

NTv2-Gitterdateien zur Überführung katasterbezogener Datenbestände ins ETRS89

Burckhardt Ahrens und Karl-Heinz Böhmer

Zusammenfassung

Die Überführung des Liegenschaftskatasters in der Bundesrepublik Deutschland in das Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 erfolgt je nach Bundesland unterschiedlich, aber stets nach strengen geodätischen Algorithmen. Daten, die sich auf die Geometrie des Liegenschaftskatasters beziehen, werden bei weiteren nutzenden Stellen häufig in Systemen geführt, in denen sich die Algorithmen nicht umsetzen lassen. Hier wird das Verfahren beschrieben, mithilfe von NTV2-Gitterdateien die Überführung dieser Daten vorzunehmen.

Summary

The conversion of the real estate cadastre in the Federal Republic of Germany to the European Terrestrial Reference System 1989 is done different, depending on the federal states, but always following strict geodetic rules. By further users data, which are related to the geometry of the real estate cadastre, often are kept in systems, in which these rules are not applicable. Here, a procedure is described to convert these data using so called NTV2-grid files.

1 Aufgabenstellung

Zur Zeit sind viele Katasterverwaltungen dabei, das Liegenschaftskataster ins Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89) zu überführen oder sie bereiten die Überführung vor. Andere haben die Arbeiten schon abgeschlossen. Diejenigen Stellen, die Daten mit geometrischem Bezug zum Liegenschaftskataster führen, können für gewisse Übergangszeiten mit Rücktransformationen bedient werden. Über kurz oder lang werden aber auch sie ihre Datenbestände umstellen. Nun stellt sich die Frage, wie diese Daten zu überführen sind. Häufig werden sie nicht konform zur Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) oder zum Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) geführt, sondern in unterschiedlichen Graphischen Informationssystemen (GIS) vorgehalten. Sie entziehen sich dadurch den geodätischen Überführungsalgorithmen, z.B. der Transformation von Dateien der Einheitlichen Datenbankschnittstelle (EDBS).

Hier soll das Verfahren vorgestellt werden, mithilfe von NTV2-Gitterdateien die Überführung des Liegenschaftskatasters in GIS-Datenbeständen nachzuvollziehen. Eingangs wird der Ansatz kurz beschrieben, dann die Theorie zur Erstellung einer NTV2-Gitterdatei erläutert. Anhand eines praktischen Beispiels werden die Abweichungen

zum strengen Vorgehen dargestellt und schließlich wird von einer programmtechnischen Realisierung zur Erstellung von NTV2-Gitterdateien berichtet.

2 Das NTV2-Verfahren

NTv2 steht für National Transformation Version 2 und bezeichnet ein Verfahren für die Überführung georeferenzierter Daten von einem Bezugssystem in ein anderes. Ursprünglich in Kanada entwickelt, wurde es von anderen Staaten übernommen. Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) nutzt es im Rahmen der Bundes einheitlichen Transformation für ATKIS (BeTA2007) zur homogenen Überführung geotopographischer Daten ins ETRS89. Hierzu liegt eine ausführliche Dokumentation u.a. mit Formelsammlung und Literaturhinweisen vor (AdV 2007).

Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass es bereits in auf dem Markt vertretenen GIS zur Überführung von Vektor- und Rasterdaten realisiert wurde. Andererseits stehen RunTime- und OpenSource-Bibliotheken zur Verfügung, die eine Implementierung in bestehende Systeme unterstützen (siehe z. B. PROJ.4).

Der Ansatz basiert darauf, dass für zu überführende Punkte in einem regelmäßigen Gitter geographischer Koordinaten Shiftwerte interpoliert werden. Dazu wird zunächst anhand der Koordinaten die Gittermasche ermittelt, in der ein Punkt liegt. Aus den vorgegebenen Shiftwerten der vier Gitterpunkte dieser Masche werden individuell die Shiftwerte interpoliert (Abb. 1). Die Interpolation in den für Länge und Breite getrennten Gittermodellen erfolgt bilinear (Abb. 2). Die Shiftwerte werden den Startsystemkoordinaten des Punktes zugeschlagen, um seine Zielsystemkoordinaten zu erhalten.

