

Vorschlag zur Verwendung polygonaler Gültigkeitsbereiche in NTV2-Gitterdateien

Ein Versuch zur sinnvollen Ergänzung des NTV2-Standards.

Vorwort

Mit Hilfe von NTV2-Gitterdateien ist es möglich, Punkte von einem Koordinatenbezugssystem in ein anderes mit sehr hoher Genauigkeit zu transformieren. Eine NTV2-Datei enthält ein oder mehrere quasi rechteckige Koordinatengitter, die in den NTV2-Headern definiert sind. Anstelle eines rechteckigen Bereichs soll und darf aber nur ein darin enthaltener polygonaler Bereich abgedeckt sein, z.B. ein Staatsgebiet innerhalb der Landesgrenzen. Wie können außerhalb eines polygonalen administrativen Gebiets liegende Koordinaten von Koordinatentransformationen und Bezugssystemwechseln (Datumsübergängen) ausgeschlossen und damit Lokalisierungsfehler vermieden werden? Der Autor stellt eine einfache, aber effektive Lösung des Problems vor. Der Artikel wendet sich an GIS-Entwickler, die NTV2-Dateien für genaue Bezugssystemwechsel in administrativen Gebieten generieren. Er wendet sich auch an GIS-Anwender, die Koordinatentransformationen und Bezugssystemwechsel mit Hilfe von NTV2-Dateien durchführen.



Preface

By means of NTV2 grid files it is possible to transform points from one coordinate reference system to another with very high accuracy. An NTV2 file contains one or more quasi-rectangular coordinate grids which are defined in the NTV2 headers. Instead of a rectangular area only an embedded polygonal area should and must be covered, for example, a state territory within the country borders. How can outside of a polygonal administrative area located coordinates be excluded from the coordinate transformations and reference system transitions (datum shifts) and thereby localization errors be suppressed? The author presents a simple but effective solution for this problem. The article matches GIS developers who generate NTV2 files for accurate reference system transitions in administrative areas. It also addresses GIS users who perform coordinate transformations and reference system transitions using NTV2 files.

Das Mitte der 90er Jahre in Kanada entwickelte NTV2 bedeutet "National Transformation Version 2". Inzwischen wird die recht genaue NTV2-Methode zur Realisierung von Bezugssystemwechseln in vielen Ländern benutzt. NTV2 verwendet in Dateien abgelegte Koordinatengitter, um genaue Transformationen von einem geodätischen Bezugssystem in ein anderes durchzuführen. Die Koordinatengitter der NTV2-Datei enthalten die dafür notwendigen Verschiebungen zwischen den beiden Bezugssystemen. Mittels bilinearer Interpolation werden die exakten Koordinaten für Punkte des Quellbezugssystems im Zielbezugssystem berechnet.

Im Text verwendete neue Begriffe:

Polygonaler Gültigkeitsbereich

Ein Polygon innerhalb eines NTV2-Gitters, in dem Bezugssystemwechsel zugelassen sind.

Exopolygonaler Eintrag

Eintrag des Wertepaars -99 /-99 in die Verschiebungs- oder Genauigkeitswerte einer Gittermasche zum Ausschluss aus dem polygonalen Gültigkeitsbereich.

Die NTV2-Datei ist aus einem oder mehreren Parent- und Child-Koordinatengittern in einer hierarchischen Struktur aufgebaut. Die optional enthaltenen Child-Koordinatengitter verfeinern mit verdichteten Gittermaschen Teilbereiche des darunter liegenden Parent-Koordinatengitters. Die Child-Gitter können dabei wiederum hierarchisch als Parent-Gitter weiterer, darüber liegender Child-Gitter auftreten (siehe Abbildung 3). Die meisten Gitterdateien, wie z.B. das Deutsche Beta2007, enthalten aber nur ein einzelnes Parent-Koordinatengitter.

NUM_OREC	11
NUM_SREC	11
NUM_FILE	1
GS_TYPE	SECONDS
VERSION	NTv2.0
SYSTEM_F	DHDN90
SYSTEM_T	ETRS89
MAJOR_F	6377397.155
MINOR_F	6356078.963
MAJOR_T	6378137.000
MINOR_T	6356752.314

Die NTV2-Datei beginnt mit einem Main-Header (links), in dem allgemeine Informationen, die Bezeichnungen der verwendeten Bezugssysteme und die jeweiligen Ellipsoidparameter abgelegt sind. Es folgen die Parent- und Child-Koordinatengitter, die ihrerseits mit einem Sub-

