



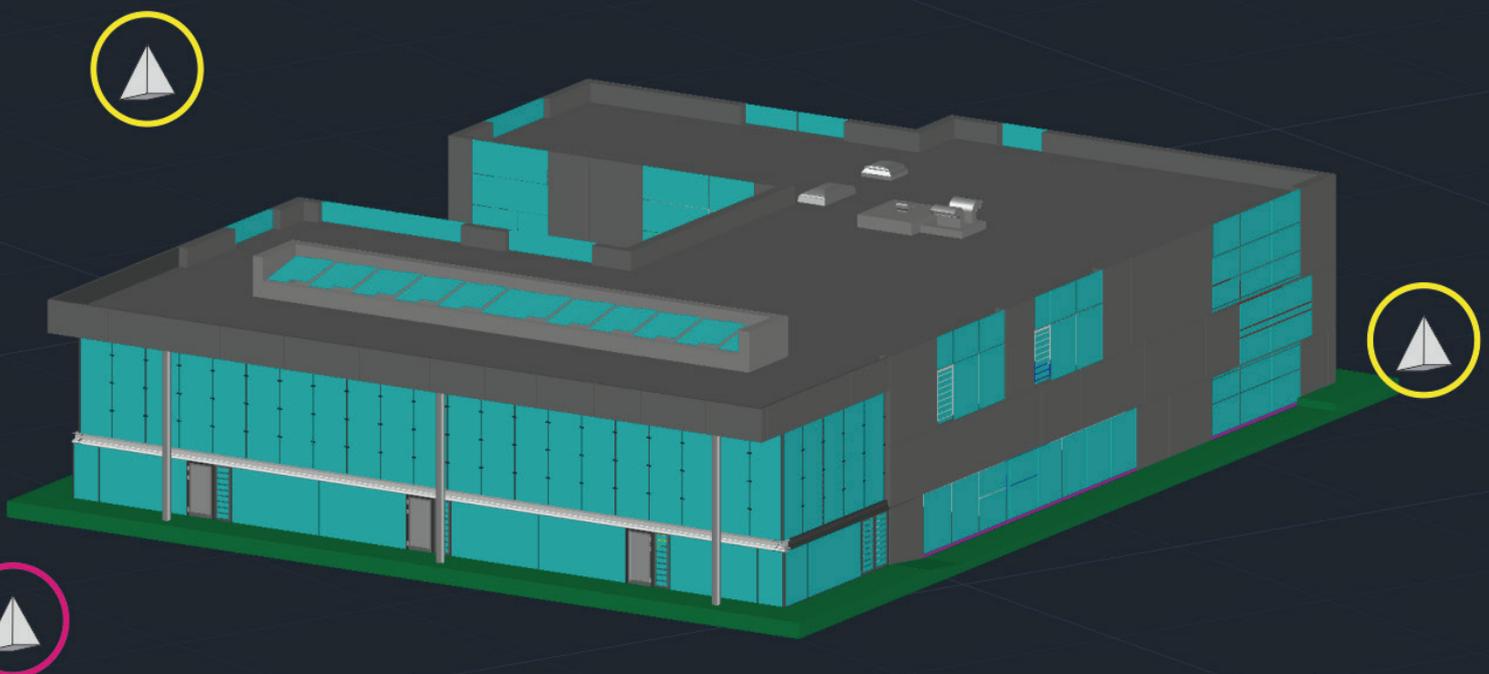
Bundesministerium
der Verteidigung



BundesImmobilien

Handreichung Georeferenzierung von BIM-Modellen

Grundlagen der Georeferenzierung



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	II
1 Einleitung	1
2 Georeferenzierung	2
3 Empfehlungen für die Georeferenzierung	5
3.1 Festlegung des Projektkoordinatensystems	6
3.2 Festlegungen für die Georeferenzierung	8
3.2.1 Projektreferenzpunkt (PRefP)	8
3.2.2 Projektreferenzkote (PRefK)	10
3.2.3 Rotation (Nordabweichung)	11
3.2.4 Maßstabsänderung	12
3.2.5 Kontrolle der Transformation durch zwei weitere Passpunkte	13
3.3 Festlegung der Georeferenzierungsparameter in den IFC	14
4 Vermessungstechnische Umsetzung	19
Literaturverzeichnis	23
Impressum	25

Abkürzungsverzeichnis

AG	<i>Auftraggeber</i>
AIA	<i>Austausch-Informationsanforderung</i>
AN	<i>Auftragnehmer</i>
BAP	<i>BIM-Projektentwicklungsplan</i>
BFR Verm	<i>Baufachliche Richtlinien Vermessung</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BIM2Field	<i>Übertragung von BIM-Modellen in die Örtlichkeit, z. B. Absteckungen</i>
CDE	<i>Common Data Environment</i>
CRS	<i>Koordinatenreferenzsystem gemäß DIN EN ISO 19111</i>
DHHN 2016	<i>Deutsches Haupthöhennetz 2016</i>
DREF91	<i>Deutsches Referenznetz 1991</i>
EPSG	<i>European Petroleum Survey Group</i>
ETRS89	<i>Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GRefP	<i>Gebäudereferenzpunkt</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
LAP	<i>Liegenschaftsbezogene Aufnahmepunkte</i>
LHP	<i>Liegenschaftsbezogener Höhenfestpunkt</i>
LoGeoRef	<i>Level of Georeferencing</i>
PRefK	<i>Projektreferenzkote</i>
PRefP	<i>Projektreferenzpunkt</i>
UTM	<i>Universale Transversale Mercatorprojektion</i>
WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>

1 Einleitung

In der BIM-Methodik müssen Geometriedaten bzw. Koordinaten mit teils unterschiedlichen Koordinatenreferenzsystemen (CRS) ausgetauscht werden. So liegen Geodaten wie z. B. Liegenschaftsgrenzen, Höhendaten oder die Liegenschaftsbestandsdokumentation gemäß den Baufachlichen Richtlinien Liegenschaftsbestandsdokumentation (BFR LBestand) [7] typischerweise in einem verzerrungsbehafteten geodätischen (Landes-) Koordinatenreferenzsystem (siehe *Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland* [1]) vor. BIM-Projektdateien hingegen werden oft in verzerrungsfreien kartesischen Projektkoordinatensystemen dargestellt.

In BIM-Projekten werden durch die beteiligten Fachdisziplinen mannigfaltige Modelle erstellt, die im Sinne der Kollaboration widerspruchsfrei zusammengeführt werden müssen. Das setzt voraus, dass die Modelle einen eindeutig definierten Raumbezug aufweisen und die Modelle mittels geeigneter räumlicher Transformationsverfahren ineinander überführt werden können.

Zielsetzung dieser Handreichung ist es, ein gemeinsames, fachspartenübergreifendes Grundverständnis zur Georeferenzierung von BIM-Modellen zu schaffen. Ferner werden Verfahrenswege zur Georeferenzierung beschrieben, die ein einheitliches Vorgehen bei BIM-Projekten für Baumaßnahmen des Bundes ermöglichen.

Zielsetzung

Die Ausführungen dieser Handreichung bauen auf nachfolgenden Literaturquellen auf:

Grundlegende Literaturquellen

- Kaden, R. und C. Clemen. *Applying Geodetic Coordinate Reference Systems within Building Information Modeling (BIM)*. Helsinki, 29. Mai 2017. FIG Working Week 2017. [15]
- Clemen, C. und H. Görne. Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM. *Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre*, 03.2019, 15-20. [14]
- Blankenbach, J. Wie kommt die Koordinate ins BIM? Im Spannungsfeld von Modellierung, Interoperabilität und Software. Düsseldorf, 2. Juli 2019. 2. GEODÄSIE-KONGRESS NRW. [4]
- Mitchell, J. *User-Guide-for-Geo-referencing-in-IFC-v2.0. "How to Setup Geo-referencing in a Building or Linear Infrastructure Model"*. Version 2.0, 01.2020. [16]
- Barmettler, A., D. Holdener und T. Marti. *Wegleitung zum Use Case Georeferenzierung (GeoRef)*, 2021. [3]
- Clemen, C., R. Becker, R. Kaden und J. Blankenbach. Georeferenzierung. In: DVW E. V. UND RUNDER TISCH GIS E. V., Hg. *Leitfaden Geodäsie und BIM*. Version 3.2 (2023). Augsburg: Wißner-Verlag, S. 50-65. ISBN 9783957863461. [13]

2 Georeferenzierung

Definition Georeferenzierung

Wird ein Projektkoordinatensystem mittels Transformation zum übergeordneten geodätischen CRS in Bezug gesetzt, spricht man von Georeferenzierung.

CRS der Vermessungsverwaltungen der Liegenschaftsbestandsdokumentation sowie der Gebäudebestandsdokumentation

Raumbezogene Daten der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland werden in den geodätischen CRS Europäische Terrestrische Referenzsystem ETRS89 mit der kartographischen Universalen Transversale Mercator (UTM) Abbildung in der Lage sowie das Deutsche Haupthöhennetz 2016 (DHHN 2016) in der Höhe abgebildet. Auch die Daten der Liegenschaftsbestandsdokumentation gemäß BFR LBestand [7] sowie der Gebäudebestandsdokumentation gemäß BFR GBestand [6] werden in den amtlichen CRS geführt. Grundlagen zum Lage-CRS können der Verfahrensbeschreibung ETRS89/UTM [11] und zum Höhen-CRS der Handreichung DHHN2016 [9] entnommen werden.

