

ETRS89/UTM-Umstellungsstrategie in Bayern für das Liegenschaftskataster – Umformungsverfahren und Möglichkeiten der Umsetzung

CLEMENS GLOCK¹ & HENNING BIRKENBEUL²

Zusammenfassung: In Bayern steht nach der flächendeckenden Einführung von ALKIS für das Liegenschaftskataster die Einführung des einheitlichen europäischen Bezugssystems ETRS89/UTM bevor. Mit der Einführung von ETRS89/UTM im Liegenschaftskataster wird zeitlich der amtliche Bezugssystemwechsel vollzogen. Das Projekt KanU (Kataster nach UTM) schafft die Grundlage, dass die Produkte des Liegenschaftskatasters in dem neuen Bezugssystem ETRS89/UTM abgegeben werden können. Es wurden verschiedene Umformungsmethoden für die unterschiedlichen Objektbereiche entwickelt. Als wichtigstes Überführungsverfahren wurde in dem Projekt KanU das neuartige Verfahren „Umformung durch Ausgleichung nach dem Ortra-Ansatz“ entwickelt. Mit der Umstellung stehen somit Fachanwender vor der Herausforderung, große Datenmengen zu transformieren. Der Kundentransformationsansatz NTV2-KanU zur Überführung von Geofachdaten mit Katasterbezug wurde dafür herstellerneutral entwickelt. Transformationssoftwareprodukte oder GIS-Produkte können diesen Kundentransformationsansatz nutzen. Mit einem Transformationssoftwareprodukt und einem GIS-Produkt wurden Erfahrungen gesammelt.

1 Einleitung

In Bayern steht dem Nutzer von Geobasisdaten, dem Fachanwender, dem freien Ingenieurberuf und dem amtlichen Vermessungswesen Ende des Jahres 2018 ein Wechsel des amtlichen Bezugssystems bevor. Zum Jahreswechsel 2018/2019 wird in Bayern der Übergang vom bisherigen nationalen Bezugssystem Deutsches Hauptdreiecksnetz (Abkürzung DHDN) mit dem Gauß-Krüger-Abbildungssystem zum Europäischen Terrestrischen Referenzsystem 1989 (ETRS89) mit der Universalen Transversalen Mercator Projektion in der Zone 32 (Abkürzung UTM32) als neues Abbildungssystem erfolgen.

Der Bezugssystemwechsel wird bei der Bayer. Vermessungsverwaltung (BVV) sowohl durch die Überführung des amtlichen Liegenschaftskatasters nach ETRS89/UTM als auch durch den formalen Abschluss der Umstellung der Produktion und des Vertriebs der amtlichen Geobasisdaten der Landesvermessung nach ETRS89/UTM markiert.

Damit endet im gesamten Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nach mehreren Jahrzehnten die Zeit des Gauß-Krüger-Systems als amtliches Koordinatensystem.

Die Einführung des neuen amtlichen europäischen Bezugssystems ETRS89/UTM zur Realisierung eines einheitlichen europäischen Referenzrahmens stellt die Vermessungsverwaltungen der Bundesländer vor große Herausforderungen. Besonders bei der Umstellung des Liegenschaftskatasters nach ETRS89/UTM sind hohe Genauigkeitsanforderungen zu erfüllen.

¹ Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Projekt KanU, Alexandrastraße 4, D-80538 München, E-Mail: clemens.glock@ldbv.bayern.de

² con terra GmbH, Martin-Luther-King-Weg 24, D-48155 Münster, E-Mail: h.birkenbeul@conterra.de

Der Raumbezugswechsel bringt folgende Vorteile, er

- ermöglicht eine einheitliche Basis für Geodaten und Karten in Europa,
- unterstützt eine großräumige und länderübergreifende Nutzung der Geodaten,
- vereinfacht die Zusammenführung von Geodaten aus verschiedenen Quellen,
- bildet die Grundlage für eine europaweite Geodateninfrastruktur (INSPIRE) und
- lässt GNSS-Messungen im amtlichen System zu.

Zum Zweck der Überführung der Geobasisdaten des Liegenschaftskatasters ins Bezugssystem ETRS89/UTM wurde 2012 am damaligen Landesamt für Vermessung und Geoinformation (jetzt: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, LDBV) in Bayern das Projekt KanU „Kataster nach UTM“ eingerichtet (HAMPP & GLOCK 2017).

Für den zweiten Bereich der amtlichen Geodaten, die Geobasisdaten der Landesvermessung (Geotopographie), wird in diesem Jahr die mehrjährige Umstellung beim LDBV abgeschlossen. Für die Bezugssystemumstellung wurden bereits durchgängige Produktionsketten in ETRS89/UTM aufgebaut (z. B. in der Luftbildproduktion). Bei der Umstellung von Vektor- und Rasterdaten der Landesvermessung sind Genauigkeitsanforderungen ausreichend, die z. B. in Form eines NTV2-Verfahrens die Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS (BeTA2007) zur Verfügung stellt.

Nach jetziger Planung wird die Überführung des Liegenschaftskatasters während eines ca. zweiwöchigen Umstellungszeitraums zum Jahreswechsel 2018/2019 erfolgen. Anschließend steht das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) für die Produktion und die Abgabe von Produkten im neuen Bezugssystem ETRS89/UTM zur Verfügung.

Fachanwender müssen sich auf den Bezugssystemwechsel nach ETRS89/UTM einstellen. Geofachdaten, die einen Bezug zu den amtlichen Geobasisdaten haben, müssen für eine Kombination mit den Geobasisdaten in das neue System überführt werden. Die BVV stellt hierzu Transformationsmodelle bereit. Die katastergenaue Transformationsdatei steht nach Abschluss der BVV-internen Transformation voraussichtlich im Januar 2019 zur Verfügung.

