8,11	-0,001	0,001
5500	10250	171	4,03	-8,15	-0,001	-0,001
4500	10250	171	4,10	8,11	0,001	-0,001
4500	9750	191	-4,03	8,15	0,000	0,000
5500	9750	191	-4,10	-8,11	0,000	0,000
5500	10250	191	4,03	-8,15	0,000	0,000
4500	10250	191	4,10	8,11	0,000	0,000
4500	9750	241	-4,03	8,15	-0,004	-0,002
5500	9750	241	-4,10	-8,11	0,004	-0,002
5500	10250	241	4,03	-8,15	0,004	0,002
4500	10250	241	4,10	8,11	-0,004	0,002

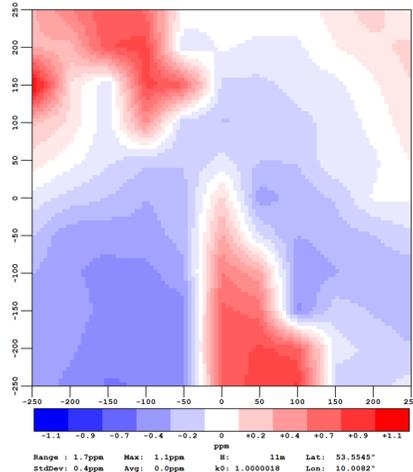
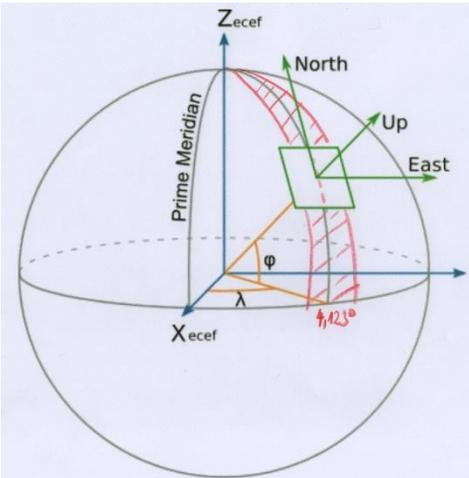
[m]!

Knackpunkt 3D

Koordinatenreferenzsysteme im BIM – Optimal für 3D-Modellierung?

/// Abweichung von 3D-topozentrischen Koordinaten (BIM) von DB_REF/GK bzw. DB_REF/VA

„Maßstabsproblem“



DB_REF/VA-Projektion			DB_REF/GK5	3D-BIM
e [m]	n [m]	s-Mitte [m]	Δs Mitte GK5 [m]	Δs Mitte 3D [m]
5000	10000	0,000	0,000	0,000
4500	9750	559,017	0,032	-0,001
5500	9750	559,017	0,031	-0,001
5500	10250	559,017	0,031	-0,001
4500	10250	559,017	0,032	-0,001
4500	9750	559,017	0,032	0,000
5500	9750	559,017	0,031	0,000
5500	10250	559,017	0,031	0,000
4500	10250	559,017	0,032	0,000
4500	9750	559,017	0,032	0,005
5500	9750	559,017	0,031	0,005
5500	10250	559,017	0,031	0,005
4500	10250	559,017	0,032	0,005

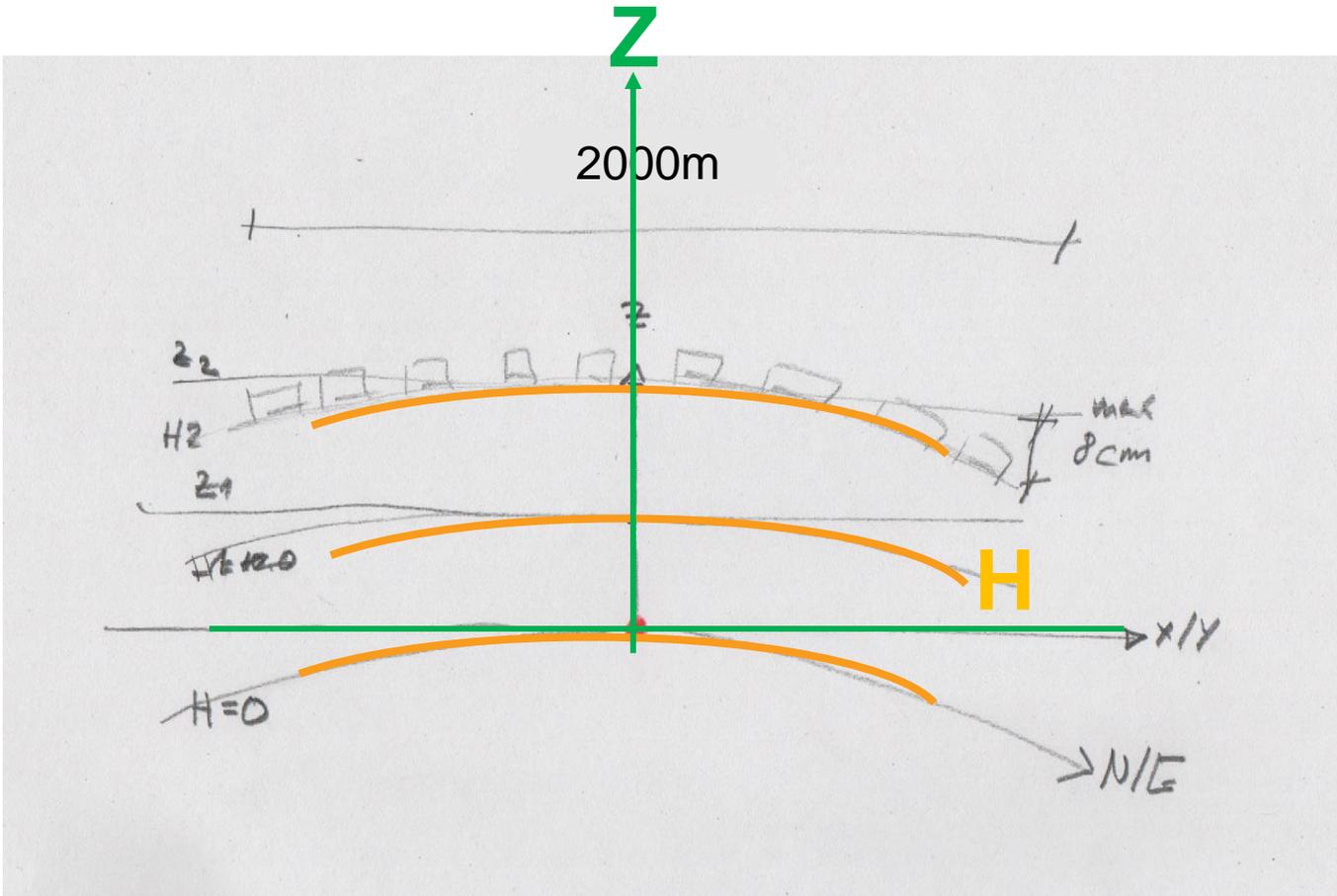
Optimaler Maßstab berücksichtigt Gelände