Bei einer solchen Transformation, wie beispielsweise bei der Integration von Geodaten, z. B. Auszüge aus der Liegenschaftsbestandsdokumentation oder Nachweise des Liegenschaftskatasters, als BIM-Planungsgrundlagen oder auf dem umgekehrten Weg der Übertragung von Daten aus dem BIM-Projekt in die Örtlichkeit, z. B. BIM2Field (Absteckungen, Schnurgerüst, etc.), können Verzerrungen entstehen.

Einflussfaktoren auf die Größe der Verzerrungen

Das Ausmaß dieser Verzerrungen hängt von folgenden Faktoren ab:

- dem gewählten Projektkoordinatensystem
- der Längen- und Höhenausdehnung des Bauwerks
- der Lage und Höhe über dem Meeresspiegel des Projekts in der Örtlichkeit

Je nach Genauigkeitsanforderungen und Anwendungsfall muss beurteilt werden, ob die resultierenden Verzerrungen toleriert werden können oder nicht.

Abschätzung der Größenordnung von Verzerrungen

Zur Abschätzung der Größenordnung von Verzerrungen kann beispielsweise das Online-Berechnungstool „ETRS89/UTM-Projektmaßstab und Planungskoordinatensystem“ auf den Internetseiten der Baufachlichen Richtlinien Vermessung (<https://www.bfrvermessung.de/materialien-1/etrs89/utm-projektmasstab-und-planungskoordinatensystem>) [5] verwendet werden. Die Handhabung des Tools wird in der Handreichung „ETRS89/UTM bei Planungsaufgaben: Modul 2 „Erstellung planungskonformer CAD-Daten“ [10] erläutert.

Zeitpunkt der Festlegungen zur Georeferenzierung

Der Austausch von BIM-Modellen zwischen den Beteiligten erfordert eine eindeutige Festlegung zur Georeferenzierung. Deshalb müssen bereits zu Beginn des BIM-Projektes neben der Wahl des Projektkoordinatensystems Überlegungen zur eventuellen Transformation ins übergeordnete Koordinatensystem - also zur Georeferenzierung - angestellt werden.

Gängige Koordinatenreferenzsysteme sind:

Gängige Koordinatenreferenzsysteme

- **Lokales Koordinatensystem:** ein verzerrungsfreies kartesisches (rechtwinkliges) Koordinatensystem mit ebenem Bezugshorizont, einem Maßstab 1:1, d.h. ohne Maßstabsverzerrung, „kleinen“¹ Koordinatenwerten, nach Projektgeometrie orthogonal ausgerichtet (gedreht zu Kartennord) und meist mit einer lokalen, bauwerksbezogenen Nullhöhe (+/-0.00) als Höhenreferenz. Längenberechnungen aus solchen Koordinaten entsprechen den realen Längen in der Örtlichkeit (keine Längenverzerrung). Mit diesem Koordinatensystem arbeiten in der Regel BIM-Autorensysteme.
- **Geodätisches Koordinatensystem:** verzerrungsbehaftetes, projiziertes Koordinatensystem mit gekrümmtem Bezugshorizont, einem Maßstab ungleich 1 und «großen» Koordinatenwerten, ausgerichtet nach Kartennord mit amtlichen Höhen (i.d.R. in Deutschland das DHHN2016) als Höhenreferenz (H^N -Höhen mit Bezugspegel Amsterdam). Längenberechnungen aus solchen Koordinaten entsprechen meist nicht den realen Längen in der Örtlichkeit (mit Längenverzerrung).

In der BIM-Methodik möchte man mit realen Längen für Messungen oder für Analysen, wie z. B. die modellbasierte Mengenermittlung, sowie mit einem auf das Bauwerk ausgerichteten Koordinatensystem arbeiten. Zudem können die meisten BIM-Anwendungen häufig nur mit „kleinen“ Koordinatenwerten umgehen. Aus diesen Gründen wird in BIM-Projekten meist als Projektkoordinatensystem ein lokales und nicht geodätisches Koordinatensystem gewählt.

Jedes lokale Koordinatensystem besitzt einen lokalen Lagenullpunkt in der Autorensoftware ($x=0.00$, $y=0.00$), genannt **Projektreferenzpunkt (PRefP)**, sowie einen lokalen Höhenreferenzpunkt ($z=0.00$), genannt **Projektreferenzkote (PRefK)**. Der PRefP ist somit der Lagenullpunkt eines gesamten Projektgebietes und nicht der Lagenullpunkt eines einzelnen Bauwerks wie beispielsweise der **Gebäudereferenzpunkt (GRefP)** eines einzelnen Gebäudes innerhalb des Projektgebietes.

Bestandteile von lokalen Koordinatensystemen

Die korrekte Definition und Dokumentation des PRefP und der PRefK ist wichtig, da sich die gesamte Bauwerksgeometrie auf diese beiden Referenzen bezieht. Mit einer Transformation bzw. Georeferenzierung hat diese auch einen Einfluss auf die resultierende Genauigkeit bzw. die resultierenden Differenzen.

¹ Im Gegensatz zu den Koordinaten im übergeordneten amtlichen Koordinatenreferenzsystem der Lage, bei dem die Koordinatenwerte in der Einheit Meter bis zu acht Vorkommastellen besitzen können, werden die Koordinatenwerte „kleiner Koordinaten“ je nach Projektgröße auf drei oder ggf. vier Vorkommastellen beschränkt, da insbesondere BIM-Autorensysteme „große Koordinaten“ nicht bearbeiten können.

Für die Nutzung von Geodaten als Planungsgrundlagen oder bei Vermessungsarbeiten muss das lokale Projektkoordinatensystem in Lage und Höhe in Bezug zum übergeordneten geodätischen Koordinatensystem gesetzt werden. Dazu werden Transformationsparameter ermittelt, welche sowohl die Bauwerksgeometrie vom lokalen ins übergeordnete Koordinatensystem, als auch die Planungsgrundlagen vom übergeordneten ins lokale Koordinatensystem überführen (Abb. 1).

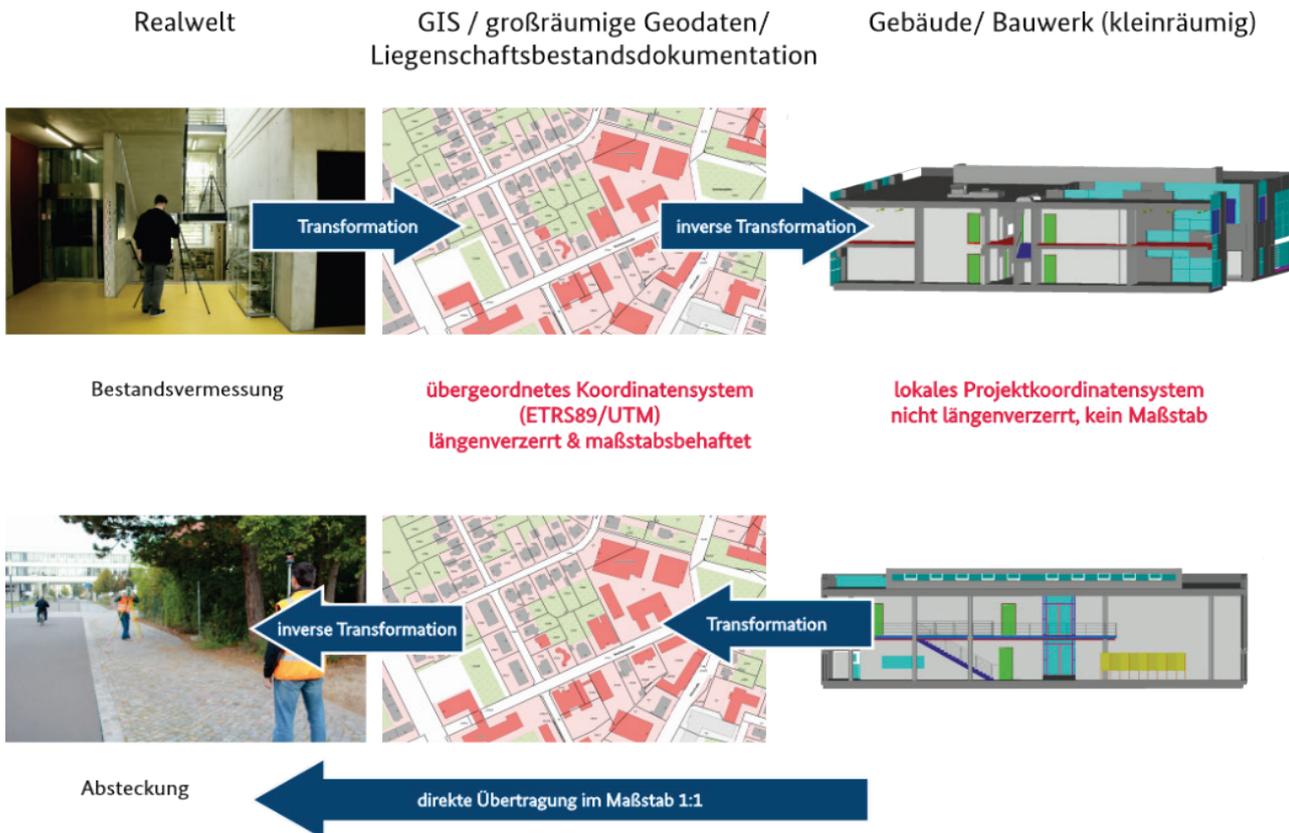


Abb. 1 Koordinatensysteme und Transformationen bei der Arbeit mit BIM im Bauwesen (in Anlehnung an Kaden et al. (2019))