Der Artikel konzentriert sich auf die Umformungsansätze zur Überführung der verschiedenen Objektbereiche von ALKIS.

Das LDBV hat mit dem Ortra-Verfahren (Ortra steht für „Orthogonale Transformation“) ein numerisches Homogenisierungsverfahren, basierend auf einer Ausgleichung entwickelt. In der Ausgleichung für das Ortra-Verfahren sind elastomechanische Analogien vorhanden.

Der Beitrag beschreibt die Ausgleichungen detailliert, die innerhalb des Projekts KanU („Kataster nach UTM“) entwickelt wurden. Diese werden zum Bezugssystemwechsel für die Überführung der ALKIS-Objektbereiche Flurstücke, Gebäude und Bauwerke eingesetzt. Zusätzlich wird ein weiteres Ortra-Ausgleichungsverfahren zur Erstellung der Gitterpunkte des Kundentransformationsansatzes NTV2 verwendet.

Nach Darstellung der Ausgleichungsansätze für Flurstücke und Gebäude (Bauwerke werden weitgehend wie Gebäude behandelt und deshalb nicht näher vorgestellt) wird anschließend der Kundentransformationsansatz NTV2 mit der engmaschigen NTV2-Gitterdatei BY-KanU dargestellt. Er kann zur Überführung von Geofachdaten mit Katasterbezug genutzt werden. Der not-

wendigen Kürze des Beitrags geschuldet, wird auf die Darstellung der Umformung durch Nachbarschaft verzichtet, die die übrigen Objektbereiche von ALKIS umformt.

2 Transformation und Homogenisierung des Liegenschaftskatasters durch das Ortra-Verfahren

Das Ortra-Verfahren wurde als Ausgleichungsverfahren konzipiert und ab 2013 am LDBV für die einzelnen Objektbereiche entwickelt. Es führt während der Umformung eine Homogenisierung der Daten durch. Im alten Bezugssystem noch vorhandene Netzspannungen werden durch eine Minimierung nach dem Prinzip der kleinsten Quadrate reduziert.

Das Verfahren ist mit den Kartenhomogenisierungsverfahren der 1990er Jahre verwandt, die für eine effiziente Datenakquisition manuell digitalisierte Beobachtungen mit Hilfe der Ausgleichung über Verknüpfungspunkte konsistent in ein übergeordnetes Koordinatensystem überführen konnten (Hampp, 1992).

Das Prinzip des Ortra-Verfahrens ist Verbesserungsgleichungen mit Hilfe einer Vielzahl von künstlichen Beobachtungen, sogenannten Pseudobeobachtungen, für die Grundrissgeometrie des Objektbereichs zu definieren. Die folgende Abbildung zeigt die Umsetzung des Prinzips am Beispiel der Flurstücke:

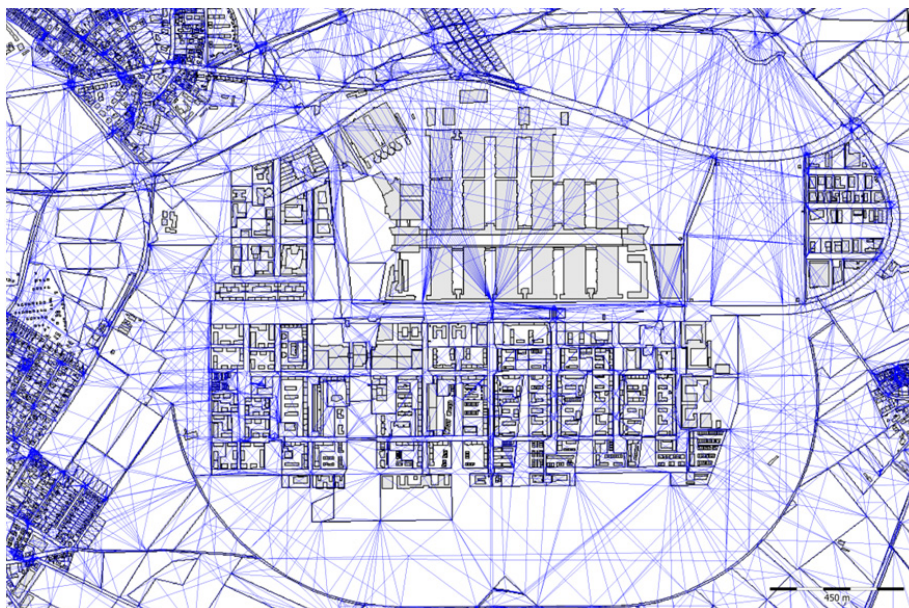


Abb. 1: Vernetzung des Flurstücks-Grundrisses durch künstliche Beobachtungen (Pseudobeobachtungen), München, Messegelände Riem

Ausgangspunkt für die Vernetzung ist der in ALKIS vorliegende Grundriss im Koordinatenausgangssystem Gauß-Krüger mit seinen punkt-, linien- und flächenförmigen Objekten.

Nach dem Aufbau eines geodätischen Netzes ausschließlich aus Grundrisselementen im alten Bezugssystem Gauß-Krüger wird für den Zweck der Umformung ins ETRS89/UTM-System das

gebildete geodätische Netz auf die identischen Punkte, die sowohl GK- als auch UTM-Raumbezug haben, gezogen.

2.1 Flurstücksausgleichung

Zuerst erfolgt die Beschreibung der Ausgleichung für den ALKIS-Objektbereich „Angaben zum Flurstück“.