✓ VA-Projektion und 3D BIM!



Knackpunkt 3D

Koordinatenreferenzsysteme im BIM – Optimal für 3D-Modellierung?



- Wegen Erdkrümmung Höhenunterschied (**Z** vs. **H**) mit Abstand vom Projektursprung:
 - 000...100 < 1 mm
 - 100...200 < 3 mm
 - 200...300 < 7 mm
 - 300...500 < 2 cm
 - 500...1000 < 8 cm
- Krümmung minimal (selbst große Bauteile, 100 x10m: Fugenunterschied < 0,2mm)



Vereinbarung: Z in 3D BIM == H in Vermessung !

Knackpunkt 3D

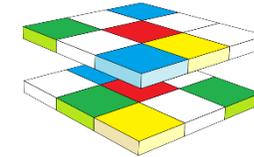
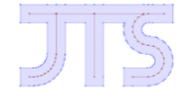
Koordinatenreferenzsysteme im GIS – Gute IT-Integration !!!
→ Kein Knackpunkt



Geographic information — Well-known text representation of coordinate reference systems

```
PROJCRS["Test Hamburg ",  
BASEGEOGCRS["DB_REF",  
DATUM["Deutsche Bahn Reference System",  
ELLIPSOID["Bessel 1841",6377397.155,299.1528128,  
LENGTHUNIT["metre",1]],  
PRIME["Greenwich",0,  
ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],  
ID["EPSG",5681]],  
CONVERSION["unnamed",  
METHOD["Transverse Mercator",  
ID["EPSG",9807]],  
PARAMETER["Latitude of natural origin",51.4523,  
ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],  
ID["EPSG",8801]],  
PARAMETER["Longitude of natural origin",7.0158,  
ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],  
ID["EPSG",8802]],  
PARAMETER["Scale factor at natural origin",1.0000136,  
SCALEUNIT["unity",1],  
ID["EPSG",8805]],  
PARAMETER["False easting",5000,  
LENGTHUNIT["metre",1],  
ID["EPSG",8807]],  
CS[Cartesian,2],  
AXIS["e",east,  
ORDER[1],  
LENGTHUNIT["metre",1,  
ID["EPSG",9001]]],  
AXIS["n",north,  
ORDER[2],  
LENGTHUNIT["metre",1,  
ID["EPSG",9001]]],  
VERTCRS["DHN2016 height",  
VDATUM["Deutsches Haupthoehennetz 2016"],  
CS[vertical,1],  
AXIS["gravity-related height (H)",up,  
LENGTHUNIT["metre",1],  
ID["EPSG",7837]]]
```

PROJCS["BSS",
TOWGS84,
22293],
TOWGS84,
NIT["Degree",0.0174532925199433],
NIT["Degree",0.0174532925199433],
Soldner",
al_meridian",
9.741666666666667],
PARAMETER["false_easting",4000.000],
PARAMETER["false_northing",2000.000],
PARAMETER["latitude_of_origin",52.3763888888889],
UNIT["Meter",1.000000]]

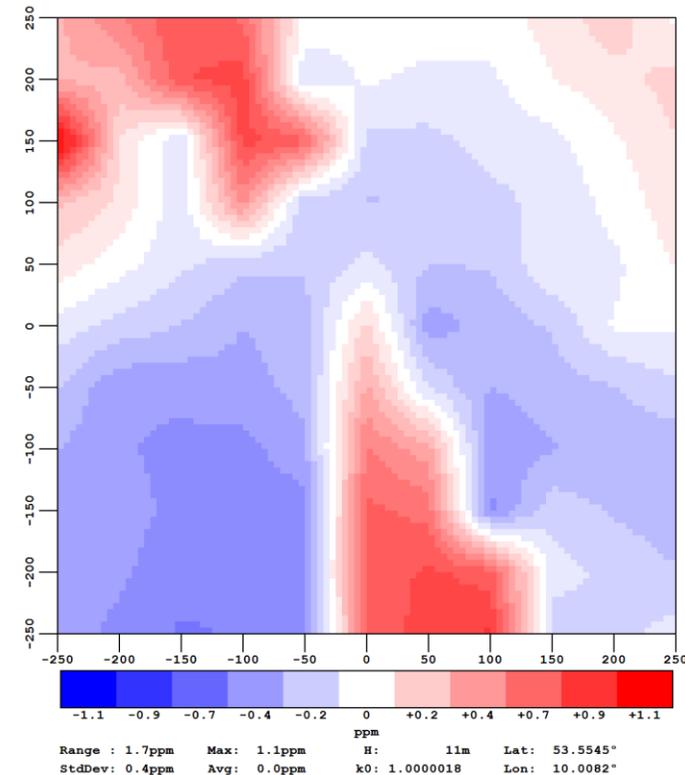


Methodik zum Bestimmen der 6313 DB_REF/VA-Projektionen

Geg: {lat, lon, id, Bezeichnung, Kategorie} für jede VST +DHHN92 10m-Höhenraster + WKT DB_REF (EPSG5826)