Zeitpunkt der Festlegung eines Projektkoordinatensystems

Ein Projektkoordinatensystem, die Bestimmung der Transformationsparameter sowie die Berechnung der daraus resultierenden maximalen Verzerrungen aufgrund der Örtlichkeit und Ausdehnung des Bauwerks müssen zwingend zu Beginn eines Projekts definiert und dokumentiert werden. Eine geschickte Wahl des Projektkoordinatensystems hat großen Einfluss darauf, inwieweit Fehler und Mehraufwendungen für alle Beteiligten vermieden werden können. Bei den meisten Bauvorhaben sind Geodaten als Grundlagen oder für vermessungstechnische Arbeiten wie Aufnahmen oder Absteckungen unerlässlich.

Nachfolgend wird der Prozess beschrieben, wie diese Definitionen erfolgreich für eine Anwendung in der BIM-Methodik umgesetzt werden.

Darüber hinaus werden praktische Empfehlungen zu unterschiedlichen Aspekten gegeben.

3 Empfehlungen für die Georeferenzierung

Der Auftraggeber (AG) gibt in der BIM-Methodik seine Ziele bzw. seinen Informationsbedarf in Form der *Austausch-Informationsanforderungen*² (AIA) vor. Darin werden neben der Beschreibung des Bauvorhabens die Projektorganisation, -ziele und -prozesse sowie die Rahmenbedingungen aufgeführt. Die AIA beinhalten somit auch Aussagen zur Örtlichkeit und Ausdehnung des Bauwerks.

In Bezug auf die Georeferenzierungsthematik sollte der AG mit den AIA nachfolgende Angaben vom Auftragnehmer (AN), i.d.R. dem Planer, einfordern:

Definitions- und Dokumentationsanforderungen zur Festlegung der Georeferenzierung

- Definition und Dokumentation des Projektkoordinatensystems
- Definition und Dokumentation des PRefP und der PRefK
- Definition und Dokumentation einer etwaigen Kartennordabweichung bzw. Rotation
- Definition und Dokumentation einer etwaigen Maßstabsänderung
- Definition und Dokumentation von zwei weiteren Passpunkten zu Kontrollzwecken

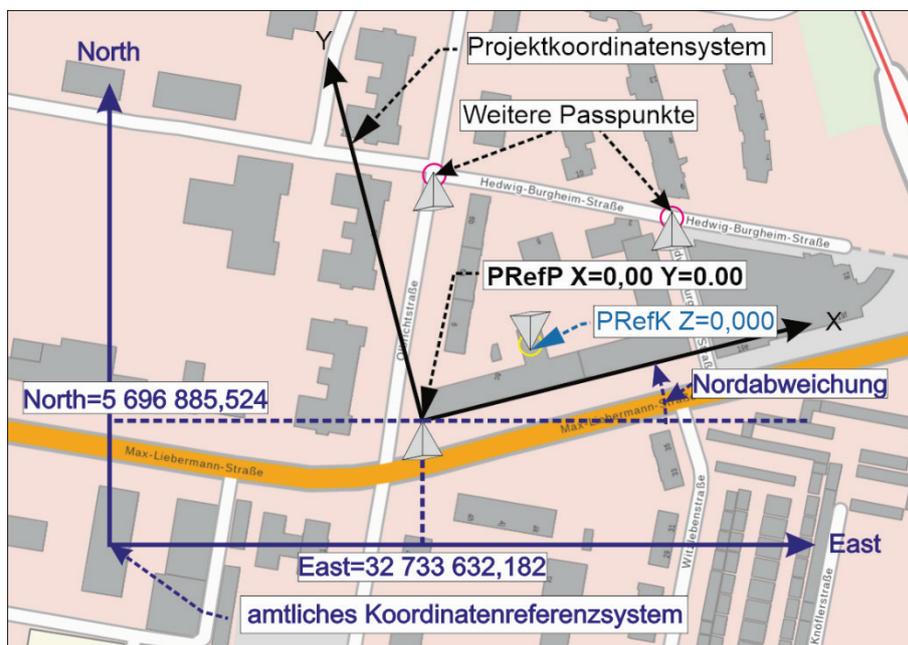


Abb. 2: Parameter der Georeferenzierung von BIM-Modellen

² Gemäß VDI/DIN EE 2552 Blatt 12.1, Oktober 2022 wird für die Anforderungsdefinition an den Austausch von Informationen im BIM-Prozess zukünftig in den Austausch-Informationsanforderungen festgelegt. Der Begriff Auftraggeber-Informationsanforderungen ist nicht mehr zu verwenden.

Zeitliche Einordnung der Festlegungen zur Georeferenzierung in den BIM-Prozess

Auch sollte der AN beschreiben, wie die Vorgaben eingehalten werden. Somit wird der beauftragte Planer dazu verpflichtet, die nötigen Angaben zur Georeferenzierung spätestens zu Beginn des Vorprojekts im BIM-Projektentwicklungsplan (BAP) zu dokumentieren. Dies muss vor der Erstellung des ersten Referenzmodells erfolgen.

Die für die Georeferenzierung relevanten Informationen müssen neben der BAP-Dokumentation auch in den entsprechenden Industry Foundation Classes (IFC) Dateien beim Datenaustausch enthalten sein. Zu diesen einzelnen Punkten werden nachfolgend Empfehlungen abgegeben.

3.1 Festlegung des Projektkoordinatensystems

Definition des Projektkoordinatensystems

Fehlende oder mangelhafte Dokumentation der Georeferenzierung führt zu Übereinstimmungsproblemen bei der Fachkoordination, Mehraufwendungen und Fehlern. Deshalb ist die frühzeitige Definition und Dokumentation des für alle geltenden Projektkoordinatensystems unabdingbar.

Kriterium der Projektausdehnung

Die Projektausdehnung ist ein wesentliches Kriterium, ob ein lokales, verzerrungsfreies oder ein geodätisches verzerrungsbehaftetes Projektkoordinatensystem gewählt wird. Für BIM-Gebäudeprojekte werden in aller Regel lokale Projektkoordinatensysteme gewählt

Für **Hochbauten** und **kleinräumige Bauwerke** ist ein lokales verzerrungsfreies Koordinatensystem, welches in Bezug zu einem übergeordneten geodätischen Koordinatensystem gesetzt wird, meist ausreichend als Projektkoordinatensystem (PRefP = Grenz- oder Lagefestpunkt). Auf Liegenschaften des Bundes sind vorzugsweise die Liegenschaftsbezogenen Aufnahmepunkte (LAP) gemäß den Beruflichen Richtlinien Vermessung (BFR Verm) als PRefP zu verwenden.

Bei **großräumigen bzw. linienförmigen Bauwerken** mit großer Ausdehnung wie Straßen-, Bahn- oder Pipeline-Netzen wird die Streckenführung meist in einem geodätischen Koordinatensystem geplant. Die zugehörigen kleinräumigen Ingenieurbauwerke oder Teilstrecken, wie z. B. Brücken, Stützmauern, Pumpen- und Übergabestationen, hingegen in einem lokalen. Dabei wird für jedes dieser Bauwerke bzw. Teilstrecken ein separates lokales Koordinatensystem definiert und in Bezug zum übergeordneten geodätischen gesetzt, welches die gesamte Liegenschaft bzw. Streckenführung abbildet.

Transformationsparameter für Lage- und Höhenüberführung

Für die entsprechende Überführung in Lage und Höhe müssen folgende Transformationsparameter bestimmt werden:

- Lageverschiebung bzw. Translation (Δx , Δy)
- Rotation gegenüber Kartennord (Rot.)
- Maßstab (m)
- Höhenversatz (Δz)

Für die Bestimmung der Lage-Transformationsparameter werden hierfür mindestens zwei Lagepasspunkte benötigt, bei welchen sowohl die Koordinatenwerte im lokalen Projekt- als auch im übergeordneten Koordinatensystem bekannt sind. Als Passpunkte eignen sich dafür besonders LAP sowie Lagefestpunkte bzw. Grenzpunkte der amtlichen Vermessung. Es wird empfohlen, für eine zuverlässige, d.h. prüfbare Lagetransformation mehr als zwei Passpunkte zu verwenden. Die Passpunkte sollen das Projektgebiet gleichmäßig umschließen.

Empfehlungen für die Bestimmung und Kontrolle der Lagetransformation

Für die Bestimmung des Höhenversatzes reicht minimal ein Höhenpasspunkt mit den beiden Höhenwerten der unterschiedlichen Koordinatensysteme. Als Höhenpasspunkte eignen sich insbesondere liegenschaftsbezogene Höhenfestpunkte (LHP) gemäß BFR Verm [8] oder Höhenfestpunkte der Vermessungsverwaltungen.