Der ALKIS-Objektbereich „Angaben zum Flurstück“ wird, da die Flurstücksdaten rechtlich die höchste Relevanz besitzen, als erster Objektbereich nach UTM umgeformt. Nach erfolgter Überführung bilden die Flurstücke das bereits homogenisierte „Rahmenwerk“ in ETRS89/UTM für weitere Ausgleichungen. Nachfolgende Ausgleichungen können dann die in UTM vorliegenden Flurstücksgrenzpunkte als zusätzliche identische Punkte nutzen.

Zwei Arten von Beobachtungen werden für die Flurstücke definiert:

2.1.1 1. Art: Flurstücksgrenzbeobachtungen und Beobachtungen entlang der Winkelhalbierenden

Für jeden Flurstücksgrenzpunkt wird ein Ortra-Kleinsystem aufgebaut, in dem Beziehungen zu den Flurstücksgrenzpunkten der unmittelbaren Nachbarschaft definiert werden. Im lokalen Koordinatensystem, das bei Überführung nach UTM gedehnt, gestaucht und i. d. R. gedreht werden kann, und damit winkelerhaltende Eigenschaften besitzt, wird durch Definition von Koordinatendifferenzen zu den Nachbarpunkten eine lokale Metrik aufgebaut, die nach UTM übertragen wird. Die definierten Nachbarschaftsbeziehungen (Strecken- und Winkelbeziehungen) werden bei der Ausgleichung dann so gut wie möglich erhalten.

Die Grundformel von Ortra mit Beziehungen zwischen GK- und UTM-Koordinaten im lokalen Koordinatensystem lautet:

$$E_2 = E_1 + o_1(x_2 - x_1) + a_1(y_2 - y_1)$$

$$N_2 = N_1 + a_1(x_2 - x_1) - o_1(y_2 - y_1)$$

Die von der Ausgleichung verwendeten, dazugehörigen Verbesserungsgleichungen lauten:

$$0 + \hat{v}_{E_2} = \hat{E}_1 + \hat{o}_1(x_2 - x_1) + \hat{a}_1(y_2 - y_1) - \hat{E}_2$$

$$0 + \hat{v}_{N_2} = \hat{N}_1 + \hat{a}_1(x_2 - x_1) - \hat{o}_1(y_2 - y_1) - \hat{N}_2$$

Eine Pseudobeobachtung wird dann zu einem benachbarten Flurstücksgrenzpunkt aufgebaut, wenn eine gemeinsame Flurstücksgrenze beide Punkte verbindet (siehe Abbildung 2). Auf diese Weise definieren sich ein Vorblick vom Ausgangspunkt zu dem entlang des Flurstückpolygons im Uhrzeigersinn am nächsten gelegenen Punkt und ein Rückblick zu dem zurückliegenden Grenzpunkt.

Die innerhalb eines Gebiets für alle Flurstücksgrenzpunkte gebildeten Beobachtungen entlang der Flurstücksgrenzen führen zu einer exakten Nachbildung des Grundrisses. Es ist jedoch erforderlich, dass der Grundriss noch zusätzlich durch weitere Beobachtungen versteift wird. Zu diesem Zweck werden Flurstücksquerverstrebungen zu dem gegenüberliegenden Teil des Flurstücks gebildet.

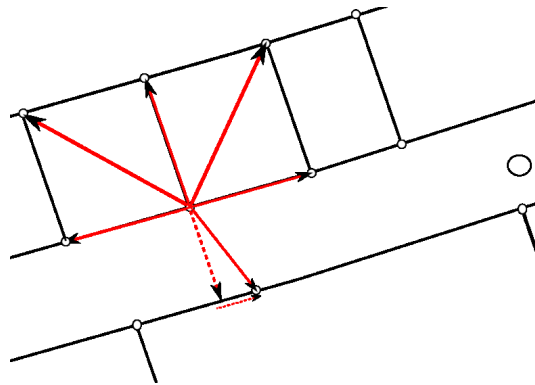


Abb. 2: Aufbau der Querverstrebung, Definition der Beobachtung in der Winkelhalbierenden zwischen zwei Flurstücksgrenzen

Für die Flurstücks-Querverstrebung wird eine Winkelhalbierende in die von diesem Punkt abgehenden Grenzen definiert. Diese schneidet, i. d. R. auf der gegenüberliegenden Seite des Flurstücks, eine Flurstücksgrenze. Auf der geschnittenen Flurstücksgrenze wird dann derjenige Grenzpunkt als Endpunkt der Beobachtung ausgewählt, der näher zum Schnittpunkt liegt. Durch diese Querverstrebungen wird einer geometrischen Entartung bei langgestreckten Flurstücken (z. B. Flussläufe, Straßen) entgegengewirkt.

2.1.2 2. Art: Beobachtungen zu den identischen Punkten

In Bayern existieren ca. 880.000 mit GNSS gemessene identische Punkte. Der überwiegende Teil davon sind Katasterfestpunkte. Als identische Punkte finden auch Flurstücksgrenzpunkte, die mit GNSS gemessen wurden, Verwendung. Diese identischen Punkte sind für den Ortra-Ansatz der übergeordnete, in UTM vorgegebene, homogene Koordinatenrahmen, in dem das in GK aufgebaute künstliche Netz eingespannt wird. Die Vernetzung wird bei der Umformung vom gegebenen lokal-bestanschließenden Bessel-Ellipsoid in das geozentrisch gelagerte, die GRS80-Dimensionen realisierende ETRS89-Ellipsoid gezogen und schließlich mit den identischen Punkten verknüpft. Auf diese Weise erfährt das Netz über jeden Knotennetzpunkt mechanische Spannungen, da eine verzerrungsfreie Übertragung zwischen verschiedenen Ellipsoiden geometrisch nicht möglich ist. Diese Spannungen führen in Verbindung mit dem Gesetz der minimalen Formänderungsenergie dazu, dass die einzelnen Ortra-Kleinsysteme einen UTM-Maßstab bzw. eine gute Näherung dieses Maßstabs annehmen, wenn lokale Netzspannungen gegeben sind. Zuletzt wird das auf diese Weise bereits auf UTM skalierte künstliche geodätische Netz auf dem neuen Bezugsellipsoid ETRS89 in Ellipsoidhöhe 0 m verankert.