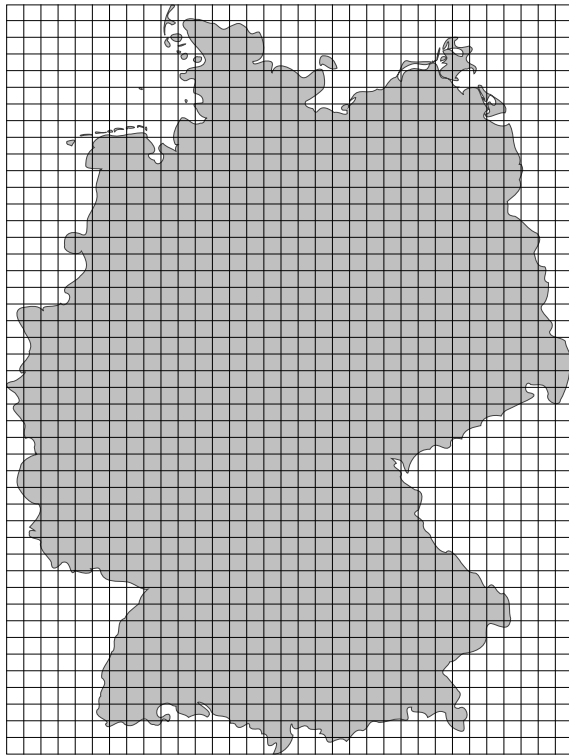
SUB_NAME	DHDN90
PARENT	NONE
CREATED	06-11-09
UPDATED	06-11-09
S_LAT	169200.000000
N_LAT	199080.000000
E_LONG	-56400.000000
W_LONG	-19800.000000
LAT_INC	360.000000
LONG_INC	600.000000
GS_COUNT	5208

Header (rechts) beginnen. Darin sind die Gültigkeitsbereiche der Koordinatengitter durch südliche und nördliche Breitengrade und westliche und östliche Längengrade festgelegt.

-2.749746	7.165792	0.000000	0.000000
-2.750032	7.067153	0.000000	0.000000
-2.750411	6.968641	0.000000	0.000000
-2.750896	6.870278	0.000000	0.000000
-2.751498	6.772085	0.000000	0.000000

Jeweils hinter einem Sub-Header folgen die Gittermaschen mit zwei Werten für die Längen- und Breitenverschiebung und zwei Werten für die Genauigkeit. Die Verschiebungen zwischen den

Bezugssystemen sind meist in Sekunden angegeben, können aber auch als Minuten oder Grad abgelegt sein. Optional kann die Genauigkeit als mittlerer Fehler der Längen- und Breitenverschiebung in Meter angegeben sein.



Der rechteckige Gültigkeitsbereich einer NTV2-Datei ist also durch ein oder mehrere quasi rechteckige Koordinatengitter festgelegt. Die Beschränkung auf den tatsächlich benötigten polygonalen Bereich, wie er z.B. durch Landesgrenzen vorgegeben ist, ist deshalb nicht möglich. Als Folge sind alle außerhalb des polygonalen Gültigkeitsbereichs durchgeführten Koordinatentransformationen fehlerhaft. Zur Lösung dieses Problems könnte man außerhalb der gewünschten polygonalen Bereiche liegende Gittermaschen mit bestimmten Werten füllen. Diese Werte werden im folgenden Text als "exopolygonale Einträge" bezeichnet.

Abbildung 1: NTV2-Gitter mit rechteckigem Gültigkeitsbereich.

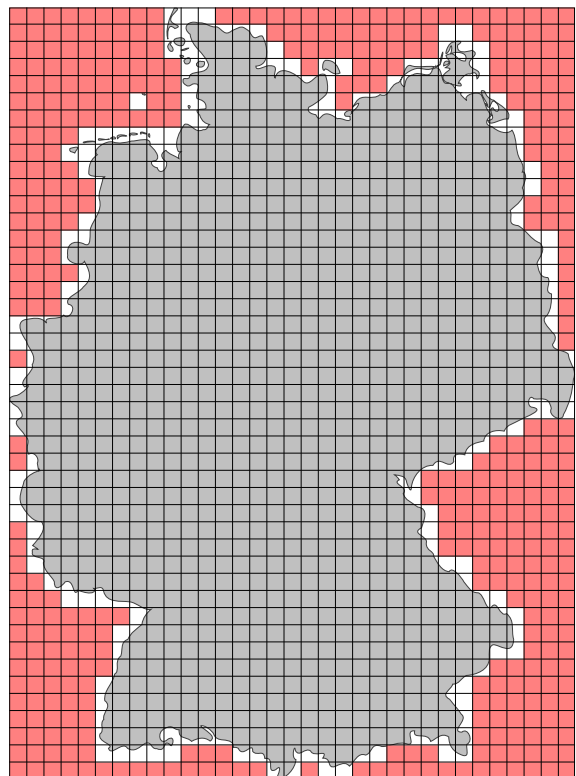
Dieses rechteckige Koordinatengitter einer herkömmlichen NTV2-Datei umfasst das

Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland. Außerhalb des für den Bezugssystemwechsel vorgesehenen Staatsgebiets führen Koordinatentransformationen zwangsläufig zu Fehlern.