Empfehlungen für die Bestimmung und Kontrolle der Höhentransformation

Für Kontrollzwecke vor allem bei Punktmessungen in der Örtlichkeit wird empfohlen, mehr als die minimale notwendige Anzahl von Lage- bzw. Höhenfestpunkten für die Berechnung der Transformation zu verwenden. Ebenso ist zu berücksichtigen, dass in der Örtlichkeit lokale Spannungen oder Verzerrungen möglich sein können. Um diese aufzudecken (und z. B. „ignorieren“ zu können), braucht es ebenfalls eine ausreichende Überbestimmung.

Kontrolle der Transformationen und Aufdeckung von Spannungen in den Passpunkten

Grundsätzlich wird für eine unkomplizierte und praktikable Handhabung ein Maßstab von 1:1 bzw. keine Maßstabsänderung angestrebt, sodass die Geometriedaten nur verschoben und gedreht werden. Je nachdem aber, wo sich das Bauwerk befindet, resultieren - abhängig von der örtlichen Abbildungs- und Höhenreduktion und der Bauwerksausdehnung - relevante Maßstabsunterschiede. Zur Berechnung der Maßstabsunterschiede kann das Online-Berechnungstool „ETRS89/UTM-Projektmaßstab und Planungskoordinatensystem“ [5] verwendet werden.

Bestimmung des lokalen Maßstabs des globalen CRS

Hinsichtlich der Georeferenzierung eines Bauwerks sind die zwei folgenden Fragen zu klären:

Entscheidungskriterien für die Maßstabwahl in BIM-Projekten

- Ist eine Maßstabsänderung bei der Transformation aufgrund der örtlichen Längenverzerrung nötig?
- Ist die Ausdehnung des Bauwerks in Lage und Höhe so groß, dass die örtlichen Unterschiede in der Längenverzerrung zu nicht tolerierbaren Ungenauigkeiten führen?

Können beide Fragen mit „Nein“ beantwortet werden, so braucht es für die Transformation keine Maßstabsänderung, sondern nur eine Lageverschiebung, eine eventuelle Rotation gegenüber Kartennord sowie einen eventuellen Höhenversatz. Sind die örtlichen Längenverzerrungen gemäß der ersten Frage jedoch relevant, so muss mit der Transformation eine Maßstabsänderung erfolgen. Es wird empfohlen, einen mittleren Maßstab über das gesamte Projektgebiet zu berechnen und einzuführen.

Die zweite Frage ist meist nur bei großräumigen Bauwerken wie linienförmigen Straßen- und Bahnnetzen mit einer Ausdehnung von über einem Kilometer bedeutsam. Wird sie mit „Ja“ beantwortet, so muss das Bauwerk in Teilstrecken aufgeteilt werden, die entweder unterschiedliche Maßstäbe oder auch keine Maßstabsänderung beinhalten können. Dabei ist auf die Randproblematik besonders zu achten. Differenzen zum übergeordneten Koordinatensystem zeigen sich an den Rändern besonders und müssen je nach Genauigkeitsanforderungen behandelt werden.

Sollte keine sinnvolle Aufteilung in Teilstrecken möglich sein, ist ein geodätisches Koordinatenreferenzsystem als Projektkoordinatensystem alternativlos. Hierfür wird in der Regel das Koordinatenreferenzsystem der Vermessungsverwaltungen - das Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 / Deutsches Referenznetz 1991 Realisierung 2016 (ETRS89/DREF91 Realisierung 2016) mit Abbildung der Koordinaten in das Universale Transversale Mercatorsystem (UTM) - zu Grunde gelegt [2]. Als Festpunkte können sowohl LAP aus den Festpunktfeldnachweisen der Bauverwaltungen (Leitstellen Vermessung) gemäß BFR Verm [8] oder Festpunkte der Vermessungsverwaltung verwendet werden.

3.2 Festlegungen für die Georeferenzierung

Für die Zusammenführung der BIM-Fachmodelle auf der Grundlage eines einheitlichen Raumbezugs ist es essentiell, dass die beteiligten Fachdisziplinen mit denselben Festlegungen für die Georeferenzierung operieren.

Im Nachfolgenden werden Möglichkeiten für die Festlegungen der Georeferenzierungsparameter beschrieben, welche insbesondere einen fehlerfreien Austausch der Parameter mittels des IFC-Formates ermöglichen sollen. Die hier beschriebenen Möglichkeiten stellen lediglich Vorschläge für ein einheitliches Vorgehen dar, insbesondere die geometrischen Definitionskörper, die in der Praxis häufig Anwendung finden.

Für die Beschreibung der Georeferenzierung können auch andere Vorgehensweisen genutzt werden. Wichtig ist jedoch, dass diese Festlegungen bereits in der Anfangsphase eines BIM-Projektes vorgenommen werden und allen beteiligten Fachdisziplinen als einheitliche Projektgrundlage übermittelt werden.

3.2.1 Projektreferenzpunkt (PRefP)

Der Projektreferenzpunkt (PRefP) ist der Projektnullpunkt im BIM-Autozensystem und besitzt somit per Definition im lokalen Projektkoordinatensystem die Lagekoordinatenwerte ($x=0$, $y=0$).

Prinzipiell kann der PRefP willkürlich definiert werden. Dennoch wird hinsichtlich seiner Bestimmung folgendes empfohlen:

- Platzierung «unten links», so dass die gesamte Bauwerksgeometrie im ersten Quadranten liegt und somit positive Koordinatenwerte gewährleistet sind

Einheitliche Festlegungen für die Georeferenzierung

Projektreferenzpunkt

Empfehlungen für die Platzierung des PRefP

- Platzierung auf einem Grenz- oder Lagefestpunkt der amtlichen Vermessung für die Sicherstellung eines einfachen Geobezugs

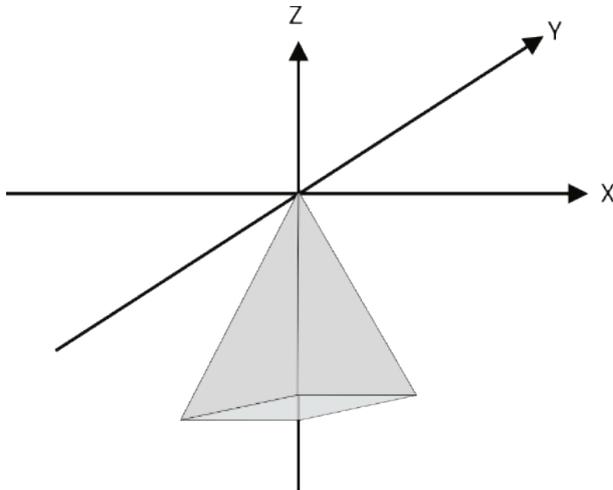


Abb. 3: Geometrische Darstellung des PRefP als Pyramide

- Der PRefP wird im Referenzmodell geometrisch als Spitze einer rund ein Meter großen Pyramide mit quadratischer Grundfläche dargestellt. In IFC2x3 ist der PRefP als *IfcBuildingElementProxy* bzw. in IFC4 als gekacheltes Oberflächenmodell (TESSELLATION) des Typs *IfcGeographicElement* mit der Bezeichnung «PRefP» definiert (Abb. 3: Geometrische Darstellung des PRefP als Pyramide)
- Die nötigen Attribute des PRefP, wie z. B. der Name «PRefP» und die Koordinatenwerte des lokalen und übergeordneten Koordinatensystems, können in einem PropertySet „PSet_GeoRef“ (Tab. 1) beschrieben werden.
- Diese Angaben sind im BAP festzuhalten.

Tab. 1: Semantische Angaben des PRefP als PropertySet

PSet_GeoRef	
Name	PRefP
LocalX	0.000
LocalY	0.000
LocalZ	0.000
Easting	32642828.551
Northing	5649689.357
Orthogonal Height	62.460

Bezugshöheniveau für das Projekt

3.2.2 Projektreferenzkote (PRefK)

Das Bezugshöheniveau für das Projekt wird separat mit der Projektreferenzkote (PRefK) festgelegt und beinhaltet die lokale Projekthöhe (meist Höhe ± 0.00) sowie die zugehörige Gebrauchshöhe bzw. Meereshöhe – in Deutschland in der Regel im amtlichen Koordinatenreferenzsystem für Höhen Deutsches Haupthöhennetz 2016 (DHHN2016).

Auch dieser Punkt soll mittels einer Pyramide mit quadratischer Grundfläche analog zum PRefP geometrisch definiert werden. Um sich aber vom PRefP visuell zu unterscheiden, sollte die Pyramide für die PRefK auf der Spitze stehen (Abb. 4).