Durch Minimierung der Netzspannungen bei dem Vorgang ergibt sich gleichzeitig eine Verbesserung der globalen Lage der Netzpunkte.

Folgende Pseudobeobachtungen werden für identische Punkte definiert:

Von einem identischen Punkt werden Beobachtungen zu allen Flurstücksgrenzpunkten definiert, die sich im Umkreis von 30 m befinden. Der Wert von 30 m für den Umkreis wurde im Projekt empirisch festgelegt. Falls sich innerhalb des Umkreises keine Flurstücksgrenzpunkte befinden, werden im umliegenden Flurstück, in dem sich der identische Punkt befindet, über alle Richtungen verteilt Beobachtungen zu den Punkten des Flurstücks generiert.

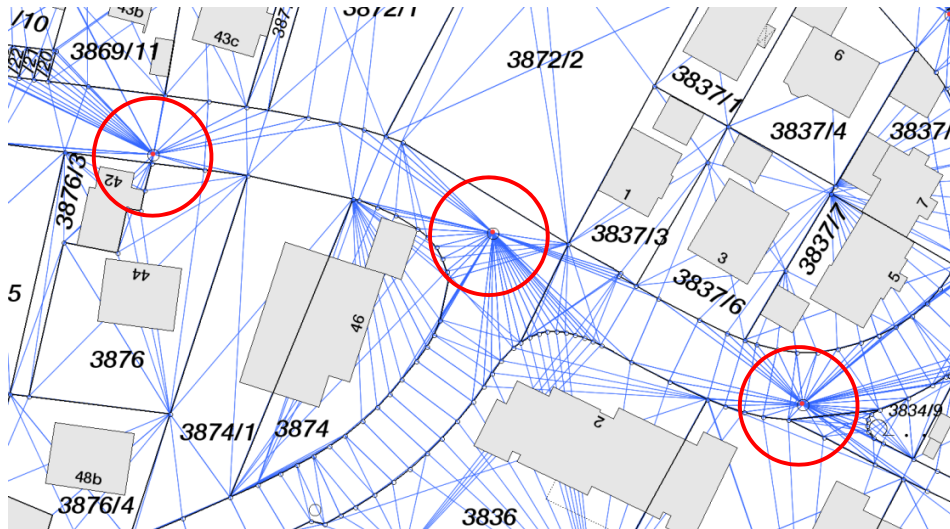


Abb. 3: Beobachtungsdefinition für die identischen Punkte

Die Verbesserungsgleichungen für die Beobachtung von identischen Punkten zu einem benachbarten Flurstücksgrenzpunkt sind bereits oben angegeben. Zusätzlich gehen für den identischen Punkt die Koordinaten als direkte Beobachtungen in die Beobachtungsgleichungen ein:

$$E_i + \hat{v}_{E_i} = \hat{E}_i$$

$$N_i + \hat{v}_{N_i} = \hat{N}_i$$

Mit den vorgestellten Beobachtungsgleichungen können die nach UTM zu transformierenden Flurstücksgrenzpunkte mit den identischen Punkten in Beziehung gebracht werden. Ein identischer Punkt behält bei der Ausgleichung seine gemessene Koordinate, wenn in den oben angegebenen direkten Beobachtungen für Koordinaten jeweils ein hohes Gewicht angesetzt wird. Das ganze Netz kann bei „unbeweglichen“ identischen Punkten in UTM durch das mathematische Hilfsmittel der Ausgleichung in den vorgegebenen ETRS89/UTM-Koordinatenrahmen fixiert werden.

Die einzelnen Pseudobeobachtungen sind zu elastisch wirkenden Einheiten zusammengefügt worden (siehe Abbildung 2), die sich nach physikalischen Gesetzen verformen. Eine wichtige Funktion spielt das bereits erwähnte Gesetz der minimalen Formänderungsenergie, das bei statischen Netzen, die sich im Gleichgewicht befinden, angewendet werden kann. Dieses Gesetz bildet die Grundlage, um den geforderten guten Geometrieerhalt bei gegebenen Netzspannungen beim Ortra-Ansatz zu erlangen.

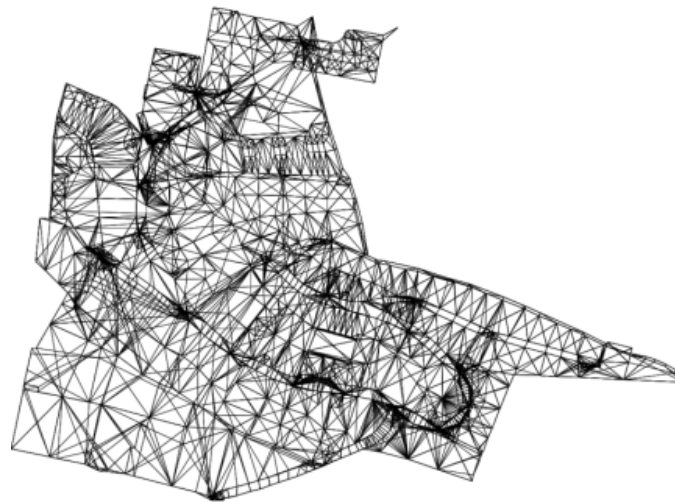


Abb. 4: Aus Pseudobeobachtungen definiertes, mechanisch wirkendes „KanU“-Fachwerk

Über die dargestellten linearen Beziehungen zwischen Koordinaten im Ausgangssystem und Knotenpunkt-Koordinaten im Zielsystem entsteht ein kinematisch definiertes mechanisches Fachwerk, das z. B. auch über das Weggrößenverfahren der Statik berechnet werden kann, um elastische Eigenschaften des Ortra-Ansatzes genauer zu untersuchen.