Ges: Optimales Koordinatenreferenzsystem (DB_REF/VA-Projektion) als WKT-String für jede VST

1. Trafo lat, lon im WGS84 mit 3 Dezimalstellen in ETRS89/DB_REF, ~h im DB_REF/Bessel
2. Kategorie 1-3: Anpassung mittlere Höhe h an DGM
3. Bestimmen der Parameter der DB_REF/VA-Projektion:
 - // Projektion: Transversal Mercator
 - // Mittelmeridian und Breitengrad: aus DB_REF VA-Zentrum, 4 Nachkommastellen
 - // Offset: e + 6.000m n + 10.000m
 - // Maßstabsfaktor m wegen Höhe, Ziel: Natur M = 1
 - // Vertikales Datum: DB_REF2016 (unverändert)
4. Export der 6313 VST in Datenbank und WKT (ISO19162/OGC, proj4, Autodesk/XML...)



Georeferenzierung und Vermessung als Grundlage von BIM-Projekten

- // Executive Summary
- // BIM, Vermessung und Georeferenzierung
- // Normalfall: Netzverdichtung → Transformation → Bestandsaufnahme → 3D-Bestandsmodellierung
- // IT-Umsetzung für Datenbank und Anwendungssoftware
- // Sonderfall: Erst lokal messen, statt vom Großen ins Kleine

DB_REF: Geodätisch, genau, bundeseinheitlich

- // DB_REF ist ein geodätisches, dreidimensionales Koordinatenreferenzsystem für die DB AG.
- // Festpunktfeld ist
 - // Einheitlich und deutschlandweit
 - // anforderungsgerecht
 - // genau

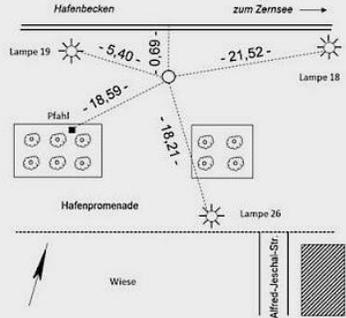
DB NETZE 6110 CK 00282

Punkt -ID: 77345

Vermarkungsart: DB Alu mit ID	Strecken-Nr.: 6110
Punktstatus nach Ril 883: PS0	Strecke: Potsdam Griebnitzsee – Eisleben
Bezugssystem: ETRF 89	[km] + [m]: 36,9+65,0
Lagesystem: DB_REF2016	seitliche Lage [m]: rechts 236,7
Höhensystem: DB_REF2016	Bahnhof:
Vermarkung (Firma, Datum): MIB, 07/2019	Aktualität Punktbeschreibung:
Anmerkung:	

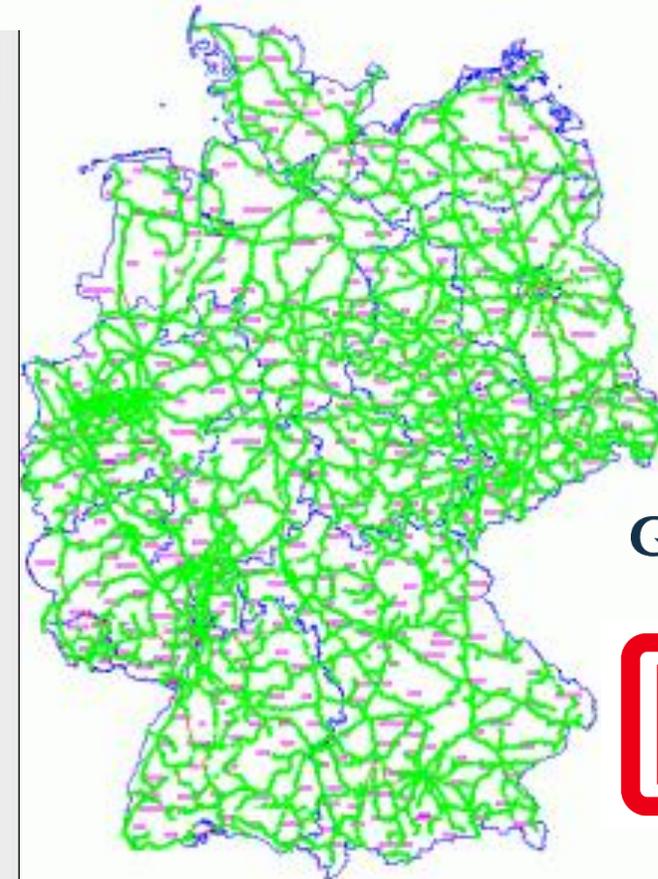


Hafenbecken → zum Zernsee →



Wiese

Alfred-Jerschke-Str.

