

Transformation der LoD2 Gebäudemodelle in Bayern nach UTM

Joachim Batscheider Frank Hümmer



Thomas Krey

Robert Roschlaub



1. Einleitung/Motivation

In dem Leitartikel „Ein ausgeglichenes Bayern“ [Hampp & Glock 2017] wurden ausführlich die konzeptionelle Vorgehensweise und die mathematischen Hintergründe erläutert, auf deren Grundlage Bayern die Umstellung des Liegenschaftskatasters vom GK-System ins neue ETRS89/UTM-System vollzieht. Die Nachbarschaftsgenauigkeit der ins ETRS89/UTM-System umgeformten Daten aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) wird in einer guten Katastergenauigkeit vorliegen. Für Kunden, die vor der Aufgabe stehen, ihre Geofachdaten ins ETRS89/UTM-System zu transformieren, werden von der Bayerischen Vermessungsverwaltung gitterbasierte Interpolationsdateien angeboten. Diese Interpolationsdateien konkretisieren das gitterbasierte Transformationsverfahren National Transformation Version 2 (NTv2) und wird als NTv2-Ansatz BY-KanU bezeichnet.

Damit können externe Fachanwender ihre Datenbestände in Eigenregie nach UTM überführen. Dies gilt auch für Fachreferate der Bayerischen Vermessungsverwaltung am Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV).

Die Umstellung von ALKIS nach UTM beschränkt sich nicht nur auf die nach dem aktuellen ALKIS-Objektkatalog zunächst eben modellierten zweidimensionalen Ob-

jektbereiche wie Flurstücke, Gebäude- und Bauwerksgrundrisse, sondern schließt auch weitere Bereiche der Topographie wie die Tatsächliche Nutzung (TN), Präsentation, etc. ein.

Die bis Ende 2018 im Koordinatensystem GK erfassten 9 Millionen 3D-Gebäudemodelle mit standardisierten Dachformen im sogenannten Level of Detail 2 (LoD2) werden von dieser UTM-Umstellung jedoch nicht erfasst. Nach der UTM-Umstellung des Liegenschaftskatasters Anfang 2019 liegen die Gebäudegrundrisse durch Anwendung des orthogonalen Transformationsansatzes (Ortra-Verfahren) ausgeglichen in UTM vor. Aufgrund der grundrisstreuen Erfassung der 3D-Gebäudemodelle entsprechen die Gebäudegrundrisse des Liegenschaftskatasters im Koordinatensystem GK der Bodenplatte – dem sogenannten Footprint – der 3D-Gebäudemodelle. Die Schwierigkeit besteht nun darin, die im Koordinatensystem GK außerhalb von ALKIS vorliegenden 3D-Gebäudemodelle ebenfalls nach UTM zu überführen, ohne dass Planaritäten in den Gebäudewänden und Dächern verloren gehen und die Grundrisstreue der Footprints der 3D-Gebäudemodelle zu den ALKIS-Gebäudegrundrissen erhalten bleibt.

Damit die 3D-Gebäudemodelle auch nach der UTM-Umstellung als grundrisstreu bezeichnet werden können, ist sicherzustellen, dass das Prinzip „der Grundrisstreue“ nicht verloren geht. Dieses Prinzip wäre erfüllt, wenn nach der UTM-Umstellung die mittels des Ortra-Verfahrens ausgeglichenen ALKIS-Gebäudegrundrisse mit den Footprints der 3D-Gebäudemodelle, die durch die gitterbasierte Transformation NTV2-Ansatz BY-KanU nach UTM überführt wurden, im Rahmen der Katastergenauigkeit übereinstimmen. Dies gilt es zu untersuchen und Möglichkeiten zur Behebung auftretender Restabweichungen zu entwickeln.

Noch bevor die endgültige Umstellung von ALKIS nach UTM erfolgt, gilt es zu untersuchen, ob es durch die Anwendung des punktspezifischen Transformationsansatzes NTV2-Ansatz BY-KanU zu unerwünschten geometrischen Fehlern kommt. Es war zu befürchten, dass nach einer Transformation planare Flächen in eine Vielzahl von Dreiecken zerlegt werden. Dies würde insbesondere bei fotorealistischer Texturierung von Gebäuden erhebliche Probleme bereiten. Ebenfalls könnten Softwarepakete zur Visualisierung von 3D-Gebäudemodellen aufgrund von numerischen Effekten nach der UTM-Umstellung automatisiert eine ungewollte Dreieckszerlegung durchführen. Dies gilt es, anhand verschiedener geometrischer Prüftools, ebenfalls zu untersuchen.

2. Prüfung der vorhandenen Infrastruktur

Software

Es wurde zunächst geprüft, ob die Transformation der 3D-Gebäudemodelle mit bereits vorhandener Software realisiert werden könnte. Ausgangspunkt war der Datenbestand von LoD2-Gebäudemodellen im Datenformat CityGML, der in einer relationalen Datenbank gehalten wird. Dabei wird ein Open-Source-Programmpaket zur effizienten Speicherung, Verwaltung und Visualisierung von CityGML-basierten 3D-Gebäudemodellen – die 3D City Database (3DCityDB) – eingesetzt. Verfügbar waren auch die aktuellen NTV2-Gitterdateien für jeden der sieben Regierungsbezirke sowie eine Datei für ganz Bayern.