2.2 Gebäudeausgleichung

Die Gebäudeausgleichung wird nach der Flurstücksausgleichung durchgeführt. Damit erfolgt eine Einpassung der Gebäude durch Ausgleichung in den durch das Ortra-System homogenisierten Flurstücksgrundrissrahmen. Die identischen Punkte für die Gebäude sind die bereits bei den Flurstücken genutzten Festpunkte des Objektbereichs „Angaben zum Netzpunkt“ und die in vorheriger Ausgleichung nach UTM32 umgeformten Flurstücksgrenzpunkte. Bei der Gebäudeausgleichung kommt die bereits vorgestellte Grundformel von Ortra zur Anwendung. Im Vergleich zur Flurstücksvernetzung wird die Vernetzung der Gebäude differenzierter vorgenommen. Zwischen drei verschiedenen Vernetzungsarten wird bei der Gebäude-Ausgleichung unterschieden:

- Gebäudeinnenvernetzung
- Gebäudeaußenvernetzung
- Gebäudezwischenvernetzung

Folgende Gründe waren maßgeblich für die Definition von verschiedenen Gebäudevernetzungen:

Durch das Katasterpunktfeld verursachte Netzspannungen in der Umgebung des Gebäudes sollen homogen durch eine vermittelnde Ausgleichung der Gebäude innerhalb des Flurstücks weiterverteilt werden, dabei soll jedoch innerhalb des Flurstücks die Form der Gebäude möglichst gut erhalten bleiben. Die Grenzabstände der Gebäude zu den Flurstücksgrenzen sind zu erhalten.

2.2.1 Gebäudeinnenvernetzung

Die Gebäudeinnenvernetzung ist identisch zur Flurstücksvernetzung. Die Beobachtungen in Richtung der Winkelhalbierenden führen zu einer Versteifung des Gebäudegrundrisses. Für jeden Gebäudepunkt definierte Vor- und Rückblicke modellieren den Gebäudegrundriss. Die Gebäudeinnenvernetzung hat zur Aufgabe, eine möglichst verzerrungsfreie Überführung der Gebäudeform durchzuführen.



Abb. 5: Gebäudeinnenvernetzung, Ausschnitt München, Messehallen Riem

2.2.2 Gebäudeaußenvernetzung

Durch die Gebäudeaußenvernetzung wird der Bezug des Gebäudes zum umgebenden Flurstück definiert. Die Pseudobeobachtung wird vom Gebäudepunkt in Richtung der nächsten Flurstücksgrenze gebildet. Dazu werden vom Gebäudepunkt die beiden anstoßenden Gebäudelini­en nach außen verlängert, wenn kein Gebäude im Weg steht, bis die Verlängerung eine Flurstücksgrenze des umgebenden Flurstücks trifft.

Für eine gefundene nächste Flurstücksgrenze werden zwei Pseudobeobachtungen definiert. Eine Beobachtung geht vom Gebäudepunkt zum Anfangspunkt der gefundenen Flurstücksgrenze, die andere zum Endpunkt.

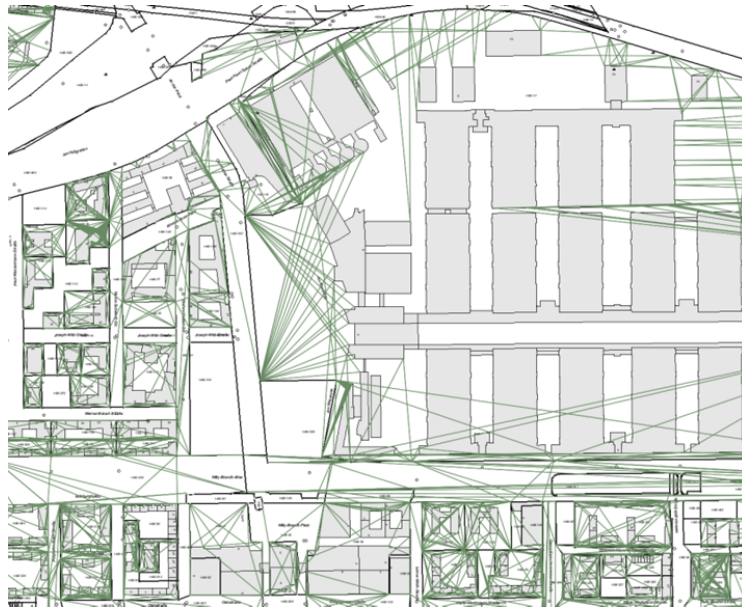


Abb. 6: Gebäudeaußenvernetzung, Ausschnitt München, Messehallen Riem

2.2.3 Gebäudezwischenvernetzung

Die Aufgabe der Gebäudezwischenvernetzung ist es, die Gebäudeabstände beim Übergang nach ETRS89/UTM so gut wie möglich zu übertragen. Die Gebäudezwischenvernetzung wird wie folgt definiert: Für jeden Gebäudepunkt werden im Umkreis von 30 m die nächstgelegenen Gebäudepunkte und die mit ihnen verbundenen, noch im Fangkreis liegenden Gebäudelini­en ermit­telt. Eine gefundene Gebäudelinie wird für die Definition von zwei Pseudobeobachtungen verwendet, wenn dabei das eigene Gebäude nicht geschnitten wird.