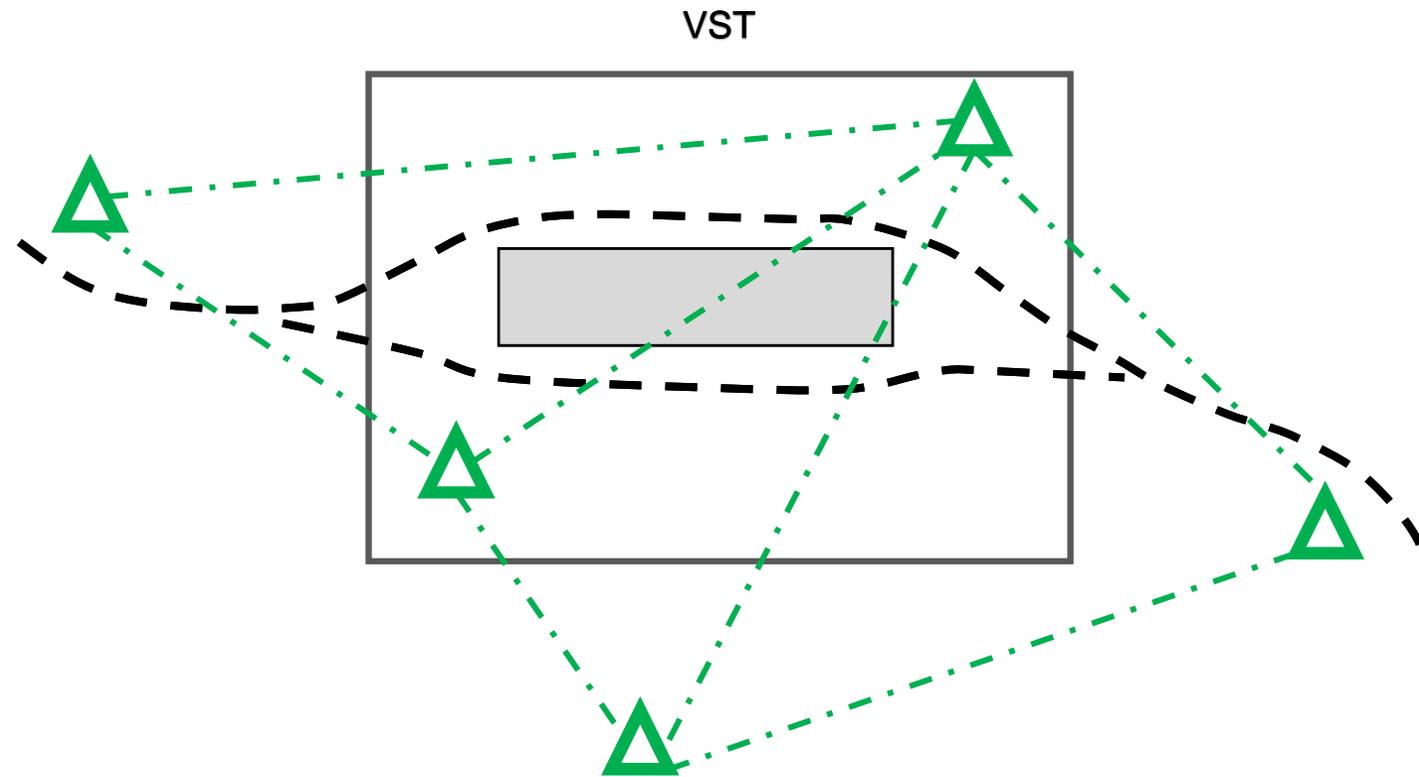


Geo++[®]