Die erste Möglichkeit, polygonale Strukturen zu realisieren, ist die Verwendung exopolygonaler Einträge für die Genauigkeitswerte der Gittermaschen. In den meisten NTV2-Dateien sind die Genauigkeitswerte auf 0 oder -1 gesetzt, um anzuzeigen, dass keine Informationen zur Genauigkeit zur Verfügung stehen. Erfahrungsgemäß gibt es keine NTV2-Dateien, in denen die Genauigkeitswerte mit plausiblen Zahlen belegt sind. Es ist keine GIS-Software bekannt, die Genauigkeitswerte in die Berechnungen mit einbezieht.

Wenn man nun beide Genauigkeitswerte der auszuschließenden Gittermaschen mit dem exopolygonalen Eintrag -99 belegt, können diese damit als ungültig markiert werden. Die so markierten Gittermaschen sind von den Berechnungen der Bezugssystemwechsel ausgeschlossen. Die Zahl -99 ist für die Markierung geeignet, da sie als Wertepaar für plausible Genauigkeitsangaben nicht vorkommen kann.

Abbildung 2: NTV2-Gitter mit polygonalem Gültigkeitsbereich.
In diesem Beispiel soll der Bereich der Bundesrepublik Deutschland als polygonaler Gültigkeitsbereich behandelt werden. Die roten Gittermaschen sind mit exopolygonalen Einträgen markiert und dadurch von Bezugssystemwechseln ausgeschlossen. Die weißen Gittermaschen sind Randbereiche, in denen Bezugssystemwechsel stattfinden müssen.



Die zweite Möglichkeit ist der exopolygonale Eintrag -99 in die beiden Verschiebungen für die Länge und die Breite der Gittermaschen. Auch hier gilt, dass dieses Wertepaar für plausible Längen- oder Breitenverschiebungen nicht vorkommen kann.

-2.749746	7.165792	0.000000	0.000000
-2.750032	7.067153	0.000000	0.000000
-99.000000	-99.000000	0.000000	0.000000
-99.000000	-99.000000	0.000000	0.000000
-2.751498	6.772085	0.000000	0.000000
-2.752229	6.674087	-99.000000	-99.000000
-2.753104	6.576315	-99.000000	-99.000000
-2.754140	6.478805	0.000000	0.000000
-2.755358	6.381604	0.000000	0.000000

Im Beispiel links sind beide Methoden zur Realisierung polygonaler Gültigkeitsbereiche dargestellt. Die gelb hinterlegten Verschiebungen zweier Gittermaschen und die blau hinterlegten Genauigkeitswerte zweier weiterer Gittermaschen sind mit exopolygonalen

Einträgen gekennzeichnet. Damit liegen diese vier Gittermaschen außerhalb des polygonalen Gültigkeitsbereichs.

Zur Realisierung polygonaler Gültigkeitsbereiche kann eine GIS-Software exopolygonale Einträge in den vier Werten für die Verschiebungen und Genauigkeiten der Gittermaschen abfragen. Während der Berechnung von Bezugssystemwechseln werden die zu transformierenden Koordinaten auf ihre Zugehörigkeit zu solchen Gittermaschen untersucht. Dabei muss unterschieden werden, ob die Gittermasche in einem Parent-Koordinatengitter oder in einem darin enthaltenen Child-Koordinatengitter liegt. Liegt sie in einem Child-Gitter, wird versucht die Berechnung im darunter liegenden Parent-Gitter fortzuführen. Wenn die zu einer Koordinate passenden Gittermaschen in allen hierarchisch übereinander liegenden Child- und Parent-Gittern mit exopolygonalen Einträgen gekennzeichnet sind, liegt die Koordinate außerhalb des Bereichs polygonaler Gültigkeit. Sie wird von der Berechnung des Bezugssystemwechsels ausgeschlossen und es wird ein Hinweis generiert.