Die Generierung des NTV2-Gitters in geographischen Koordinaten bietet Vorteile. Dadurch bleibt man unabhängig von geodätischen Abbildungen, Meridianstreifen, Zonen usw. und hält die Shiftwerte in handhabbaren Größen (bundesweit für DHDN90 nach ETRS89 von etwa $-3''$ bis $-6''$ in der Breite und $-2''$ bis $-7''$ in der Länge, nach NTV2-Format sechs Nachkommastellen, interne Darstellung 4-Byte-Gleitkommazahlen). Die Übertragung des Gitters in die reale Welt ergäbe konisch nach Norden zulaufende Gittermaschen. Hier können sie ohne Einbußen als Rechtecke bearbeitet werden.

Für den praktischen Einsatz ist der NTV2-Ansatz mit der Umrechnung ebener in geographische Koordinaten und umgekehrt zu kombinieren. Hin- und Rücktransfor-

lung die Auswirkungen regionaler und lokaler Spannungen aber auch der unterschiedlichen Ellipsoiddimensionen und -lagerungen.

Leider kennt das NTV2-Verfahren keine Kennzeichnung von Gitterpunkten, die außerhalb des eigentlichen Überführungsgebietes liegen. Es muss also stets ein vollständiges »rechteckiges« Gitter berechnet werden. Um Extrapolationen außerhalb des Stützpunktfeldes zu vermeiden, könnte eine Realisierung des Gitters als Subgitter hilfreich sein, wie es das NTV2-Verfahren ermöglicht. Mit z.B. den Shiftwerten des BeTA2007 als übergeordnetes Gitter wären Verfahrensränder abzufangen. Wie beim BeTA2007 kann auch eine Abstimmung der Shiftwerte aus benachbarten Überführungsverfahren vorgenommen werden. Beide Lösungen erscheinen jedoch aus datenorganisatorischen Gründen als aufwändig. Einfacher ist eine vorab vorzunehmende Abstimmung des Stützpunktfeldes. Die Auswirkungen unterschiedlicher Netzgrundlagen benachbarter Verfahren sind in jedem Fall abzuschätzen. Notfalls wären Extrapolationen der Gitterpunkte außerhalb des Stützpunktfeldes in Kauf zu nehmen. In Zweifelsfällen ist sicherzustellen, dass das Gitter nur für den Bereich der zugrunde gelegten Stützpunkte angewendet wird.

4 Ein Testbeispiel

Im hier vorgestellten Testbeispiel sei eine NTV2-Gitterdatei für die Stadt Meschede zu erstellen. Das Stadtgebiet wird mit einem Gitter etwa der folgenden Ausdehnung abgedeckt: 51°15'00" N bis 51°25'00" N und 8°05'00" E bis 8°24'00" E.

Der Hochsauerlandkreis gestattete freundlicherweise die Verwendung seiner Transformationsstützpunkte. Da Teile des Kreisgebietes noch aus der Preußischen Landesaufnahme in das ETRS89 überführt werden, ist mit entsprechend großen lokalen Spannungen zu rechnen. Der Aufbau des Stützpunktfeldes ist auf der Stufe der Aufnahmeplätze noch nicht vollständig abgeschlossen. Für den hier verfolgten Zweck war es ausreichend, sich auf die Trigonometrischen Punkte (TP) zu beschränken. Die Shiftwerte der Gitter wurden mit dem entsprechend reduzierten Stützpunktfeld, allerdings für das gesamte Kreisgebiet, berechnet. Für die folgende Analyse des Stützpunktfeldes wurden jedoch nur die 274 TP herangezogen, die innerhalb des oben definierten Gitters liegen: Die durchschnittliche Stützpunktdichte liegt hier bei etwa 1.5 km, die lineare Restklaffung beträgt im Schnitt 9.1 cm (Abb. 3), die durchschnittliche nachbarschaftliche Restklaffung ohne Streckennormierung 7.0 cm (Abb. 4). Die größte nachbarschaftliche Restklaffung, normiert auf 100 m, erreicht 3.1 cm.