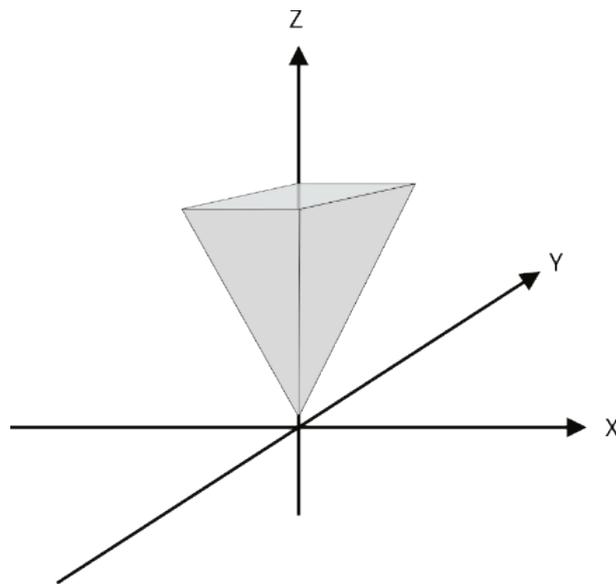


Abb. 4: Geometrische Darstellung der PRefK als auf der Spitze stehende Pyramide

Lokalisierung der PRefK

Als Name kann „PRefK“ gewählt werden (Tab. 2). Optimalerweise wird die Pyramide lagemäßig am definierten Ort der Nullhöhe, wie beispielsweise auf der Schwelle der Eingangstür oder der Oberkante Fertigboden der Küche im Erdgeschoss, abgesetzt. Dies ist jedoch in einer frühen Projektphase nicht möglich. In diesem Fall kann sie an einer günstigen Stelle innerhalb der räumlichen Projektgrenzen definiert werden. Wichtig ist, dass die exakte Lage der Nullhöhe im BAP eindeutig erläutert wird.

Tab. 2: Semantische Angaben der PRefK als PropertySet

PSet_GeoRef	
Name	PRefK
LocalX	48.485
LocalY	21.482
LocalZ	0.000
Easting	32642768.601
Northing	5650145.227
OrthogonalHeight	52.518

3.2.3 Rotation (Nordabweichung)

In der Praxis wird zur effizienten Bearbeitung in der BIM-Autorensoftware das Modell orthogonal auf das Bauwerk oder parallel zu einem vor Ort gegebenen Achssystem ausgerichtet. Wird das Modell gegenüber Kartennord rotiert, ist es wichtig, stets mit einem definierten Winkel-Wert in Grad zu arbeiten und sich nicht nur auf ein geometrisches Ausrichtungsobjekt, wie eine Grenze oder Achse, zu beziehen.

Der Rotationswinkel ist mit mindestens 3 Nachkommastellen zusammen mit der Translation und der Höhe im BAP festzuhalten. Die Rotation bzw. Nordabweichung sollte grundsätzlich als Azimut (Geodätischer Richtungswinkel), also als Winkelwert der Ordinate im Uhrzeigersinn angegeben werden (Abb. 5). Zu beachten ist, dass je nach Autorensoftware die Definition der Rotation abweichen kann. Es ist deshalb unbedingt zu prüfen, wie der Winkel in der entsprechenden Anwendung definiert ist. In einigen BIM-Autorenwerkzeugen wird die Rotation im Gegenuhrzeigersinn der Abszisse gemessen (Abb. 6). Die angewendete Rotation kann über den PRefP sowie die weiteren Passpunkte kontrolliert werden.

Angabe des Rotationswinkels als Azimut

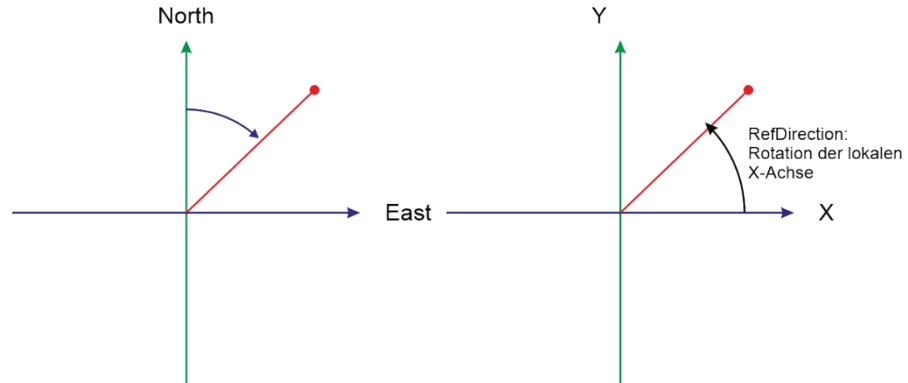


Abb. 5: Definition geodätischer Drehsinn bzw. Azimut (Uhrzeigersinn)

Abb. 6: Definition der Kartennordabweichung mittels Georeferenzierungsvariante *IfcLocalPlacement*

Angabe von Winkelwerten als *IfcDirection*

Generell werden in IFC Rotationen analog ISO 10303-42 nicht mittels Winkelwert, sondern mittels eines Vektors angegeben. Dabei errechnet sich der Winkel aus dem Verhältnis aus x- und y-Anteil dieses Vektors. In IFC wird dazu die Entitätsmenge (Klasse) *IfcDirection* verwendet.

Wie dargestellt gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, um eine etwaige Kartennordabweichung in IFC zu übermitteln. Für die Georeferenzierungsvariante mittels *IfcLocalPlacement* wird die Abweichung im Attribut *RefDirection* des Objekts *IfcAxis2Placement3D* hinterlegt. *RefDirection* gibt dabei den Winkel der lokalen x-Achse bzw. der Abszisse im mathematisch positiven Drehsinn - also im Gegenuhrzeigersinn und nicht als Azimut - an (Abb. 6).

Maßstabsänderung bei Verwendung geodätischer CRS

3.2.4 Maßstabsänderung

Bei einer Maßstabsänderung wird die gesamte Bauwerksgeometrie um einen Maßstabsfaktor in der Größe verändert. In der BIM-Methodik wird, wenn immer möglich, ohne Maßstabsänderung, also mit einem Maßstabsfaktor 1 gearbeitet. Das bedeutet, dass das Modell und dessen Längenmaße der Realität entsprechen. Sollte eine Transformation in das übergeordnete Koordinatensystem mit einer definierten Maßstabsänderung bzw. einem Maßstabsfaktor ungleich 1 aufgrund der Genauigkeitsansprüche notwendig sein, ist diese zwingend im BAP zu dokumentieren. In den meisten Fällen kann jedoch auf eine Maßstabsänderung verzichtet werden und es wird empfohlen, für die Georeferenzierung eine Transformation ohne Maßstabsänderung zu verwenden.

Maßstabsänderung im IFC-Schema

Eine Maßstabsänderung wird im IFC-Schema mittels der Georeferenzierungsvariante *LoGeoRef50* angegeben. Dies ist allerdings erst ab der Version 4 möglich.

Es ist darauf zu achten, dass die Maßstabthematik getrennt nach Lage und Höhe zu betrachten ist. Eine Maßstabsänderung auf Grund der Längenverzerrungen wirkt sich nur auf die Lage (x,y) aus und hat keine Auswirkung auf die Maßstabänderung der Höhe.

Separate Maßstäbe für Lage und Höhe

Der Maßstab sollte mit mindestens 5 Nachkommastellen angegeben werden (Bsp.: 0,99987). Im Sinne einer Qualitätskontrolle wird nach Anwendung einer Transformation ausdrücklich eine Kontrolle über die Passpunkte empfohlen.

3.2.5 Kontrolle der Transformation durch zwei weitere Passpunkte

Mit der Bestimmung einer Transformation wird der Bezug zwischen dem Projekt- und dem übergeordneten geodätischen Koordinatensystem hergestellt und somit die Georeferenzierung gewährleistet. Zur Kontrolle der Transformation und um Fehler zu vermeiden, wird die Möglichkeit einer unabhängigen und einfachen Kontrolle empfohlen, denn bereits kleine Unterschiede in den Nachkommastellen der Transformationsparameter können bei großen Distanzen zu nicht tolerierbaren Abweichungen führen. In der BIM-Praxis hat sich als Kontrollmöglichkeit die Einführung von zwei zusätzlichen Passpunkten etabliert.