Als Werkzeuge, die prinzipiell für eine NTV2-Transformation von GIS-Daten geeignet sind, standen am LDBV die Software-Pakete ARC-GIS, FME (Feature Manipulation Engine) und GDAL (Bestandteil von QuantumGIS) zur Verfügung. Alle Programmpakete unterstützen die kachelweise Transformation im Stapellauf (Batchbetrieb).

Außerdem gibt es am LDBV ein Programm mit dem Namen „Shape2CityGML“, das die Konvertierung von 3D-Gebäudemodellen im Format Shape in das Datenformat CityGML unterstützt. Dieses Programm ist ebenfalls batchfähig und ist als Bestandteil früherer Versionen der Ersterfassungssoftware von 3D-Gebäudemodellen „Building Reconstruction“ der Fa. virtualcitySYSTEMS GmbH vorhanden.

Datenbereitstellung

Die Bayerische Vermessungsverwaltung stellt Ihre LoD2-Daten in den Formaten CityGML, 3D-Shape, KML/KMZ, DXF, 3DS sowie als Präsentationsformat 3D-PDF den Kunden zur Verfügung. Für die notwendige Transformation der 3D-Gebäudemodelle in das Koordinatensystem UTM stellte sich das 3D-Shape Format als eines der geeignetsten Datenformate zur weiteren Prozessierung der Ausgangsdaten dar. Die Bereitstellung des Datensatzes erfolgt unter Berücksichtigung des AdV-Produktstandards für Shape-Dateien. Das Ausspielen der Daten aller Formate ist über eine eigene FME-Workbench realisiert. In Bild 1 ist ein Ausschnitt der FME-Workbench zur Datenauspielung dargestellt. Zur Datenauspielung im Shape-Format werden jeweils bereits fertig modellierte Gemeinden über eine GIS-Oberfläche ausgewählt und alle Gebäude mit gewünschtem Gemeindeschlüssel ausgespielt. Die Selektion findet dabei zeitsparend in der Datenbank statt. Die Dauer des Auspielens beträgt zwischen 5 und 30 min, je nach Größe der Gemeinde oder Stadt. Alle Gebäude einer Gemeinde werden in 1 km² großen Kacheln abgelegt und dem Transformationsprozess übergeben.

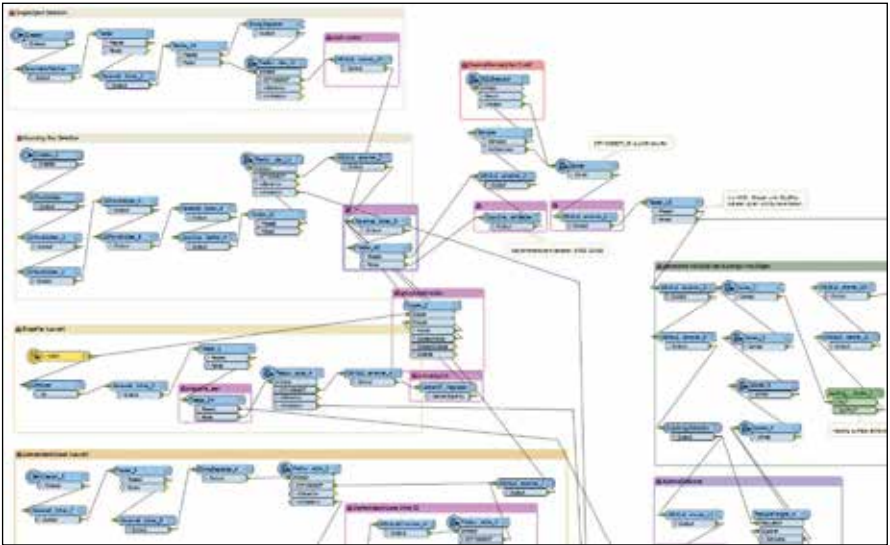
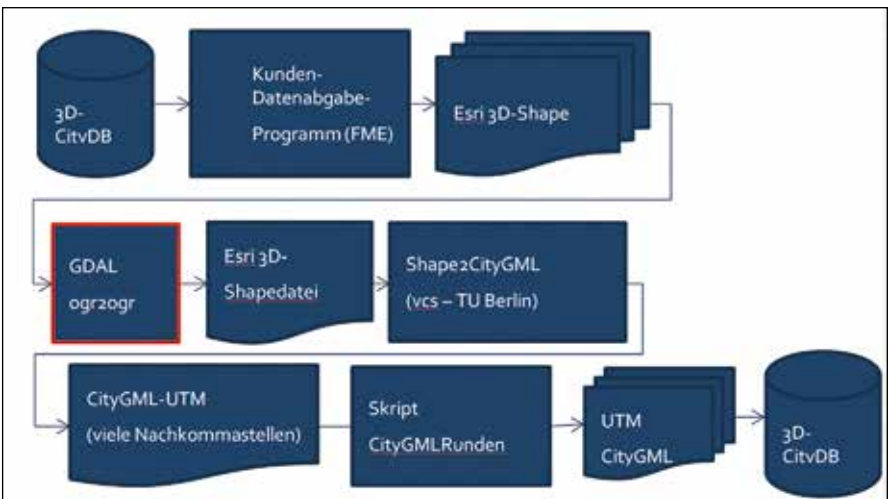


Bild 1: Ausschnitt der Workbench für die Auspielung des LoD2 in verschiedenen Datenformaten

3. Mögliche Verfahren zur UTM-Umstellung von 3D-Gebäudemodellen mittels GIS

Für die Transformation nach UTM werden beim LDBV zwei Verfahren überprüft, die im Folgenden vorgestellt werden.