Um zu weiterführenden Erkenntnissen zu kommen, wurde zunächst ein Gitterabstand von 40" für die Breite

und 60" für die Länge gewählt. Das entspricht in beiden Komponenten etwa 1.2 km. Die Shiftwerte der 320 Gitterpunkte wurden nach dem nordrhein-westfälischen Katasteransatz ermittelt. Kein Gitterpunkt wurde extrapoliert, im Nordosten wirkten jedoch nur übergreifende Stützpunktmaschen.

Für Vergleichsberechnungen wurden aus dem Festpunktnachweis von GEObasis.nrw Nivellementpunkte mit ihren DHDN90-Koordinaten abgerufen. Dabei kam es in keiner Weise auf die Höhen oder die genaue Lage an. Es sollte lediglich sichergestellt werden, dass unterschiedlichste Punktlagen in Relation zu den Gitterlinien erhalten wurden. Mit 1038 Punkten innerhalb des Gitters dürfte die Auswahl repräsentativ sein.

Die Nivellementpunkte wurden zum einen direkt mit dem Feld der diskreten Stützpunkte nach dem nordrhein-westfälischen Katasteransatz, zum anderen mit dem Stützpunktgitter transformiert. Der punktweise Vergleich der jeweils resultierenden UTM-Koordinaten, aus beiden Komponenten zu linearen Abweichungen umgerechnet, erlaubt Aussagen über den Genauigkeitsverlust durch das Gitter: Bei 54.2% der 1038 Punkte lagen die Differenzen unter 1 cm, insgesamt 81.7% lagen unter 2 cm, 97.7% unter 5 cm, 99.9% unter 10 cm und nur ein Punkt hatte Abweichungen größer 10 cm, nämlich 11.4 cm.

Mit der gleichen Gitterdatei wurden auch die diskreten Stützpunkte umgeformt. Für die 274 Stützpunkte, die innerhalb des Gitters lagen und damit für den Vergleich in Frage kamen, konnte unmittelbar auf die Vergleichskordinaten im ETRS89 zurückgegriffen werden. Hier verteilen sich die linearen Abweichungen wie folgt: 19.0% unter 1 cm, insgesamt 45.6% unter 2 cm, 86.5% unter 5 cm, 97.8% unter 10 cm, sechs Punkte lagen über 10 cm bei einem Maximum von 15.7 cm.

Es zeigt sich ein deutlich schlechterer Vergleich bei den Stützpunkten. Er wird auch sichtbar in der graphischen Darstellung (Abb. 5). Hier ist zu erkennen, dass um einen Stützpunkt herum kein anderer Punkt größere Abweichungen hat, das Maximum liegt stets beim Stützpunkt.

Das ist erklärlich, wenn man sich ein dreidimensionales Modell aus der Lage einer unendlichen Zahl von Punkten und ihren interpolierten bzw. Stützpunktrestklaffungen (in einer Komponente oder linear) vorstellt und dieses Modell entlang einer Gitterlinie aufschneidet. Im Aufriss zeigen sich die Restklaffungen je nach Interpolationsverfahren als Kurve um eine Nulllinie. Bekanntlich bestimmen die Stützpunkte die maximalen Restklaffungen. Dagegen stellt sich das Gitter mit seiner linearen Interpolation als Polygon dar. An den Gitterpunkten sind die Abstände von Kurve und Polygon zur Nulllinie identisch. Daher weicht ein Stützpunkt, der nahe bei einem Gitterpunkt liegt, kaum vom Polygon ab. Stützpunkte, die sich in die Nachbarschaft einfügen, zeigen ebenfalls geringe Abweichungen. Liegt nun ein Stützpunkt mit nachbarschaftlichen Spannungen etwa mittig zwischen zwei Gitterpunkten, ist der Abstand zum Polygon groß: Spitzen des Modells werden »gekappt«, Täler »zugeschüttet«. Das