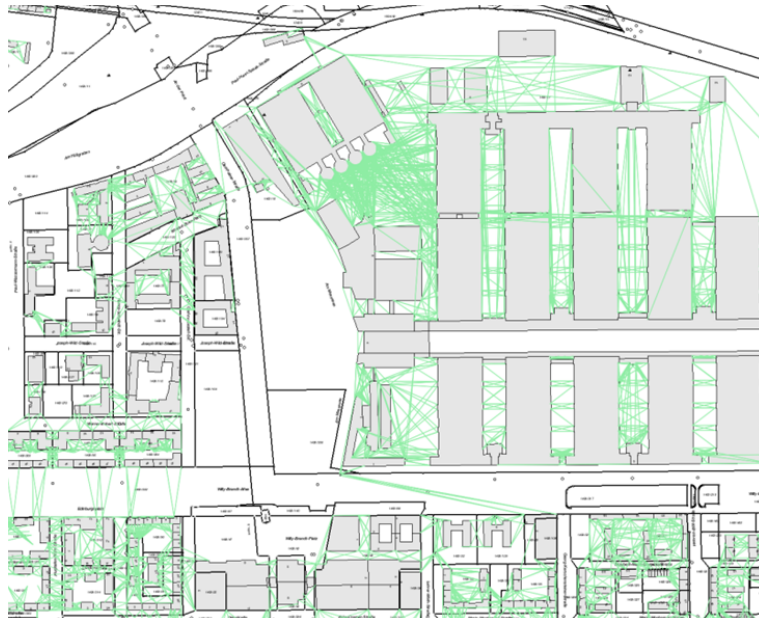


Abb. 7: Gebäudezwischenvernetzung, Ausschnitt München, Messehallen Riem

3 Transformation von Geofachdaten

Mit der Einführung des neuen amtlichen Systems ETRS89/UTM stellt sich für die Nutzer die Aufgabe, ihre **Geofachdaten in das neue System zu überführen**. Für die Umstellung der Geofachdaten vom alten Bezugssystem DHDN90/GK4 ins neue Bezugssystem ETRS89/UTM (und in umgekehrter Richtung) steht der NTv2-Ansatz „BY-KanU“ als amtliches Kunden-Transformationsmodell zur Verfügung. NTv2 ist eine gitterbasierte 2D-Transformationsmethode, die von der kanadischen Landesvermessung 1996 für Kanada definiert wurde. Mit ihr wird ein Bezugssystemwechsel von einem Quellsystem in ein Zielsystem bzw. umgekehrt vollzogen (WITTMANN 2015).

BY-KanU bezeichnet neben dem Kundentransformationsansatz auch die engmaschige NTv2-Datei, deren Gitterpunkte durch einen Ausgleichsansatz aus den Ergebnissen der Ortra-Transformation der Flurstücke, Gebäude und Bauwerke abgeleitet werden.

Es ist geplant, die amtliche NTv2-Datei „BY-KanU“ zeitnah nach Abschluss der Arbeiten der ALKIS-Umstellung auf UTM den Fachkunden auf der Webseite der BVV zur UTM-Umstellung zur Verfügung zu stellen.

Bereits jetzt stehen vorläufige NTv2-Dateien, die vom Aufbau den späteren amtlichen NTv2-Dateien entsprechen, am selben Ort bereit. Damit können sich GIS-Dienstleister und Fachkunden mit dem Transformationsmodell vertraut machen und beispielsweise in ihrer GIS-Umgebung oder mit Open-Source-Transformationsansätzen (z. B. GDAL/OGR, proj4) Probetransformationen durchführen. Die derzeit bereitgestellten Daten dienen ausschließlich zu Testzwecken und entsprechen nicht dem späteren amtlichen Transformationsmodell.

Die Bayer. Vermessungsverwaltung stellt aktuelle Informationen zur ETRS89/UTM-Umstellung in Bayern auf der Internetseite www.ldbv.bayern.de/vermessung/utm_umstellung.html bereit.

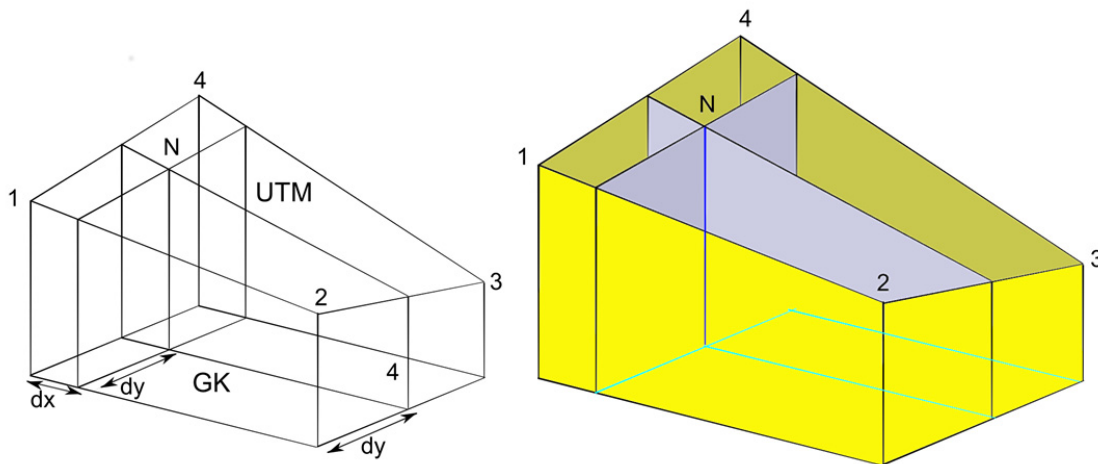


Abb. 8: Transformationsansatz NTv2-Gitter, UTM-Koordinaten des Punkts N über bilineare Interpolation aus den Ausgangswerten der Gitterpunkte berechnet