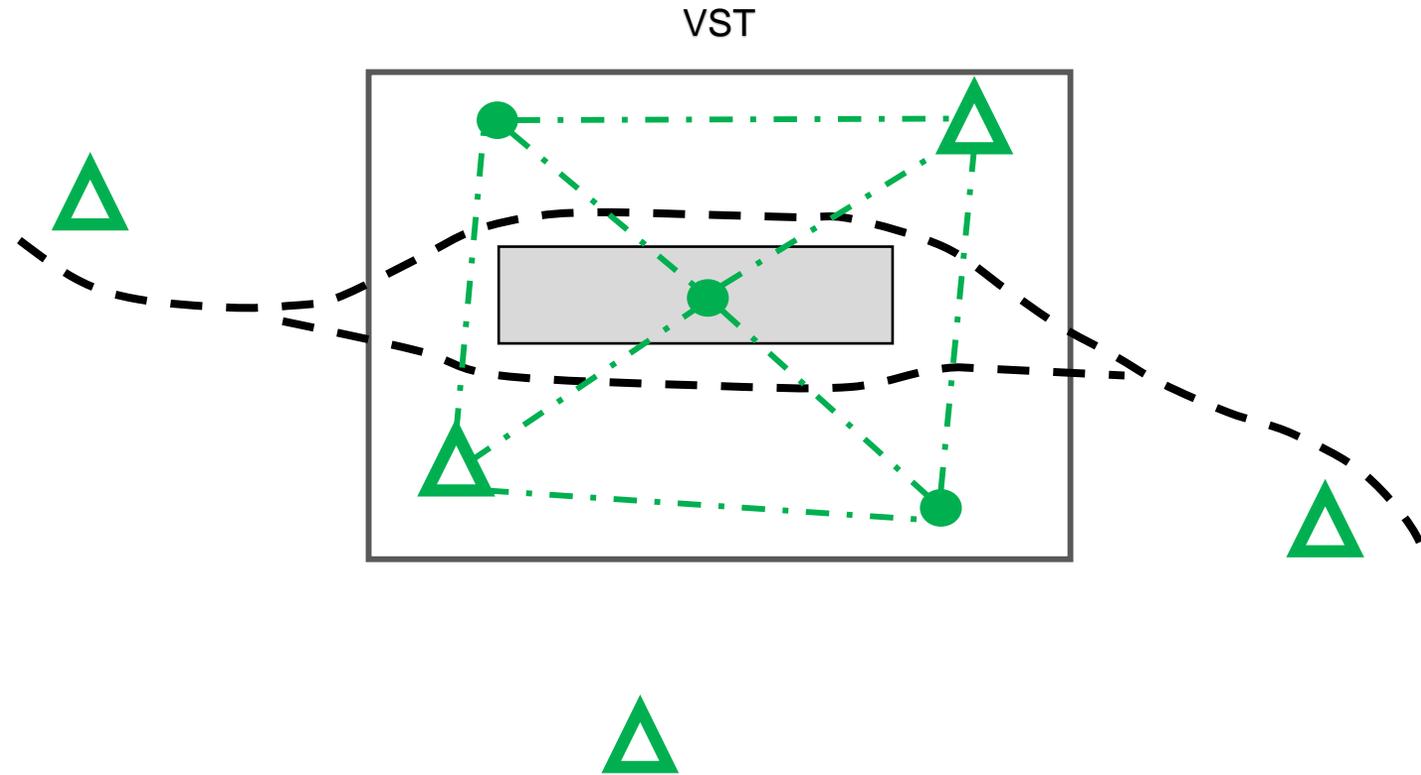
DB_REF: Vom Großen ins Kleine

- // projektbezogene Verdichtung durch Vermessungsingenieure
- // Netzpunkte
 - // Koordinaten im DB_REF
 - // Vermarkung in der Örtlichkeit
 - // Dauerhaft dokumentiert (DB Netz)



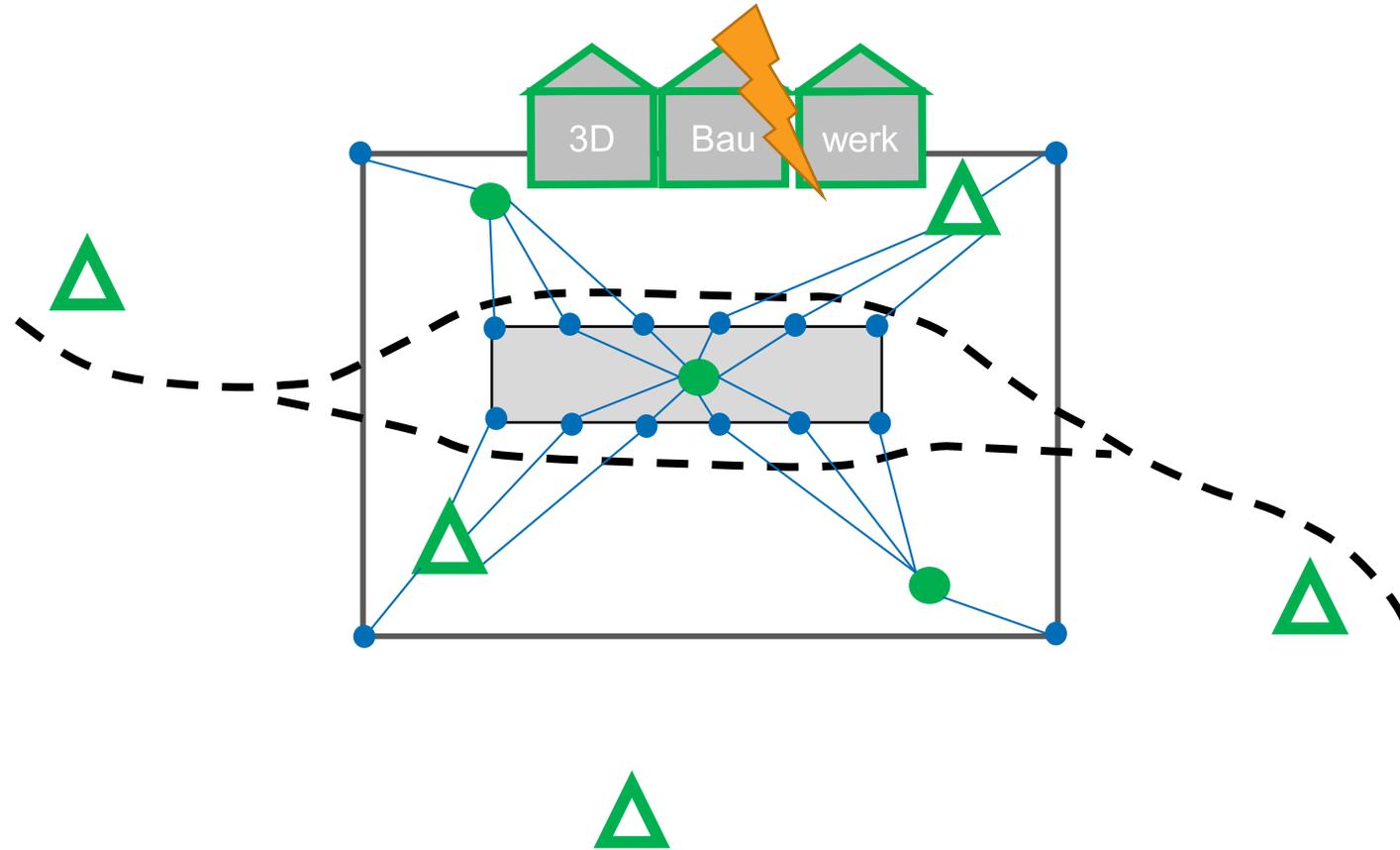
DB_REF: Vom Großen ins Kleine

- // projektbezogene Verdichtung durch Vermessungsingenieure
- // Netzpunkte
 - // Koordinaten im DB_REF
 - // Vermarkung in der Örtlichkeit
 - // Dauerhaft dokumentiert (DB Netz)
- // Projektbezogene Festpunkte
 - // Koordinaten im DB_REF
 - // Vermarkung in der Örtlichkeit