3.1 Transformation mittels GDAL



Das Programmpaket GDAL ist Bestandteil des Open-Source Geoinformationssystems Quantum GIS und ermöglicht den Einsatz des Transformationswerkzeuges für Vektordaten (ogr2ogr). Es ist ohne lizenzrechtliche Einschränkungen an beliebig vielen PCs einsetzbar. Außerdem steht das Programm als 64Bit-Version zur Verfügung. Damit ist es möglich, die ca. 3,2 GB umfassende, binäre Gitterdatei für die NTV2-Transformation zu verwenden. Mit anderen Werkzeugen hätten kleinere Gitterdateien z. B. für die einzelnen Regierungsbezirke verwendet werden müssen. Dies hätte Mehrarbeit bedeutet und wäre außerdem eine latente Fehlerquelle gewesen.

Die Möglichkeit, mittels ogr2ogr CityGML zu verarbeiten, wurde nicht untersucht. Wegen des geringeren Datenvolumens und der zu erwartenden besseren Performance wurde die Transformation im Format Shape aus Performancegründen bevorzugt (bei Shape handelt es sich im Gegensatz zu CityGML um ein Binärformat). Das im LDBV vorhandene Softwarewerkzeug „Shape2CityGML“ wurde verwendet, um die ins Shape-Format konvertierten und nach UTM transformierten Daten anschließend wieder in das Format CityGML zu konvertieren.

Im Adv-CityGML-Profil des Produktstandards für 3D-Gebäudemodelle [Adv 2017b] sind die Koordinatenwerte mit drei Nachkommastellen definiert. Diese Randbedingung wurde nach der Transformation nicht eingehalten. Es wurde verifiziert, dass identische Ausgangswerte zuverlässig zu immer gleichen Ergebnissen geführt hatten. Daher konnten die Ergebnisse einfach auf drei Nachkommastellen gerundet werden. Dies ist mit Standardwerkzeugen für XML-Daten einfach und effizient möglich.

Nachdem sich der beschriebene Prozess in Testläufen als stabil erwiesen hatte, konnte das Rechenprojekt gestartet werden. Da die Daten nach Gemeinden und Quadratkilometern geordnet vorlagen, war ein paralleler Rechenansatz naheliegend. Drei handelsübliche PCs benötigten für sieben Millionen Gebäudemodelle 28 Stunden Rechenzeit. Mit dem gleichen Ansatz werden seitdem regelmäßig die neu abgeleiteten Gebäudemodelle transformiert. Sollte in Zukunft eine optimierte NTV2-Gitterdatei verfügbar sein, kann die Transformation jederzeit wiederholt werden.

Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass in kurzer Zeit der gesamte 3D-Gebäudebestand in der Detailstufe LoD2 nach UTM überführt werden kann.

◀ *Bild 2: Workflow zur UTM-Transformation von 3D-Gebäudemodellen mittels GDAL*

3.2 Transformation von CityGML-Dateien mittels FME

Eine weitere Möglichkeit, Gebäudemodelle nach UTM zu transformieren, besteht mit Hilfe der FME Software. Die neuesten Versionen können große Gitterdateien, wie sie für eine NTV2 Transformation von ganz Bayern benötigt werden, verwalten. Gemeinsam mit dem Transformer CsmapReprojector können Gebäudemodelle von GK nach UTM transformiert und zugleich Daten im CityGML Format in jedes beliebige Format umgewandelt werden, welche die FME unterstützt.

4. Prüfung der Ergebnisse und Übernahme in die Datenbank

Vor der Übernahme der nach UTM transformierten 3D-Gebäudemodelle in eine Datenbank werden die Gebäude ausgiebig hinsichtlich der lagetreuen und geometrischen Eigenschaften getestet.

4.1 Nachweis der grundrisstreuen Transformation

Zur Nachweisführung der grundrisstreuen Transformation wurden die Ecken der Bodenplatten der mittels der NTV2-Methode transformierten LoD2-Gebäudemodelle ins UTM-System transformiert und anschließend mit den Koordinaten der mittels des Ortra-Verfahrens ausgeglichenen Gebäudegrundrisse in UTM im Shape-Format verglichen.

Da der Bearbeitungsstand der LoD2-Grundrisse dem Aktualitätsstand von ALKIS zum Zeitpunkt der Bereitstellung des jeweiligen Grundrisses entspricht und der Zeitbezug des NTV2-Gitters nicht zu beeinflussen ist, ergeben sich unterschiedliche Aktualitätsstände der Ausgangsdaten – wie beispielhaft folgende Konstellation:

Produkt	Aktualitätsstand
LoD2-Quadratkilometerkachel 4567_5334	Dezember 2014
NTV2 Gitterdatei	November 2015
UTM-Gebäudegrundrisse (aus dem Ortra-Verfahren)	Dezember 2016

Tabelle 1: Aktualitätsstände der Ausgangsdaten

In der untersuchten Flächeneinheit wurden die Koordinaten der Ecken der Bodenplatten der LoD2-Gebäudemodelle mit den Gebäudeecken des Ortra-Verfahrens verknüpft. Die Zuordnung erfolgte über Fangkreise. Wegen der unterschiedlichen Aktualitätsstände führen Katasterfortführungen, Netzverbesserungen sowie die Streuung aus Gitterdatei und Transformation zu nicht unterscheidbaren Abweichungen. Die jeweils zugeordneten Punktmengen sind hier tabellarisch und graphisch zusammengestellt.