Bestimmung von Transformationsparametern mit Hilfe von zwei weiteren Passpunkten

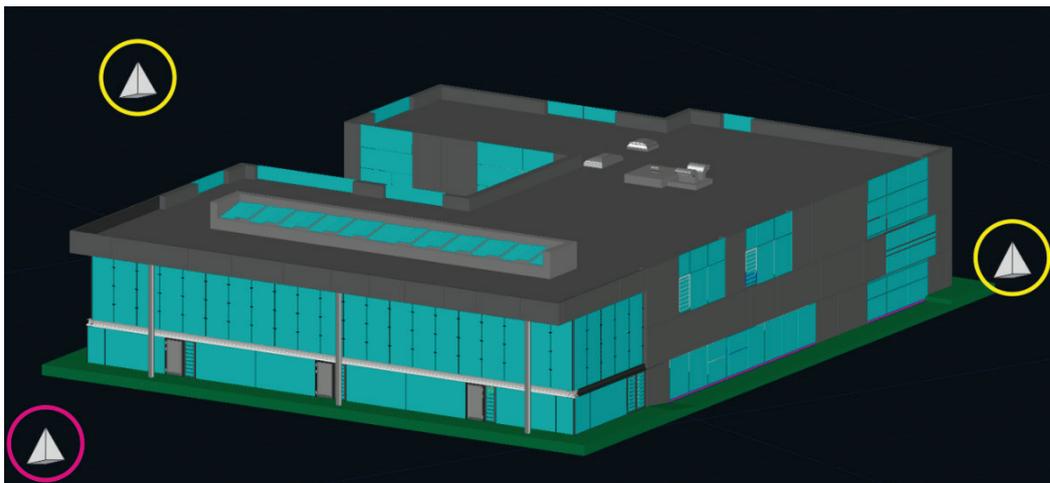


Abb. 7: PRefP (rot umrandet) und zwei Passpunkte in Randlage (gelb umrandet)

Die Passpunkte besitzen Koordinatenwerte im lokalen Projektkoordinatensystem sowie auch im übergeordneten, globalen Koordinatenreferenzsystem. Diese werden für die Berechnung der Lage- Transformationsparameter verwendet. Die Passpunkte erfüllen optimalerweise folgende Anforderungen:

Anforderungen an Passpunkte

- Punkt mit bereits bekannten Koordinaten im geodätischen Koordinatensystem, vorzugsweise aus dem LAP-Feld der Bauverwaltungen oder Punkte der amtlichen Vermessung (Lagefestpunkt, Grenzpunkt),
- Lage außerhalb oder am Rand des Projektgebietes für eine optimale Berechnung und Kontrolle (Abb. 7),
- möglichst gleichmäßige Verteilung der Passpunkte um das Projekt,
- eine Vermarkung der Punkte vor Ort ist nicht zwingend notwendig

Für die geometrische 3D-Abbildung von Passpunkten hat sich analog zum PRefP die Pyramidenform (Abb. 3) in der Praxis etabliert. Sie werden mit der «PP», gefolgt von einer laufenden Nummerierung, z. B. «PP01», «PP02» etc., bezeichnet und im BAP beschrieben (Abb. 7).

Werden als Passpunkte Liegenschaftsbezogene Aufnahmepunkte (LAP) gemäß den BFR Verm [8] oder Punkte der Vermessungsverwaltung verwendet, sind die zugehörigen Punktnummern zu verwenden. Dadurch können Fehlzuordnungen zu den Punkten minimiert werden.

Tab. 3: Semantische Angaben der Passpunkte als PropertySet

PSet_GeoRef		PSet_GeoRef	
Name	PP01	Name	PP02
LocalX	15.269	LocalX	124.532
LocalY	51.248	LocalY	42.196
LocalZ	1.552	LocalZ	2.697
Easting	32643331.254	Easting	32643363.003
Northing	5649715.818	Northing	5649629.372
Orthogonal Height	62.012	Orthogonal Height	63.157

3.3 Festlegung der Georeferenzierungsparameter in den IFC

In den IFC können Informationen bezüglich der Georeferenzierung in unterschiedlichen Objekten (Klassen und Typen) und Merkmalen (Attribute und Eigenschaften) gespeichert werden. Die Georeferenzierung verlangt die Angabe von entsprechenden Metadaten der CRS und der zugehörigen Transformationsparameter. Zudem muss der Projektnullpunkt in Lage und Höhe (PRefP und PRefK) in der Autorensoftware eindeutig bestimmt sein.

Möglichkeiten zur Beschreibung der Georeferenzierung in IFC

IFC schlägt mehrere Möglichkeiten zur Beschreibung der Georeferenzierung vor. Dies führt dazu, dass BIM-Anwendungen beim IFC-Export bzw. IFC-Import die Georeferenzierungen unterschiedlich angeben bzw. interpretieren.

Konzept Level of Georeferencing

Das IFC-Schema lässt prinzipiell sogar eine redundante Angabe der Georeferenzierung zu. Daraus entstehen Missverständnisse, welche Clemen und Görne [14] mit der Einführung des Konzepts *Level of Georeferencing* (*LoGeoRef*) zu klären versuchen.

In diesem Konzept wird die Vielzahl der Georeferenzierungsmöglichkeiten entsprechend ihrer Qualität der Verortung als *LoGeoRef* in fünf Stufen (*LoGeoRef10* bis *LoGeoRef50*) klassifiziert und beschrieben. Mit jeder Stufe erhöht sich die Qualität der Georeferenzierung in einer IFC-Datei. Allerdings steht jede Stufe für sich und eine höhere Stufe beinhaltet nicht automatisch die Informationen der niedrigeren Stufe. Hier wird auf eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Stufen verzichtet und auf die einschlägige Literatur in Clemen und Görne [14] verwiesen.

Die nachfolgende Tabelle bewertet die fünf Stufen und gibt eine Empfehlung für die praktische Anwendung zum heutigen Stand ab.

Bewertung und Anwendungsempfehlung des Level of Georeferencing (LoGeoRef)

Tab. 4: Bewertung der LoGeoRef-Stufen von Clemen und Görne (2019) [14] für die praktische Anwendung

LoGeoRef & IFC-Version	IFC-Objekt	Transformationsparameter	Bewertung / Empfehlung
LoGeoRef10 postalische Adresse, Projektmanagement ab IFC2x3	IfcPostalAddress in IfcSite u./o. IfcBuilding	(✓) Translation ✗ Rotation ✗ Maßstab	<ul style="list-style-type: none"> Einfache postalische Adressangabe für simple Georeferenzierung Keine akkurate Positionierung Menschenlesbar aber nur bedingt maschinenlesbar Keine Möglichkeit für Angaben der Rotation und des Maßstabs nicht empfohlen
LoGeoRef20 geographische Koordinaten, Punkt auf Karte ab IFC2x3	RefLatitude, RefLongitude, RefElevation in IfcSite	(✓) Translation ✗ Rotation ✗ Maßstab	<ul style="list-style-type: none"> Einfache „Punktreferenzierung“ über Bauplatzattribute als geographische Koordinaten Lage als komma-separierte Winkelangabe (nur) in WGS84 Höhenangabe (ReEle.) als metrischer Wert ohne Möglichkeit einer Datumsangabe Keine Rotations- und Maßstabsmöglichkeit nicht empfohlen

LoGeoRef & IFC-Version	IFC-Objekt	Transformationsparameter	Bewertung / Empfehlung
<p>LoGeoRef30 3+1-Parameter für <i>IfcSite</i> Placement ab IFC2x3</p>	<p>IfcLocalPlacement in <i>IfcSite</i> (oder alt. <i>IfcBuilding</i>) mit <i>IfcCartesianpoint</i> und <i>IfcDirection</i></p>	<p>✓ Translation ✓ Rotation ✗ Maßstab</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferenzierung für die in der räumlichen Hierarchie zuoberst befindlichen Raumstruktur (meistens ein Bauplatz) • Ohne relativen Bezug zu übergeordnetem Bezugssystem • 2D/3D-Helmert-Transformation als X-, Y-, Z-Koordinaten-Angabe • Rotation als Vektor-komponenten-Angabe für die X- und Z-Achse • Keine Maßstabs-möglichkeit <p>empfohlen</p>
<p>LoGeoRef40 3+1-Parameter mittels Geometric-RepresentationContext für <i>IfcProject</i> ab IFC2x3</p>	<p><i>IfcGeometricRepresentationContext</i> in <i>IfcProject</i> mit <i>IfcCartesianpoint</i> und <i>IfcDirection</i></p>	<p>✓ Translation ✓ Rotation ✗ Maßstab</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferenzierung auf Projektstufe • Definition eines Projektkoordinatensystems (Attribut: <i>WorldCoordinateSystem</i>) mit Translation und optionaler Rotation analog zu <i>LoGeoRef30</i> • Eventuell redundante Angabe der Abweichung zu Kartennord (Attribut: <i>TrueNorth</i>) = Abw. von Y-Achse zu Kartennord • Keine Maßstabsmöglichkeit <p>empfohlen</p>

LoGeoRef & IFC-Version	IFC-Objekt	Transformationsparameter	Bewertung / Empfehlung
LoGeoRef50 3+1-Parameter und Metadaten zum übergeordneten Koordinatenreferenzsystem ab IFC4	IfcMapConversion mit IfcGeometricRepresentationContext und IfcProjectedCRS	✓ Translation ✓ Rotation ✓ Maßstab	<ul style="list-style-type: none"> • Angabe von Translation und Drehung für Koordinatenumrechnung zwischen Projekt- und übergeordnetem Koordinatenreferenzsystem • 2D/3D-Helmert-Transformation als Easting-, Northing-, OrthogonalHeight-Angabe • Rotation als XAxis-Abscissa-, XAxis-Ordinate-Angabe • Maßstabsangabe möglich • Angaben von Metadaten und Bezeichnung (Bsp. EPSG-Code) der Koordinatensysteme (PRS und CRS) • Erst ab IFC4, nicht in IFC2x3 empfohlen / erst ab IFC4

Die beiden ersten Stufen **LoGeoRef10** und **LoGeoRef20** können für eine einfache «punktförmige» Kartendarstellung genutzt werden, sind aber für Ingenieur- und Planungsanwendungen nicht geeignet.