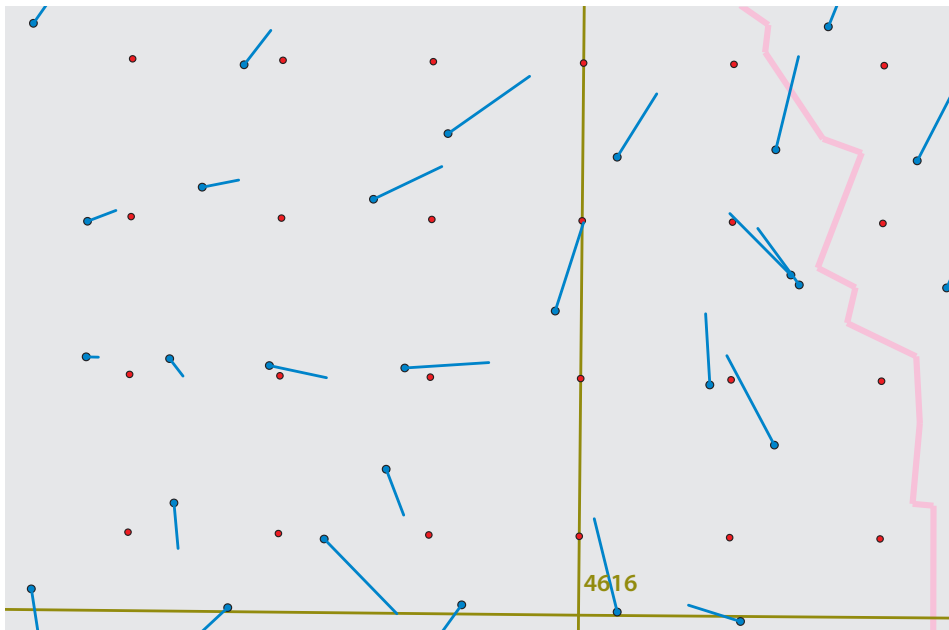


Abb. 3:
Restklaffungen im
Stützpunktfeld (Ausschnitt)

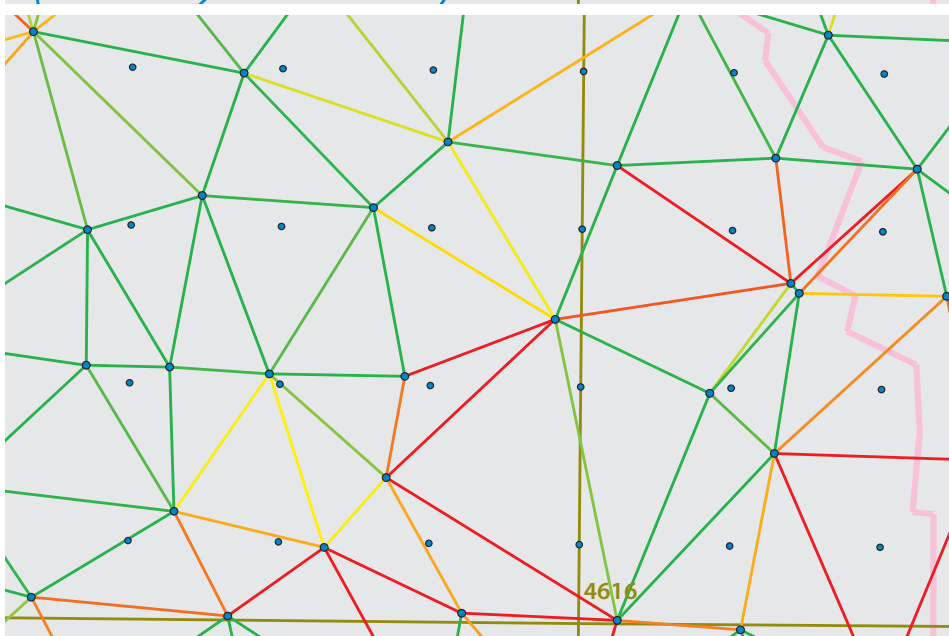


Abb. 4:
Nachbarschaftliche
Restklaffungen (Ausschnitt)