Fangradius [mm]	Anzahl der Punkte	Anteil [%]
100	18055	100,00%
90	18033	99,88%
80	18008	99,74%
70	17974	99,55%
60	17943	99,38%
50	17906	99,17%
40	17855	98,89%
30	17808	98,63%
25	17793	98,55%
20	17776	98,45%
15	17711	98,09%
10	17442	96,60%
7	14565	80,67%
5	9015	49,93%

Tabelle 2: Punktmengen identischer Gebäudeecken

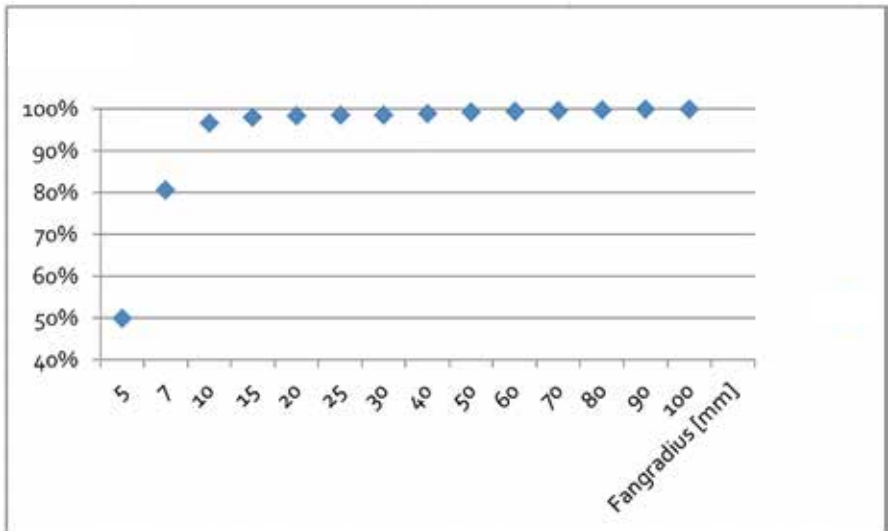


Tabelle 3: graphische Darstellung der Punktmengen identischer Gebäudeecken

Trotz der unterschiedlichen Aktualitäten bei den Datenbeständen sind lediglich etwa 1,4 % der Punkte nicht innerhalb von 3 cm zuzuordnen (vgl. Tabelle 2).

Die Punkte der nicht identischen Grundrisse treten lokal gehäuft auf (vgl. Bild 3). Dies ist durch zwischenzeitlich durchgeführte Fortführungen im Liegenschaftskataster zu erklären.



Diese Gebäude werden als Fortführungsfälle bei der Aktualisierung der LoD2-Gebäudemodelle bearbeitet.

Trotz aller Fehlerquellen konnten mehr als 98,6 % der Punkte innerhalb der Katastergenauigkeit transformiert werden. Damit wurden die Erwartungen an die zu realisierende Koordinatengenauigkeit mit dem gewählten Verfahren bestätigt. Diejenigen Punkte, die über die 3 cm Schranke hinausreichen, werden im Rahmen der LoD2-Fortführung erkannt und korrigiert (vgl. Abschnitt 5).

4.2 Geometrische Prüfungen

Alle Daten, die aktuell bearbeitet werden, werden auf semantische und geometrische Fehler hin überprüft, bevor sie in die Datenbank eingespielt werden. Diese Überprüfung erfolgt sowohl mit dem CITYDOCTOR, einem eigenen Prüftool der ZSHH (Zentrale Stelle Hauskoordinaten und Hausumringe), welches aktuell nur semantische Prüfungen durchführt, als auch mit einer eigenen FME-Workbench.

Ein Schwerpunkt der geometrischen Prüfung sind die planaren Oberflächen – insbesondere die Dachflächen. Ist der Grundriss nicht exakt rechteckig oder die gegenüberliegenden Gebäudewände nicht parallel, so kann es zu Knickungen im Dach kommen. Diese werden durch die Berücksichtigung von Zwängen verursacht. Hierzu zählen das Anhalten des Gebäudegrundrisses oder das Anhalten gleicher Dachfirsthöhen sowie das Anhalten von Zwangspunkten in den Wandecken.