3.1 Zum Aufbau der NTV2-Datei BY-KanU

Die landesweite Transformationsvorschrift für die Transformation von Fachdaten mit Katasterbezug ist in der NTV2-Datei „BY-KanU“ vollständig abgelegt. Die Gebietsgrenzen werden mit außerbayerischen Gebietseckpunkten definiert, so dass sämtliche Landesteile von Bayern mit Shiftwerten abgedeckt sind. Die Gitterweite der NTV2-Datei beträgt eine geographische Bogensekunde ($1'' = 1/3600$ Grad), das sind in Bayern ca. 30 m x 30 m große Gittermaschen.

Bei der späteren amtlichen NTV2-Datei „BY-KanU“ werden für Gitterpunkte außerhalb Bayerns Shiftwerte aus der bundeseinheitlichen Transformation für ATKIS (BeTA2007) abgeleitet. Für innerbayerische Gitterpunkte wird folgende Verfahrensweise gewählt:

Für die Bestimmung der NTV2-Gitterpunkte wird ein Ausgleichungsansatz mit Ortra-Pseudobeobachtungen angewendet. Als Ausgangsdaten dienen alle nach UTM transformierten Punkte der Objektbereiche Flurstücke, Gebäude und Bauwerke. Zusätzlich kommen als Ausgangsdaten ca. 880.000 identische Punkte des Objektbereichs Angaben zum Netzpunkt hinzu.

Die NTV2-Gitterpunkte sind die Unbekannten der Ausgleichung. Die Ortra-Pseudobeobachtungen für einen NTV2-Gitterpunkt werden so definiert, dass in den inzidierenden vier NTV2-Gittermaschen Objektpunkte der genannten Objektbereiche gesucht werden, um mit ihnen die Beobachtungen zu bilden. Es werden wenigstens Beobachtungen zu fünf identischen Punkten von jedem Gitterpunkt aus erzeugt. Alle benachbarten NTV2-Gitterpunkte werden mit Beobachtungen verknüpft (Abbildung 9 Mitte).

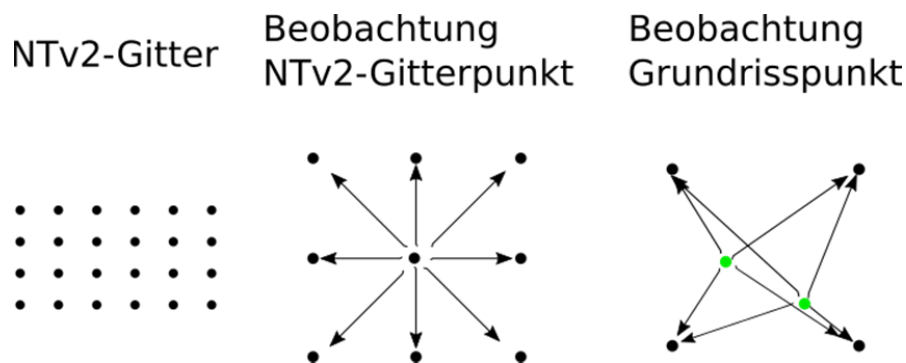


Abb. 9: Bildung der Pseudo-Beobachtungen für NTV2-Gitterpunkte

In die bekannten Ortra-Verbesserungsgleichungen fließen GK-Abszissen- und GK-Ordinatendifferenzen ein, die aus den GK-Koordinaten der Objektpunkte und den ableitbaren GK-Koordinaten der NTV2-Gitterpunkte gebildet werden.

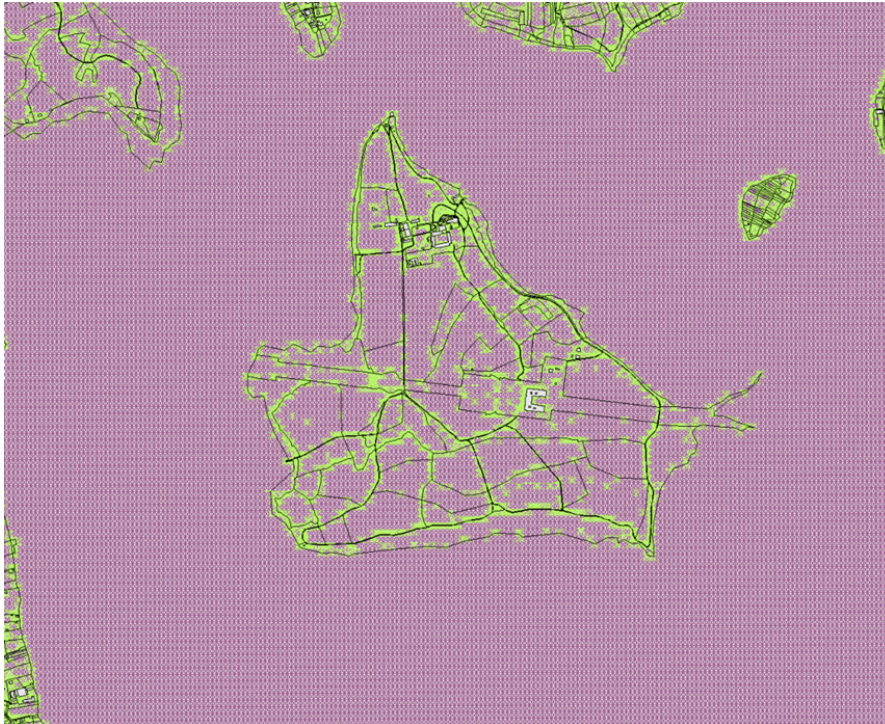


Abb. 10: Ausgleichung für die Bestimmung der NTV2-Gitterpunkte, Ausschnitt Insel Herrenchiemsee, Beobachtungsdefinition, Verknüpfung der Flurstücksgrenzpunkte mit dem NTV2-Gitter