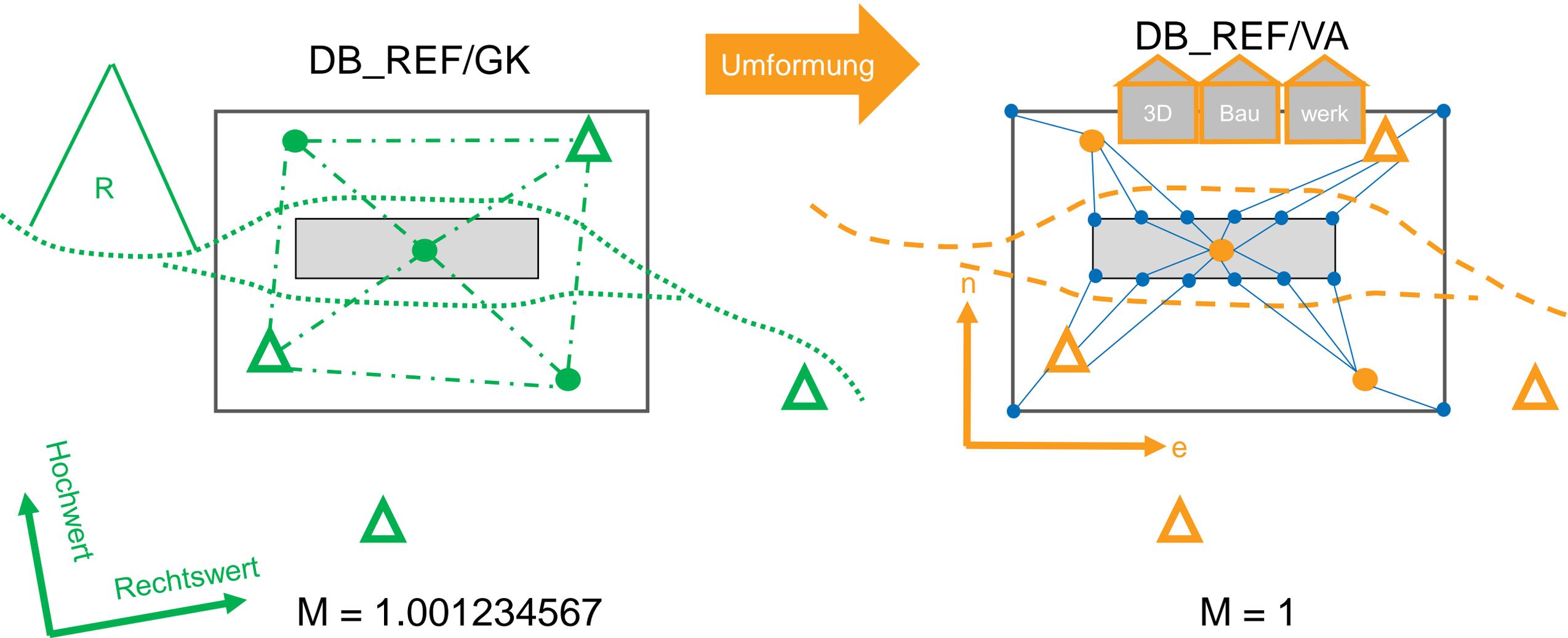


DB_REF: Vom Großen ins Kleine

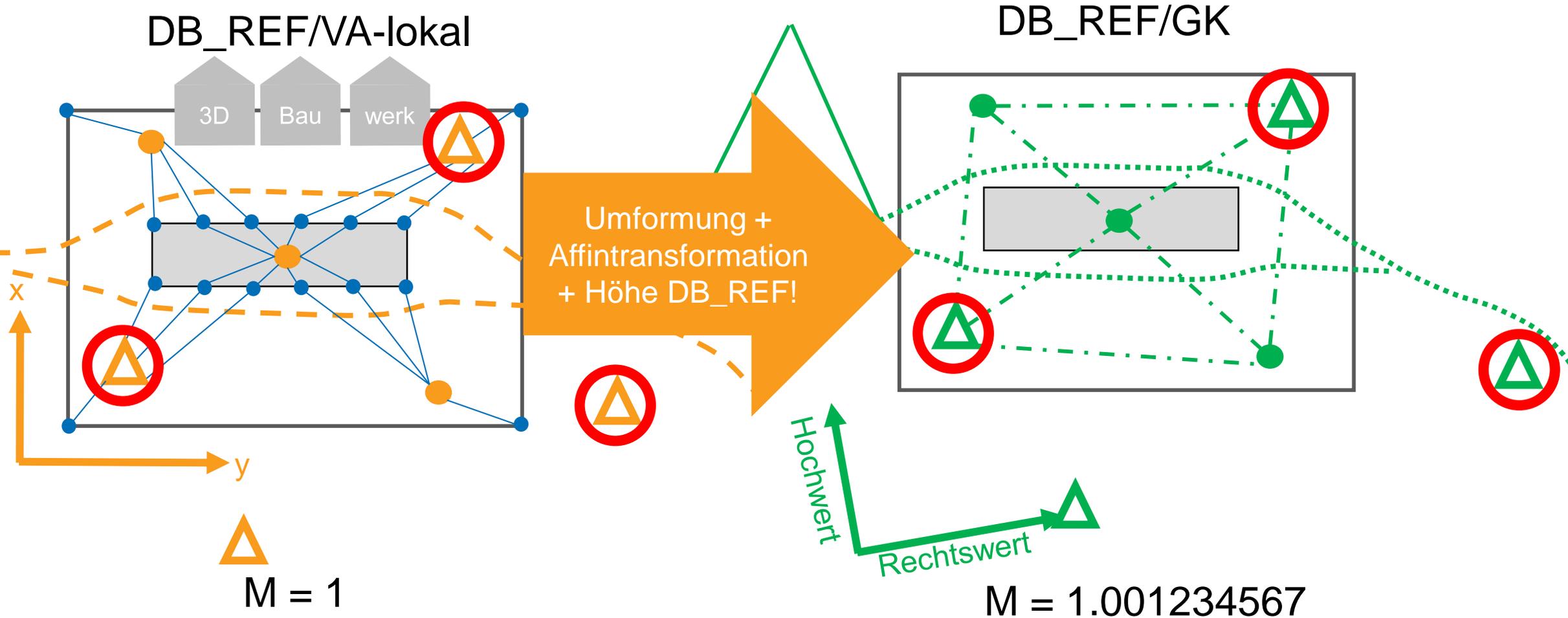
- // projektbezogene Verdichtung durch Vermessungsingenieure
- // Netzpunkte
 - // Koordinaten im DB_REF
 - // Vermarkung in der Örtlichkeit
 - // Dauerhaft dokumentiert (DB Netz)
- // Projektbezogene Festpunkte
 - // Koordinaten im DB_REF/GKx
 - // Vermarkung in der Örtlichkeit
- // Objektpunkte
 - // Koordinaten im DB_REF/GKx
 - // Punkte beschreiben Bauwerk
 - // Grundlage für CAD, GIS und BIM