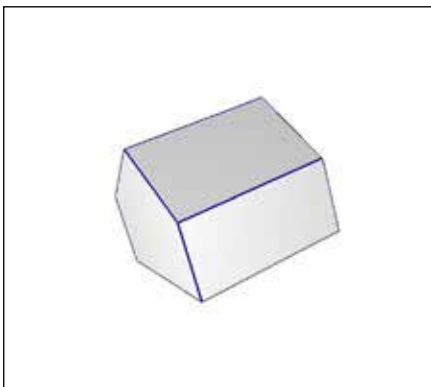


Bild 4: Gebäude als 3D-Polygon

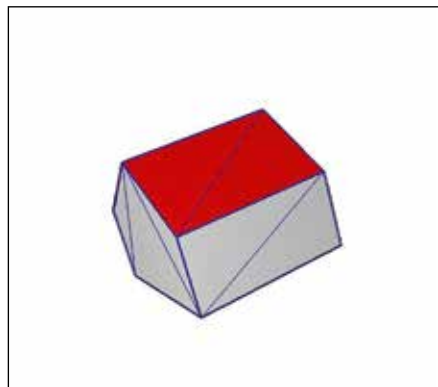


Bild 5: Gebäude mit geknickter Dach- und Wandfläche

◀ Bild 3: Abweichungen >3 cm aber < 10 cm identischer Gebäudeecken

Die Dachfläche wird als 3D-Polygon im Datenmodell abgebildet. Dieses Polygon entspricht in der Regel nicht einer Ebene. Aufgrund der angehaltenen Zwänge, wie der Gebäudegrundrisse, wird daher dieses Polygon in Dreiecke zerlegt. Für eine geometrische Überprüfung auf Planarität wird eine zu den Eckpunkten des 3D-Polygons ausgeglichene Ebene berechnet. Der orthogonale Abstand der Dreieckspunkte zu dieser Ausgleichsebene darf einen gewissen Wert nicht überschreiten. Die Toleranz, bei der man noch von planaren Flächen spricht, ist bei den Prüfungen auf 1 cm eingestellt. Dachflächen mit größeren Abständen zur Ausgleichsfläche sind nicht planar.

Durch das gitterbasierte Transformationsverfahren mit der Transformationsdatei „BY-KanU“ besteht die Gefahr, dass die Eckpunkte der Gebäude mit unterschiedlichen Werten transformiert werden, insbesondere wenn die Ecken in verschiedenen Transformationszellen liegen, wodurch die Innenwinkel des Gebäudegrundrisses Änderungen erfahren können und die Wände nicht parallel bleiben würden. Das Ergebnis wären nicht planare Dachflächen.

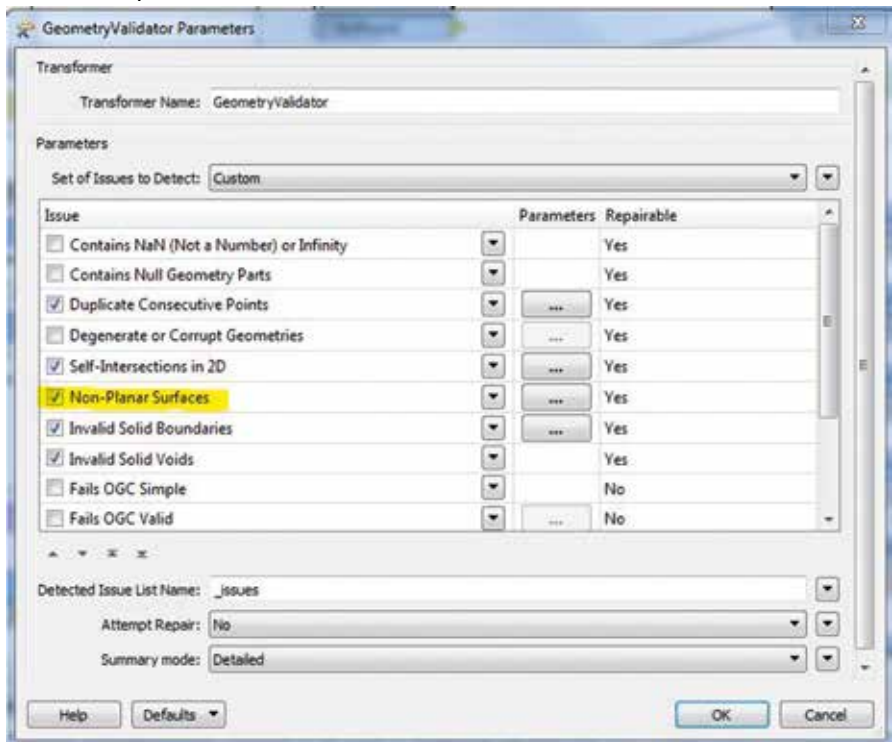


Bild 6: Einstellungsmöglichkeiten des geometrischen Prüftransformers GeometryValidator der FME

Nach der UTM-Transformation gilt es deshalb zu prüfen, ob nicht planare Flächen entstanden sind. Mit dem Transformer der Software CITYDOCTOR der HFT Stuttgart können verschiedene geometrische Prüfungen durchgeführt werden (vgl. Bild 6), unter anderem die Planarität von Oberflächen (Non-Planar Surfaces), Kantenüberschneidungen (Self-Intersections) oder die „Wasserdichtigkeit“ des Volumenkörpers (Invalid Solid Voids).