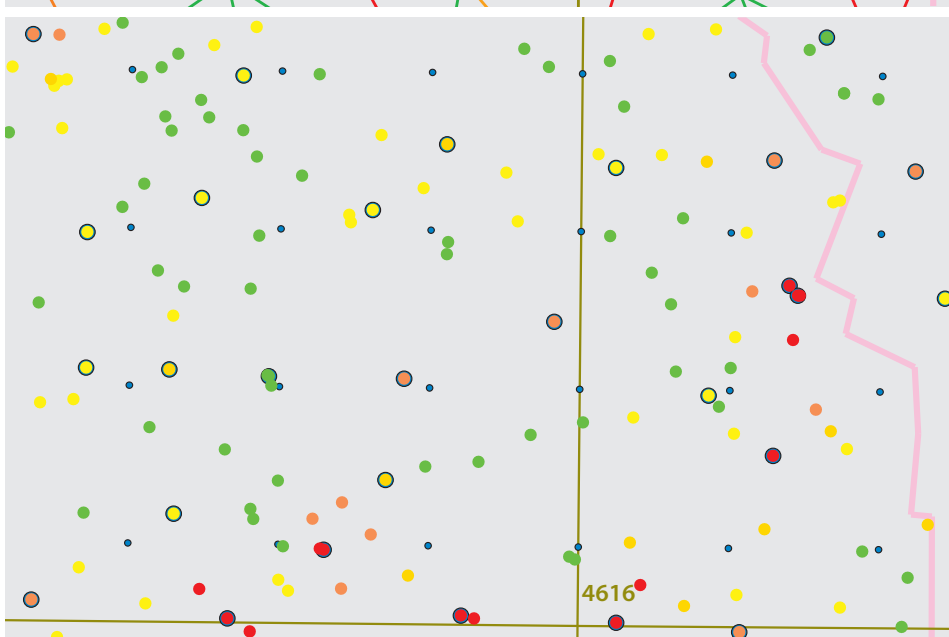


Abb. 5:
Differenzen zwischen direkter
und NTV2-Transformation
(Ausschnitt)



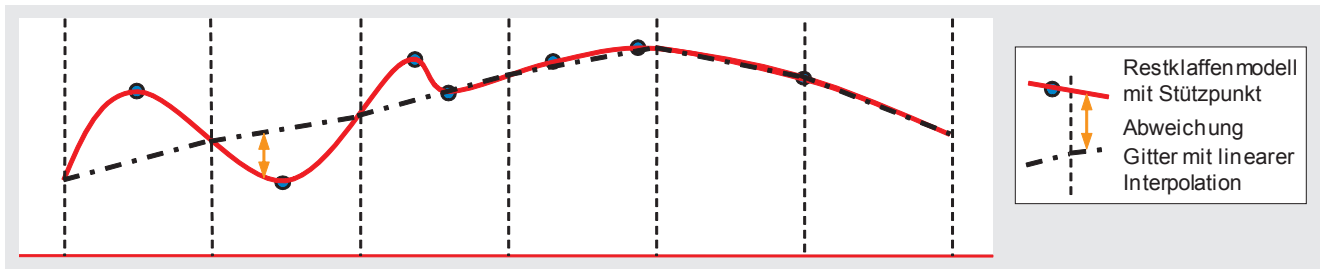


Abb. 6: Große und kleine Abweichungen beim Schnitt durch ein Restklaffen- und Gittermodell

gleiche gilt, wenn innerhalb einer Gittermasche mehrere spannungsbehaftete Stützpunkte liegen (Abb. 6).

Um die Qualität eines Gittermodells zu beurteilen, ist es somit ausreichend, das Maximum der Abweichungen an den Stützpunkten zu ermitteln. Bei den umzurechnenden Punkten treten keine größeren Abweichungen in Erscheinung.

Selbstredend lassen sich die Differenzen bis zu einem gewissen Grad reduzieren, indem ein dichteres Gitter gewählt wird. Für die oben genannte Fläche wurde ein zweites Gitter erzeugt, nun mit Gitterabständen von 20" und 30": 1209 Gitterpunkte, projizierter Abstand etwa 0.6km. Die maximale lineare Abweichung an den Stützpunkten berechnete sich zu 8.4cm. Die Vergleichsberechnungen wie oben ergaben nun folgende Verteilung: 40.9% der 274 Stützpunkte hatten Abweichungen unter 1cm, insgesamt 74.8% unter 2cm, 96.0% unter 5cm, und 11 Punkte lagen mit dem Maximum von 8.4cm darüber. Bei den 1038 Nivellementpunkten lagen 89.1% unter 1cm, 97.1% unter 2cm, 2.9% darüber mit einem Maximum von 4.9cm.