LoGeoRef10 und LoGeoRef20

LoGeoRef30 beschreibt die Georeferenzierung des obersten in der räumlichen Hierarchie befindlichen Raumstrukturelements. In den meisten Fällen ist dies ein Bauplatz (*IfcSite*). Im Attribut *RelativPlacement* vom Typ *IfcAxis2Placement3D* des zum Raumstruktur-Element zugehörigen *IfcLocalPlacement* wird die Position des Projektnullpunkts im übergeordneten Bezugssystem als X-, Y-, Z-Koordinatenwerte (*IfcCartesianPoint*) und eine eventuelle Abweichung zu Kartennord mittels Vektorkomponenten-Angabe für die X- und Z-Achse (*IfcDirection*) angegeben.

LoGeoRef30

Leider können mit dieser Georeferenzierungsmöglichkeit keine Maßstabangabe und keine Metadaten wie Bezeichnung oder der eindeutigen

Angabe des verwendeten Koordinatensystems mittels EPSG-Code³ angegeben werden.

LoGeoRef40

Bei **LoGeoRef40** wird die Georeferenzierung nicht auf Stufe «Element», sondern mit dem zugeordneten *IfcGeometricRepresentationContext* auf Stufe «Projekt» angegeben. Es enthält im Attribut *WorldCoordinateSystem* die Lagekoordinaten und Höhe des Projektnullpunkts im übergeordneten Bezugssystem angegeben wie im *LoGeoRef30* als *IfcAxis2Placement3D*. Der Name des Attributs *WorldCoordinateSystem* ist dabei etwas verwirrend, da in Autorenanwendungen dieser Begriff häufig für das interne «Rechen-Koordinatensystem» und nicht für ein übergeordnetes geodätisches Bezugssystem verwendet wird. Zudem könnte eine eventuelle Rotation sowohl im Attribut *TrueNorth* als auch im *IfcAxis2Placement3D* des Attributs *WorldCoordinateSystem* redundant, aber schemakonform angegeben werden.

Um Missverständnisse zu vermeiden, wird empfohlen, die eventuelle Kartennordabweichung nur im Attribut *TrueNorth* und nicht im *IfcAxis2Placement3D* des Attributs *WorldCoordinateSystem* anzugeben. Eine Angabe zu einer eventuellen Maßstabsänderung oder Metadaten zu den Koordinatensystemen kann mit *LoGeoRef40* ebenfalls nicht hinterlegt werden.

LoGeoRef50

In der Stufe **LoGeoRef50** ist dies möglich, jedoch erst ab der IFC-Version 4. Die mit IFC4 neu eingeführten Objekte *IfcMapConversion* und *IfcProjectedCRS* erlauben eine Angabe der Transformationsparameter zwischen Projekt- (PRS) und übergeordnetem Koordinatensystem (CRS) sowie dessen Metadaten (Bsp. als EPSG-Code³). Dabei wird die Translation in den Attributen *Easting*, *Northing* und *OrthogonalHeight*, die eventuelle Rotation in *XAxisAbscissa* und *XAxisOrdinate* und der eventuelle Maßstab im *Scale* (nur Lage) angegeben.

Voraussetzung für eine exakte Georeferenzierung ist die Anwendung der vorangegangenen korrekten Sequenz von relativen Transformationen (*IfcLocalPlacement*) vom Bauteil, Stockwerk, Gebäude und Bauplatz, bevor die Transformationsparameter für die Georeferenzierung angebracht werden können. Diese korrekte relative Positionierung wird meist durch die Autorensoftware übernommen. Was laut Clemen und Görne [14] im IFC-Schema noch fehlt, ist das Konzept für die Beschreibung eines Festpunktnetzes, von Passpunkten sowie die Möglichkeit einer dreistufigen Transformation bei Projekten mit mehreren Bauwerken auf einem gemeinsamen kleinräumigen Areal.

³ European Petroleum Survey Group Geodesy: System zur weltweit eindeutigen Bezeichnung für Koordinatenreferenzsysteme und anderer geodätischer Datensätze (Referenzellipsoid, Projektionen etc.)

Die Verwendung der im IFC-Schema vorgegebenen Objekte (Klassen und Typen) und Merkmale (Attribute und Eigenschaften) hat den Vorteil, dass die für die Georeferenzierung nötigen Informationen wie Metadaten und Transformationsparameter maschinenlesbar sind und bei entsprechender Softwareimplementierung direkt gelesen und verarbeitet werden können. Dies ist jedoch zum heutigen Zeitpunkt mit den gängigen BIM- und/oder GIS-Autorensoftwarelösungen noch nicht der Fall.

4 Vermessungstechnische Umsetzung

Grundlage für Bestandsaufnahmen und/oder Absteckungen bildet ein **Projektfestpunktnetz**. Es stellt die Realisierung des Projektkoordinatensystems in der Örtlichkeit dar und bildet die Schnittstelle zwischen Planung und Realwelt. Im Regelfall wird ein solches Festpunktnetz mittels tachymetrischer Messungen umgesetzt. Außerhalb von Gebäuden werden auch GNSS-Messungen⁴ für die Realisierung der Festpunktnetze angewendet.

Projektfestpunktnetz

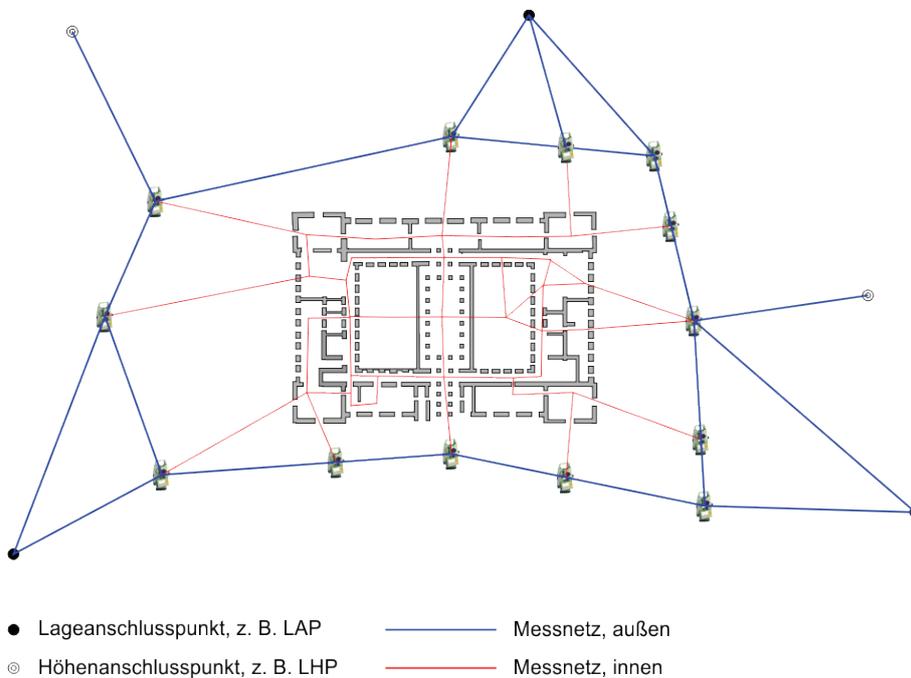


Abb. 8: Projektfestpunktnetz entsprechend Verfahrensbeschreibung Gebäudevermessung, Modul 1 Gebäudebestandsdokumentation gemäß BFR GBestand

Beim Hochbau oder kleinräumigen Bauwerken wird meist ein lokales und verzerrungsfreies Projektkoordinatensystem ohne Maßstabsänderung verwendet. Das bedeutet, dass alle lokalen Projektkoordinaten mittels einer Transformation in der Lage und Höhe und einer eventuellen Rotation ins übergeordnete Koordinatenreferenzsystem überführt werden können.

⁴ GNSS-Messungen umfassen alle Messungen zur Bestimmung von Punktkoordinaten mittel satellitengestützter Navigationssysteme, z. B. GPS, Galileo, Glonass, u. a.

Siehe auch Verfahrensbeschreibung Gebäudevermessung; Modul 1 Vermessungsleistungen für Gebäudebestandsdokumentationen gemäß BFR GBestand [12].

Bestimmung des Festpunktnetzes

Bei der Bestimmung des Festpunktnetzes über LAP oder Fest- und Grenzpunkte der amtlichen Vermessung entstehen Spannungen, welche den unterschiedlichen Referenzsystemen geschuldet sind. Jedoch können auch lokale Verzerrungen und Differenzen durch die Genauigkeiten der amtlichen Vermessung und/oder durch Bodenverschiebungen auftreten. Aus diesen Gründen ist eine Überbestimmung anzustreben; dabei ist auf eine gute räumliche Verteilung und die Verwendung von repräsentativen Punkten, welche das lokale Spannungsbild darstellen können, zu achten.

Einpassung des lokalen Festpunktnetzes in die LAP-Netze sowie Festpunkte der Vermessungsverwaltung

Bei kleinen übersichtlichen Projekten kann die Einpassung und Beurteilung direkt vor Ort erfolgen, indem bei der Stationierung mittels Tachymetrie die geometrischen Reduktionen am Instrument ausgeschaltet werden. Es ist darauf zu achten, dass von der ersten Instrumentenaufstellung eine gute Verteilung der LAP und/oder der Punkte der amtlichen Vermessung vorhanden ist. Anschließend soll nur noch mit den neuen Festpunkten weitergearbeitet werden.