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Dateiname	FeatureTygmI_id			Beschreibung			
2	4418_5304_Lc02	RoofSurfa	DEBY_LOD2_8626330_6519a6af-4b40-43d2-b46d-86aa90c0fd_2		Non-Planar Surfaces			
3	4418_5304_Lc02	Building	DEBY_LOD2_8626330		Non-Planar Surfaces			
4								
5								
6								

Bild 7: Fehler im Gebäude 8626330: keine planare Oberfläche

Die Überprüfung mit einer eigenen FME-Workbench liefert eine Aufstellung aller Fehler als EXCEL-Liste (vgl. Bild 7). Die Bezeichnung der einzelnen Fehler lehnt sich an das ZSHH-Prüftool an. So steht die Prüfnummer 3230 als Bezeichnung für die Prüfung auf nicht-planare Oberflächen. Das Gebäude mit der Bezeichnung DEBY_LOD2_8626330 in der Kachel 4418_5304 hat laut Prüfprogramm keine planare Dachfläche. Im Prüfprogramm CITYDOCTOR der HFT Stuttgart stellt sich der Fehler des Gebäudes 8626330 wie folgt dar:

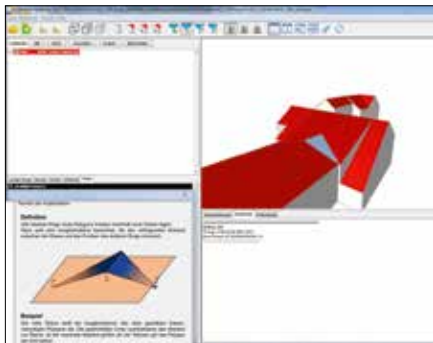


Bild 8: Fehlerdarstellung Gebäude 8626330 im CITYDOCTOR

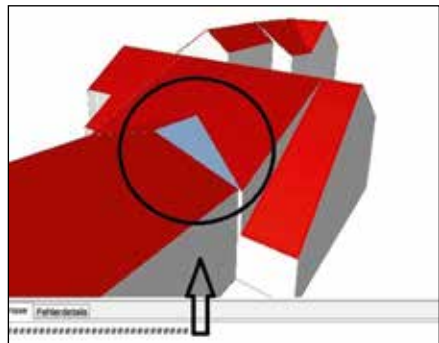


Bild 9: Ausschnitt des fehlerhaften Gebäudeteils

Die automatische Erstellung der querstehenden Dachfläche im hinteren Gebäudeteil bewirkt eine nicht planare Dachfläche im vorderen Teil (vgl. Bild 8 und 9). Durch die Modellierung zu einem querstehenden Satteldach und die Verlängerung der vorderen Dachfläche wird der Fehler bei diesem Gebäude vermieden (vgl. Bild 10 und 11).

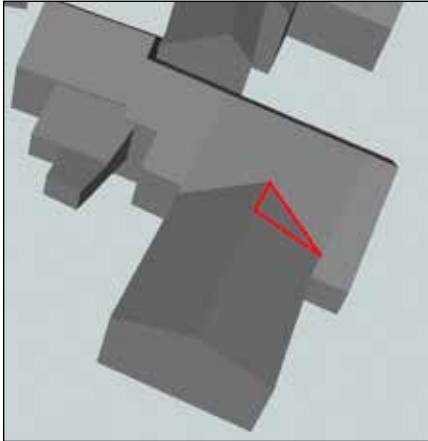


Bild 10: Fehlerhaftes Gebäude



Bild 11: Verbessertes Gebäude 8626330

Alle Gebäude werden vor dem Einspielen in die Datenbank geprüft. Sollten sich Erfassungsfehler ergeben, werden die betroffenen Gebäude manuell nachbearbeitet. Derzeit beträgt die Fehlerrate hinsichtlich der geometrischen Prüfung bei der Erfassung der Gebäude weniger als 0,2 %. Damit liegt vor der Transformation nach UTM ein fehlerfreier Datensatz vor.

Nach der Transformation und einer anschließenden Überprüfung der transformierten Daten würde sich eine Veränderung in der Planarität der Oberflächen in den Prüfprogrammen ablesen lassen. Die Fehler sind jedoch äußerst selten und beziehen sich dabei meistens auf Rundungsungenauigkeiten. Daraus lässt sich schließen, dass die Transformation des zuvor fehlerfrei in die Datenbank eingespielten Datensatzes nach UTM mit der gitterbasierten Transformation NTv2-Ansatz BY-KanU keine Gebäude erzeugt, die nicht planare Oberflächen haben.

4.3 Übernahme in die UTM-Datenbank

Die Übernahme in eine UTM-Datenbank geschieht mit der Java-basierten Open-Software IMPORTER/EXPORTER der 3D CITY Database. Die doppelte Datenhaltung von GK- und UTM-Gebäuden in zwei Datenbanken stellt hierbei keinerlei Probleme dar, da die Datenbankgröße des landesweiten Gebäudebestandes nur ca. 550 GB be-

trägt. Die getrennte Datenhaltung in zwei Datenbanken hat den Vorteil, dass eine Datenabgabe von vorläufig transformierten Daten schon vor der UTM-Umstellung des Liegenschaftskatasters erfolgen kann. Ferner kann die Bereitstellung der 3D-Gebäudemodelle in UTM auf Basis der endgültigen Gitterkoordinaten zum Zeitpunkt der Umstellung im Liegenschaftskataster schneller erfolgen.

5. Beseitigen von Restabweichungen mittels Fortführungsworkflow LoD2

Jeder Gebäudepunkt des Liegenschaftskatasters wird nach der Ortra-Transformation im System UTM vorliegen. Ziel ist es, die verbleibenden Abweichungen zwischen mittels Ortra und NTV2 transformierten Gebäudepunkten so zu reduzieren, dass die Anforderungen an die Grundrisstreue der LoD2-Gebäude auch nach der Umstellung des Liegenschaftskatasters wieder erfüllt sind. Als grundrisstreue werden LoD2-Gebäude dann bezeichnet, wenn sich die Abweichungen zu den im Liegenschaftskataster geführten Grundrissen im Rahmen der Katastergenauigkeit bewegen, also die größtmögliche Differenz einen Betrag kleiner als 3 cm aufweist.