Eine weitere Verdichtung der Gitterintervalle auf 10" mal 15" erbringt in den Stützpunkten immer noch eine Abweichung von 4.8cm. Man erkennt: Das Verfahren wird auch mit noch weiteren Verdichtungen nicht die Genauigkeit erreichen, um millimeterscharf Punktidentitäten zu finden. Es werden aber kleine Suchradien ausreichen. Für die Anwendungen, in denen nur graphische Genauigkeiten gefordert sind, können, abhängig von den Spannungen des Stützpunktfeldes, auch größere Gittermaschen völlig ausreichend sein.

5 Eine programmtechnische Realisierung zur Erstellung von NTV2-Gitterdateien

Die Implementierung und Auswertung der NTV2-Gitterdateien ist je nach Anwendungsprogramm unterschiedlich, auf die jeweiligen Anleitungen kann hier nur verwiesen werden. Für die Erstellung einer NTV2-ASCII-Datei können geeignete Transformationsprogramme gegebenenfalls zusammen mit Tabellenkalkulationsprogrammen für die Generierung des Gitters und die Differenzbildung eingesetzt werden. Auf eine komfortablere Realisierung wird im Folgenden hingewiesen; sie wird zusammen mit ihrem Umfeld beschrieben:

Denjenigen öffentlichen und privaten Stellen, die in Nordrhein-Westfalen georeferenzierte Daten ins ETRS89 zu überführen oder zurückzutransformieren haben, stellt GEObasis.nrw seine Transformationsprogramme zur Nutzung bereit. So wird für die Überführung ALK-konformer Datenbanken TRABBI-EDBS angeboten. Zur Definition des Überführungsansatzes verschneidet es die Stützpunkte aus Auszügen einer landesweiten Stützpunktdatenbank mit den Stützpunkten, die sich zusätzlich im jeweiligen Auszug der ALK-Punktdatei qualifizieren, und lässt eine interaktive Auswahl zu. Auf Wunsch können die selektierten Stützpunkte in Listen ausgegeben werden, je eine für Start- und Zielsystem. Die Datensätze in den Listen haben eine einfache Struktur mit Punktkennzeichen und Koordinaten.

Zur Überführung anderer Datenbestände in Nordrhein-Westfalen wird TRABBI-2D abgegeben. Es arbeitet u. a. mit ASCII-Dateien, kann die oben beschriebenen Stützpunktlisten einlesen und ermöglicht abermals eine Stützpunktauswahl. Sein Funktionsspektrum wurde jetzt um die Erstellung von NTV2-Gitterdateien, als ASCII-Datei und/oder binär, erweitert. Damit steht ein in Nordrhein-Westfalen bekanntes und verbreitetes, universelles Werkzeug für diese neue Aufgabe zur Verfügung, das ohne den größeren Organisations-Overhead des TRABBI-EDBS auskommt (GEObasis.nrw 2009).

Literatur

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV): Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS (BeTA2007), www.adv-online.de → Geotopographie → Transformation BeTA2007.
- Ahrens, B.: Zur Berechnung von Flächen nach der Überführung des nordrhein-westfälischen Liegenschaftskatasters in das ETRS89, zfv 133. Jg., S. 351–364, 2008.
- Bezirksregierung Köln, Abteilung 7 – GEObasis.nrw: Anwendungshandbuch TRABBI-2D ab Version 2.0, August 2009.
- Programmbibliothek PROJ.4, <http://proj.maptools.org>.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Burckhardt Ahrens | Dipl.-Ing. Karl-Heinz Böhmer
 c/o Bezirksregierung Köln, Abteilung 7 – GEObasis.nrw
 Muffendorfer Straße 19–21, 53177 Bonn
burckhardt.ahrens@bezreg-koeln.nrw.de
karl-heinz.boehmer@bezreg-koeln.nrw.de