Normalfall Netzverdichtung → Umformung → Bestandsaufnahme → 3D-Bestandsmodellierung

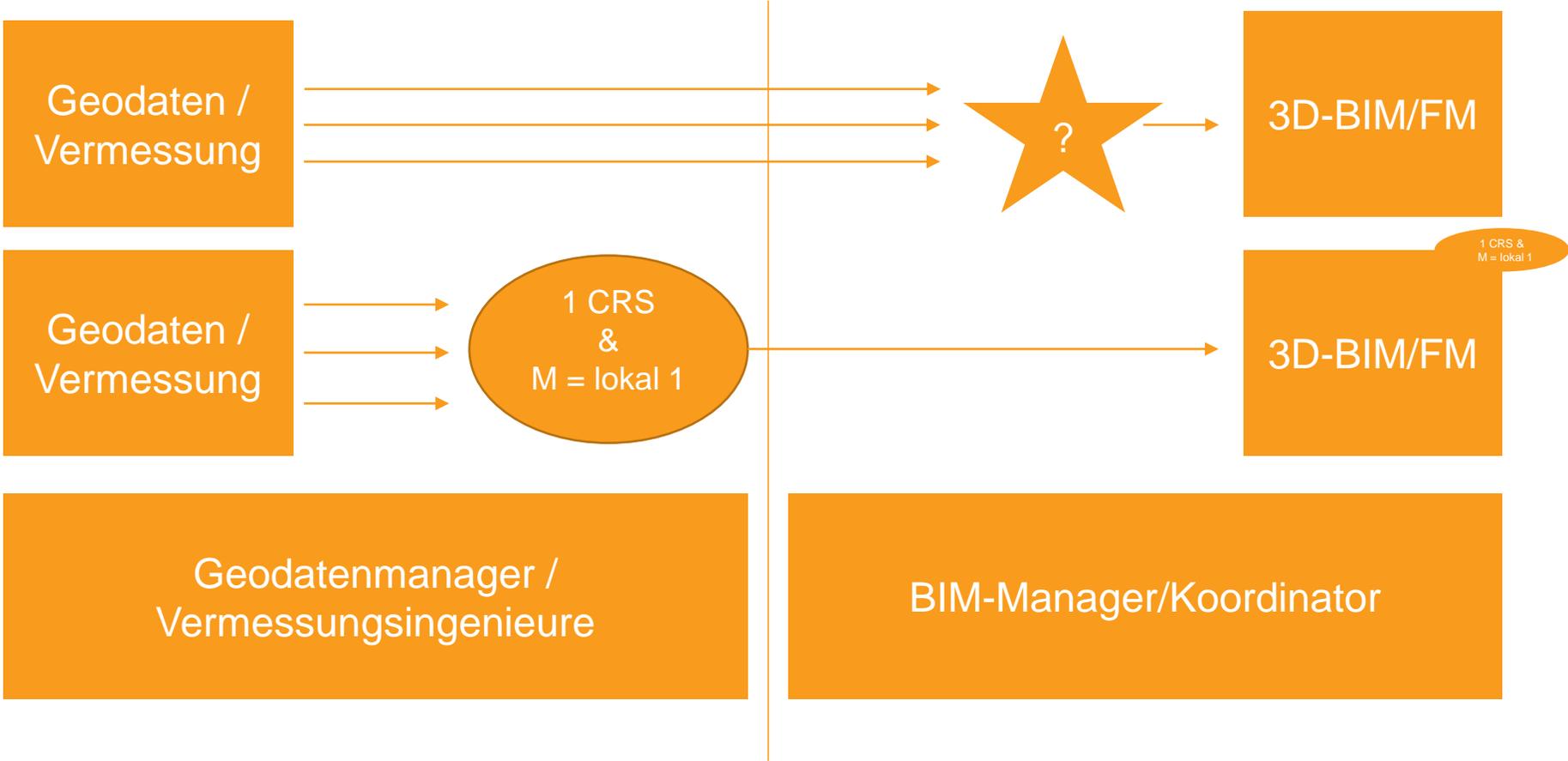


Sonderfall Bestandsaufnahme → 3D-Bestandsmodellierung → Umformung → Netzverdichtung
„vom Kleinen ins Große“



BIM Informationsmanagement – AIA

BAP: Wer transformiert Geodaten?