Wie am Beispiel reeller Daten im Abschnitt 4.1 mit Tabelle 2 gezeigt, wird diese Bedingung in 98,63 % der Gebäudepunkte erfüllt sein. Für 96,60 % aller Gebäudepunkte trifft sogar eine größtmögliche Abweichung von kleiner 1 cm zu.

Um die Restabweichungen der verbleibenden Gebäudepunkte zu identifizieren und zu beheben ist ein zusätzlicher Prozess notwendig.

Unabhängig von der Umstellung nach UTM werden im Kataster fortlaufend Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung durchgeführt. Hierzu gehören z.B. Transformationen sowie Neukoordinierungen auf Basis von Vermessungsrissen mit überprüfem Zahlenmaterial. Ferner lösen Katastervermessungen vor Ort die Berichtigung von Gebäudepunkten aus. Abschnitt 4.1 verweist deshalb auf die Überlagerung solcher punktueller Fortführungen mit rein durch die Transformation bedingten Abweichungen.

In Bayern wird der LoD2-Gebäudebestand auf Basis der im Liegenschaftskataster geführten Gebäude fortgeführt. Im Außendienst erfasste 3D-Informationen werden neben aktuellen Oberflächendaten zur Fortführung der dreidimensionalen Gebäudemodelle benutzt. Ein entsprechender Prozess wird derzeit entwickelt und befindet sich bereits in der Testphase. Ziel ist es, mit der Fortführung der LoD2-Gebäude nach Abschluss der Erstableitung Ende 2018 zu beginnen.

Der Fortführungsprozess identifiziert automatisch Abweichungen zwischen den im Liegenschaftskataster geführten Gebäudeinformationen und dem LoD2-Bestand.

Diese umfassen sowohl Lage- und Höhenänderungen als auch rein attributive Fortführungen, wie z.B. die Gebäudefunktion oder die Anzahl der oberirdischen Geschosse. Nach Feststellung einer Änderung wird eine Klassifizierung des Fortführungsfalls vorgenommen, um das LoD2-Gebäude dem entsprechenden Fortführungsmodul zuzuführen. Neben neu hinzuzufügenden Gebäuden und zu historisierenden Gebäuden sind hier u.a. die Fortführungsfälle „Transformation“ und „geändertes Gebäude“ umgesetzt. Dabei wird im Fall einer Transformation geprüft, ob sämtliche Gebädepunkte mittels eines einheitlichen Verschiebevektors behandelt werden können oder ob nur einzelne Gebädepunkte eine Änderung erfahren haben.

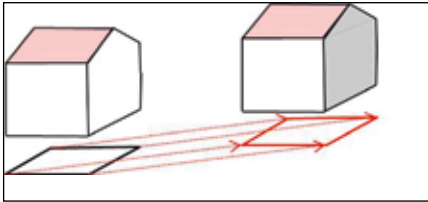


Bild 12: Transformation: Verschieben des Gebäudes mittels einheitlichen Verschiebevektors

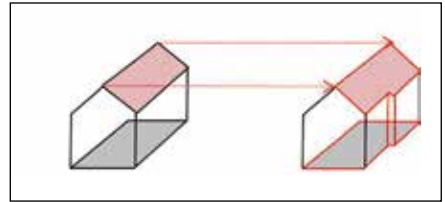


Bild 13: Geändertes Gebäude: Übertragen der Dachflächen auf den geänderten Grundriss

Im Rahmen der Identifizierung und Klassifizierung der Fortführungsfälle erfolgt ein strenger Abgleich der LoD2-Grundrisse mit den im Liegenschaftskataster geführten Grundrissen, indem die Punktidentität geprüft wird. Um zu vermeiden, dass unterschiedliche Genauigkeiten in den Koordinatendarstellungen zu unerwünschten Fortführungsfällen führen, kann für den Punktvergleich eine variable Toleranz zwischen 1 mm und 3 cm vorgegeben werden.

Es leuchtet ein: je strenger die Toleranz beim Punktvergleich gesetzt wird, desto mehr Fortführungsfälle werden ausgelöst. Da die unterschiedlichen Transformationsmethoden mittels des Ortra-Verfahrens für das Liegenschaftskataster und der punktspezifischen Interpolation mittels des NTV2-Ansatzes BY-KanU für die 3D-Gebäudemodelle zwingend zu Differenzen führen werden, wurde abgeschätzt, wie viele Gebäude bei welcher Toleranz zu erwarten sind. Ergänzend zu den in Tabelle 2 ausgewiesenen Untersuchungen einer einzigen Bearbeitungskachel, haben bayernweite Auswertungen im Rahmen von Vortransformationen beider Methoden ergeben, dass in 99,4 % aller transformierten Punkte mit Abweichungen kleiner 1 cm und in 99,6 % mit Abweichungen kleiner 3 cm gerechnet werden kann.

Übertragen auf die bayernweit etwa 9 Millionen zu transformierenden LoD2-Gebäude sind demzufolge bei einer zulässigen Toleranz von 1 cm mit ca. 54.000 und bei 3 cm mit ca. 36.000 Fortführungsfällen aufgrund der Unterschiede zwischen den Transformationsmethoden zu erwarten.