Empfehlungen für eine Netzausgleichung

Bei größeren Projekten mit mehreren Instrumentenaufstellungen wird eine Netzausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate empfohlen, wobei die Lagerung des Festpunktnetzes frei erfolgt [Siehe BFR Verm 8, S. 6–22]. Eine gesamtheitliche Beurteilung der Restklaffungen wird dadurch möglich und eventuelle Messfehler können zuverlässig detektiert und eliminiert werden.

Hinweise zum Anlegen lokaler, projektbezogener Festpunktnetze

Die Festpunkte sind so anzulegen, dass sie während der gesamten Bauzeit einsehbar sind und nicht durch bauphasenbedingte Arbeiten wegfallen. Einzelne Festpunkte des Festpunktnetzes können sich während der Dauer des Projektes verändern. Dies kann durch Einflüsse aus dem Bauablauf wie z. B. Grundwasserabsenkungen, Deformationen oder Schwinden des Betons hervorgerufen werden. Durch Überbestimmungen und regelmäßige Kontrollen müssen solche Änderungen festgestellt und ggfs. korrigiert werden.

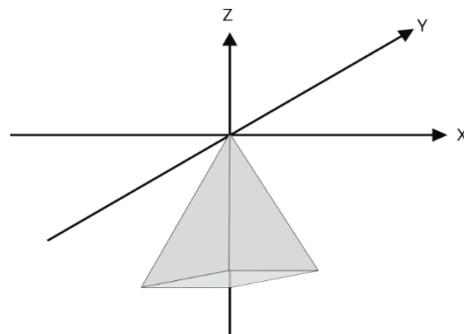


Abb. 9: Geometrische Darstellung eines Festpunkts als Pyramide

Abbildung lokaler, projektbezogener Festpunkte in den IFC-Dateien

Die resultierenden Festpunktkoordinaten im übergeordneten Koordinatensystem werden ins Projektkoordinatensystem transformiert und sie lassen sich analog zu den anderen Punkten (Passpunkte und PRefP) als Pyramiden

(Abb. 9) geometrisch in einem Fachmodell Geomatik abbilden. Neben den Koordinatenwerten der beiden Systeme sollten ebenfalls Angaben zur Genauigkeit, Lagerung, Messdatum und Vermarkungsart im BAP dokumentiert und in der IFC-Datei als PSet_GeoRef mitgegeben werden (Tab. 5).

Tab. 5: Semantische Angaben eines Festpunkts als PropertySet

PSet_GeoRef	
Name	FP01
LocalX	121.336
LocalY	38.978
LocalZ	2.998
Easting	32642856.771
Northing	5649631.135
OrthogonalHeight	63.458
PSet_FixPoint	
Accuracy	3mm
AdjustmentPoints	LFP1213, LFP889, LFP19, LFP890
MeasurementDate	2024-05-25
Materialization	ADV-Adapterbolzen

Das Fachmodell Vermessung beinhaltet alle Daten, welche in der Verantwortlichkeit des Vermessungsdienstleisters liegen. Neben dem Projektfestpunktnetz können das auch Bestandsdaten aus vor Ort getätigten Aufnahmen (Bsp. Gelände- oder Gebäudeaufnahmen), in 3D aufbereitete bestehende Geodaten (Bsp. Liegenschaftsbestandsdokumentation, Gebäudebestandsdokumentation, 3D- Leitungskataster, 3D-Gebäudemodelle) oder Absteckungsdaten sein. Essenziell dabei ist die zwingende Angabe von Metadaten in Form eines IFC-PSet wie Datenherkunft, Bezugsdatum bzw. Aktualität und Qualität und die entsprechende Dokumentation im BAP.

Neben der fachmännischen Arbeitsausführung spielt in der BIM-Methodik der modellbasierte Datenfluss eine zentrale Rolle. Bei der Beschaffung von Daten als Grundlage für die Arbeitsausführung gibt es einen Paradigmen-

Inhalte des Fachmodells Vermessung

Modellbasierter Datenfluss und CDE

wechsel von einer Bring- zu einer Holschuld. Das heißt, alle Projektbeteiligten stehen zunehmend in der Verantwortung, sich ihre relevanten Grundlagen-Informationen selbst von einer zentralen Datenplattform, einer sogenannten Common Data Environment (CDE), zu beschaffen. Als Grundlage dienen dabei typischerweise 3D-Fachmodelle im IFC-Format und die dazugehörige BAP- Dokumentation oder daraus abgeleitete Produkte. Cloudbasierte Online-Schnittstellen von Vermessungsinstrumenten zu CDE-Umgebungen ermöglichen in zunehmenden Maßen einen effizienten Modellbezug für BIM2Field- bzw. Absteckungsarbeiten, jedoch (noch) nicht die modellbasierte auf die Datenstruktur abgestimmte Dokumentation der ausgeführten Arbeiten. Diese erfolgt leider immer noch unstrukturiert, das heißt als einzelne oder losgelöste Absteckungsprotokolle im PDF-Format statt in strukturierter, modellbasierter Form.

Literaturverzeichnis

- [1] Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. *Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland. Rili-RB-AdV Version 3.0*, 16. Mai 2017.
- [2] Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. *Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland. Rili-RB-AdV*, 16. Mai 2017.
- [3] Barmettler, A., D. Holdener und T. Marti. *Wegleitung zum Use Case Georeferenzierung (GeoRef)*, 2021.
- [4] Blankenbach, J. *Wie kommt die Koordinate ins BIM? Im Spannungsfeld von Modellierung, Interoperabilität und Software*. Düsseldorf, 2. Juli 2019. 2. GEODÄSIE-KONGRESS NRW.
- [5] Bundesministerium der Verteidigung und Bundesanstalt für Immobilienaufgaben. *ETRS89/UTM-Projektmaßstab und Planungskoordinatensystem* [online]. *Online-Berechnungstool zur Berechnung der Maßstabsunterschiede zwischen lokalem und globalem Koordinatenreferenzsystem*. Verfügbar unter: <https://www.bfrvermessung.de/materialien-1/etrs89/utm-projektmasstab-und-planungskoordinatensystem>
- [6] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung. *Baufachliche Richtlinien Gebäudebestandsdokumentation. BFR GBestand*, Juni 2021.
- [7] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung. *Baufachliche Richtlinien Liegenschaftsbestandsdokumentation - Erfassung und Nutzung von Bestandsdaten zu Außenanlagen auf Liegenschaften des Bundes. BFR LBestand*, Februar 2021.
- [8] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung. *Baufachliche Richtlinien Vermessung - Grundlagen für Vermessungsleistungen auf Liegenschaften des Bundes. BFR Verm*, 4. Auflage, September 2018.
- [9] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung. *Handreichung DHHN2016; Zur Umstellung der Höhen Bezugssysteme für Bundesliegenschaften auf das Deutsche Haupthöhennetz 2016 (DHHN2016)*, Version 1.1 vom 5. April 2020.
- [10] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung. *Handreichung ETRS89/UTM bei Planungsaufgaben; Modul 2: Erstellung planungskonformer CAD-Daten*, Version 1.0 vom 5. April 2020.
- [11] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat und Bundesministerium der Verteidigung. *Verfahrensbeschreibung ETRS89/UTM*, Version 1.1 vom 5. April 2020.
- [12] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und Bundesministerium der Verteidigung. *Verfahrensbeschreibung Gebäudevermessung; Modul 1 Vermessungsleistungen für Gebäudebestandsdokumentationen gemäß BFR GBestand*, Version 1.0 vom 2. März 2021.
- [13] Clemen, C., R. Becker, R. Kaden und J. Blankenbach. Georeferenzierung. In: DVW E. V. UND RUNDER TISCH GIS E. V., Hg. *Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 4 (2024)*. Bühl/München, S. 54-68.
- [14] Clemen, C. und H. Görne. Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM. *Journal of Geodesy, Cartography and Cadastre*, 03.2019, 15-20.
- [15] Kaden, R. und C. Clemen. *Applying Geodetic Coordinate Reference Systems within Building Information Modeling (BIM)*. Helsinki, 29. Mai 2017. FIG Working Week 2017.
- [16] Mitchell, J. *User-Guide-for-Geo-referencing-in-IFC-v2.0. "How to Setup Geo-referencing in a Building or Linear Infrastructure Model"*. Version 2.0, 01.2020.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium der Verteidigung
Fontainengraben 150
53123 Bonn

Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
Ellerstraße 56
53119 Bonn

Bezugsquelle/Ansprechpartner

Leitstelle BFR Vermessung beim
Landesamt GeoInformation Bremen
Lloydstraße 4
28217 Bremen
www.bfrvermessung.de
info@bfrvermessung.de
Tel +49 (0)421 361-17178

Gestaltung

Leitstelle BFR Vermessung, Bremen

Text

Leitstelle BFR Vermessung, Bremen
in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Fachthemen

Bildnachweis

Leitstelle BFR Vermessung, Bremen

Versionsverlauf

Versionsnummer	Datum	Änderungen
1.0	14.07.2025	

Genderhinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in diesem Dokument das generische Maskulinum verwendet. Die Formulierungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter und enthalten keine Wertung.