Kontakt und Literatur

Kontakt

// Prof. Dr.-Ing. Christian Clemen, Geodäsie und BIM, HTW Dresden

// Andrej Fleischer, Senior BIM Berater, Standardisierung und Digitalisierung I.SPM(S), DB Station&Service AG

Literatur:

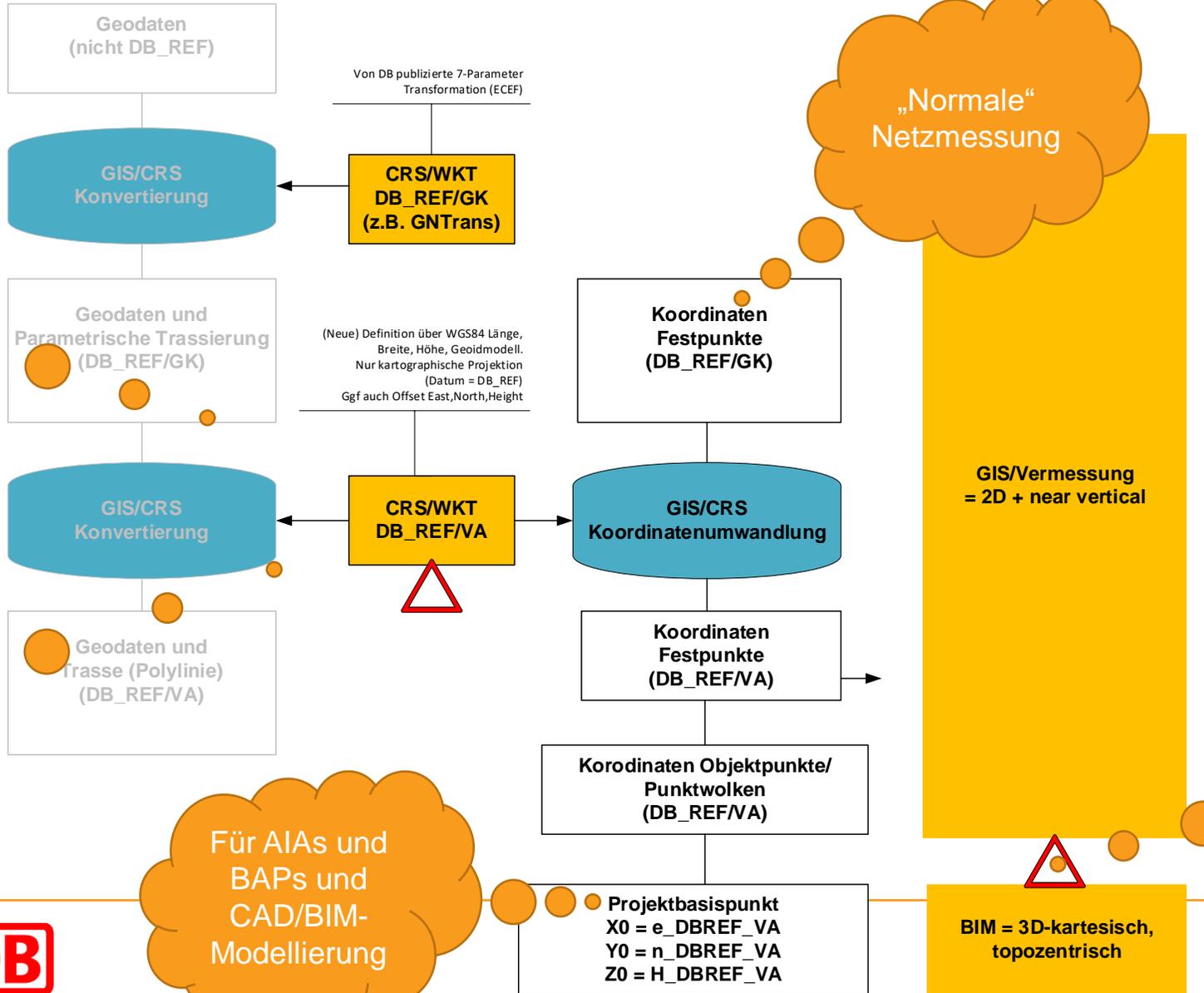
Christian Clemen / Christian Manthe: **TLS für das Building Information Modeling (BIM) - Das BIM Pilotprojekt Erneuerung Hbf Hannover**, In: Terrestrisches Laserscanning 2015 (TLS 2015), DVW Schriftenreihe Band 81, 2015 [[Link](#)]

Christian Clemen / Hendrik Görne: **Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM**, Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre, 2019, S.15-20 [[Link](#)]

Christian Clemen / Ralf Becker / Robert Kaden / Jörg Blankenbach: **Georeferenzierung**. In: DVW e.V. und Runder Tisch GIS e.V. (Hrsg.): Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 3.0, Buhl/München, 2021, S. 51-66 [[Link](#)]

Štefan Jaud, Andreas Donaubaauer, Otto Heunecke, André Borrmann: **Georeferencing in the context of building information modelling**, Automation in Construction, Volume 118, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103211>

Normalfall Geodaten und IT



GIS: Automatische Transformation

Optimale Projektion für VA → Maßstab = 1

Für AIAs und BAPs und CAD/BIM-Modellierung

Minimale Abweichung