Würde die Toleranz auf 1 mm gesetzt, so wäre damit zu rechnen, dass jedes Gebäude einen Fortführungsfall auslöst, da die Transformationsmethoden Ortra und NTV2-Ansatz BY-KanU erwartungsgemäß nicht zu einer Identität im Bereich eines Millimeters führen werden.

Mittels der variablen Festlegung einer Toleranz beim Punktvergleich kann jedoch gesteuert werden, welche Restabweichung zugelassen werden soll. Die variable Toleranz ermöglicht es, nach der Umstellung des Katasters sehr viele unnötige Fortführungsfälle unterhalb einer Schwelle von 1 cm zu vermeiden.

Da die zu erwartenden Fortführungsfälle bei einer Toleranz von 1 cm nicht unwesentlich höher sind als bei 3 cm – bayernweit wären nur etwa 18.000 LoD2-Gebäude mehr fortzuführen – liegt es nahe, diese bei der Fortführung auf 1 cm zu setzen. Hierfür spricht auch, dass diese Fortführungsfälle weitgehend automatisiert abgearbeitet bzw. nur mit geringen manuellen Nacharbeiten behandelt werden müssen.

Zusammenfassend stellt das Verfahren sicher, dass transformationsbedingte verbleibende Restabweichungen über einen Zentimeter mit der ersten Regelfortführung automatisch behoben werden können.

Die Fortführung der LoD2-Gebäudemodelle wird mit Abschluss der Ersterfassung Ende 2018 beginnen. Schätzungen ergeben, dass aufgrund des vorhandenen Fortführungsstaus (mit der Erstableitung wurde im Jahr 2012 begonnen) bei der ersten Regelfortführung etwa 1 Mio. Gebäude bayernweit zu behandeln sind. Diese Zahl zeigt deutlich, dass die durch die NTV2-Ansatz BY-KanU-Transformation verursachten 54.000 Gebäudemodelle nur einen geringen Anteil bewirken und deshalb nicht ins Gewicht fallen. Die erste Fortführung wird gemeindeweise vollzogen und für ganz Bayern ca. 1 Jahr in Anspruch nehmen.

Grundsätzlich ist der Zeitpunkt des Beginns der Regelfortführung von der UTM-Umstellung entkoppelt. Da die Umstellung des Katasters nach UTM für den Jahreswechsel 2018/19 geplant ist, passt der Zeitpunkt jedoch sehr gut mit dem Abschluss der Erstableitung und dem Beginn der Regelfortführung zusammen. Die erste Fortführung der LoD2-Gebäude findet praktisch direkt im neuen System UTM statt. Durch die vorausgehende Transformation mittels NTV2-Ansatz BY-KanU ist die gleichzeitige Behandlung mit den übrigen Fortführungen (neues, zu historisierendes oder geändertes Gebäude) in einem vorhandenen Prozess möglich. Zusätzliche Werkzeuge werden nicht benötigt.

Einerseits kann unmittelbar nach der UTM-Umstellung ein bayernweiter LoD2-Gebäudedatensatz mit vertretbaren Restabweichungen bereitgestellt werden, der für viele Zwecke der Visualisierung ausreichend ist. Andererseits ist nach Abschluss der ersten Regelfortführung sichergestellt, dass die Grundrisstreue bei den LoD2-Gebäuden auch im System UTM innerhalb der Katastergenauigkeit eingehalten wird, da sämtliche Restabweichungen über einem Zentimeter beseitigt werden.

6. Schluss

Es konnte nachgewiesen werden, dass

- landesweite Transformationen großer Datenbestände mit vorhandenen kostenneutralen Softwarewerkzeugen und großen Gitterdateien mittels NTV2-Ansatz BY-KanU möglich sind,
- auch dreidimensionale Gebäudemodelle mittels Gitterinterpolation transformiert werden können, bei der sich die Lösung mittels FME als die geeignetste herausgestellt hat.

Am Beispiel der Transformation dreidimensionaler Gebäude in Bayern wurde aufgezeigt, dass:

- ein Workflow realisierbar ist, dessen Aufwand gering ist,
- die 3D-Gebäudemodelle auch nach der UTM-Umstellung planar sind,
- schon vor der Umstellung ein landesweiter vorläufiger Datensatz im System ETRS89/UTM bereitgestellt werden kann,
- die Vortransformation mittels Gitterinterpolation zu Ergebnissen führt, die nahe im Bereich der Katastergenauigkeit liegen,
- verbleibende Restabweichungen außerhalb der Katastergenauigkeit durch die Regelfortführung sukzessive behoben werden können,
- die LoD2-Gebäude in Bayern auch im System ETRS89/UTM grundrisstreu sind und Katastergenauigkeit aufweisen.

Literatur

[AdV 2017a] AdV Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle, Version 1.4,
Stand. 21.02.2017,
<http://mobile.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/ZSHH/>

[AdV 2017b] AdV-CityGML-Profile für 3D-Gebäudemodelle Ergebnisse der PG „3D-
Gebäudemodelle“ der AdV zum Produktstandard 1.4, Stand 30.11.2016 ,
<http://mobile.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/ZSHH/>

[Hampp & Glock 2017] Hampp, D., Glock, C.: Ein ausgeglichenes Bayern, Mitteilungen
des DVW-Bayern, Heft 2, S.105-126, 2017. ■■■