Aus der mechanischen Betrachtungsweise entsteht ein in den Passpunktbereichen ausreichend verknüpftes und in passpunktfreien Bereichen steifes NTV2-Gitter, das Gebiete ohne Passpunkte optimal überbrücken kann. Das Ergebnis der Ausgleichung sind gesuchte UTM-Koordinaten der NTV2-Gitterpunkte.

Mit den vollständig vorliegenden GK- und UTM-Koordinatenpaaren können die geographischen Shiftwerte der NTV2-Gitterpunkte erzeugt werden, die anschließend binär in der NTV2-Datei gespeichert werden. Die Shiftwerte sind Differenzen in Bogensekunden in den geographischen Koordinaten zwischen Ausgangs-Koordinatensystem DHDN (Bessel-Ellipsoid) und Ziel-Koordinatensystem ETRS89.

3.2 Berechnung einer UTM-Koordinate aus der GK-Ausgangskoordinate mittels NTV2-Ansatz

Als Beispiel soll eine Koordinate eines Neupunktes N von GK nach UTM transformiert werden (siehe Abbildung 8). Dazu ist die Gittermasche des NTV2-Gitters zu ermitteln, in die die Neupunktcoordinate fällt. Dazu wird die GK-Koordinate zunächst nach geographischen Koordinaten (Bezugssystem DHDN/Bessel-Ellipsoid) umgerechnet. Über die Gebietsdefinition und die vordefinierte Gitterweite lässt sich die Gittermasche und die Position des Punktes dx , dy innerhalb des Gitters bestimmen. Aus den Shiftwerten der vier Gitterpunkte wird über bilineare Interpolation ein repräsentativer Shiftwert für den Neupunkt N interpoliert. Die im Shiftwert enthaltenen Punkt-Verschiebeinformationen (geographische Koordinatendifferenzen) werden zu den geographischen Koordinaten des Punktes addiert. Diese sind dann interpolierte geographische Koordinaten für den Neupunkt N auf dem ETRS89/GRS80-Ellipsoid. Abschließend können diese dann

für eine vorgegebene Zone durch eine konforme Abbildung in UTM-Koordinaten verebnet werden.

4 Nutzung der NTV2-Datei „BY-KanU“ in Softwareprodukten zur UTM-Transformation

Anhand von ersten ausgewählten Testumsetzungen von Anwendern in ausgewählten Transformationssoftwareprodukten wie beispielsweise FME oder GIS-Produkten (z.B. ArcGIS) konnte aufgezeigt werden, dass eine reibungslose und einfache Integration des NTV2-Transformationsansatzes möglich ist und die anwenderseitig gewünschten Genauigkeitsanforderungen auch softwareseitig erreicht wurden. Durch den Einsatz von Transformationssoftwareprodukten besteht für Fachanwender von Geodaten außerdem die Möglichkeit, sowohl große Mengen von Daten, als auch Daten unterschiedlichster Formate (z.B. CAD-, GIS-, Raster-Formate oder nicht räumliche Daten wie CSV, XLS etc.) in das neue Raumbezugssystem zu überführen. Dies wird anhand von ausgewählten Testszenarien demonstriert.

5 Literaturverzeichnis

- BENNING, W. & SCHOLZ, T., 1990: Modell und Realisierung der Kartenhomogenisierung mit Hilfe strenger Ausgleichstechniken. Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), DVW Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V., 1990/2. 45-55.
- GLOCK, C. & VETTER, C., 2014: Strategie zur Einführung des neuen Bezugssystems in Bayern. Vortrag bei „UTM in Bayern, was geht uns das an?“, Geodätisches Kolloquium der Hochschule Würzburg-Schweinfurt (FHWS), Würzburg.
- GLOCK, C., 2016: Projekt KanU – Strategie zur UTM-Umstellung des Liegenschaftskatasters in Bayern. Vortrag bei GIS@Aktuell - Neue Koordinaten für alle – von Gauß-Krüger nach UTM, 27.04.2016, München.
- HAMPP, D. & GLOCK, C., 2017: Ein ausgeglichenes Bayern, DVW-Bayern, Heft 2/2017, 105ff, München, 2017. <http://www.dvw.de/sites/default/files/landesverband/bayern/anhang/beitragskontext/2017/hampp.pdf>.
- HAMPP, D., 1992: Digitalisierung, Homogenisierung und numerische Fortführung – ein schneller Weg zur aktuellen Digitalen Flurkarte. Mitteilungsblatt DVW Bayern, Heft 3/1992: 239-252. München.
- JOOS, G. & GLOCK C., 2017: Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM-Grundlagen, Kap. 2, S. 16-45, im Leitfaden Runder Tisch GIS e. V., Hrsg.: Donaubaue A., Kolbe T., München. http://rundertischgis.de/images/2_publicationen/leitfaeden/Bezugssystemwechsel/Leitfaden_Bezugssystemwechsel.pdf.
- WITTMANN, J., 2015: Die gitterbasierte Transformation NTV2 zur Umrechnung zwischen DHDN90/GK und ETRS89/UTM in Bayern. Bachelorarbeit, Hochschule München, 2015. https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/10515/Bachelorarbeit_Wittmann_Johanna.pdf.