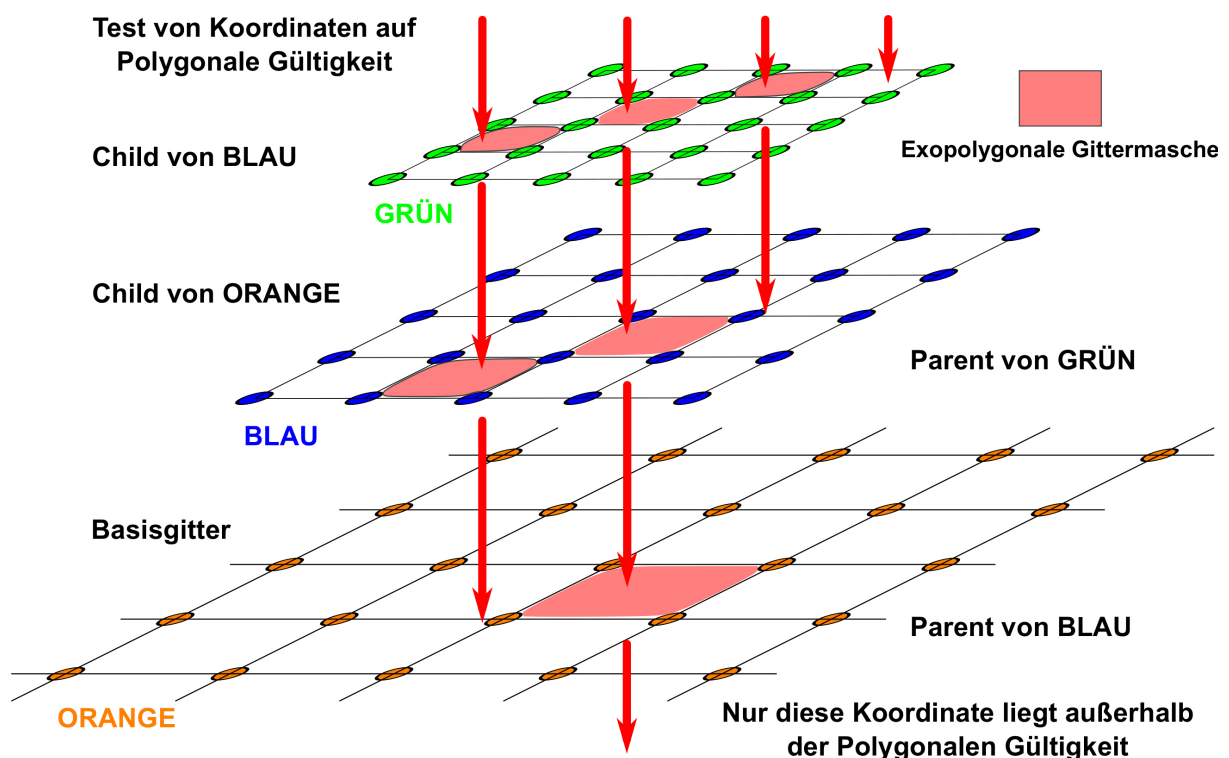


Abbildung 3: Test von Koordinaten auf Polygonale Gültigkeit.

In diesem Beispiel sind drei Koordinatengitter übereinander angeordnet. Nur wenn eine Koordinate durch alle darin enthaltenen exopolygonalen Gittermaschen fällt, liegt sie außerhalb der polygonalen Gültigkeit und wird vom Bezugssystemwechsel ausgeschlossen.

Durch die Verwendung exopolygonaler Einträge in den Verschiebungswerten oder in den Genauigkeitswerten ergeben sich zwei Methoden zur Realisierung polygonaler Gültigkeitsbereiche. Die beiden Methoden unterscheiden sich in den Auswirkungen erheblich.

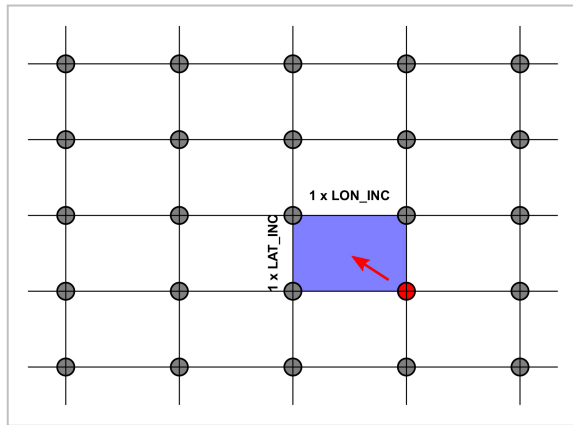


Abbildung 4: Verwendung der Genauigkeitswerte zum Ausschluss einer einzelnen Gittermasche.

Methode 1: Exopolygonaler Eintrag in die Genauigkeitswerte einer Gittermasche.

Es wird genau eine Gittermasche angesprochen, die sich einen Gitterabstand LAT_INC in nördlicher und einen Gitterabstand LON_INC in westlicher Richtung vom Gitterpunkt erstreckt. Das ist genau die Gittermasche,

die durch den Gitterpunkt definiert ist und die bei der Interpolation einer darin befindlichen Koordinate angesprochen wird. Diese Gittermasche wird aus dem polygonalen Gültigkeitsbereich des NTV2-Gitters ausgeschlossen.

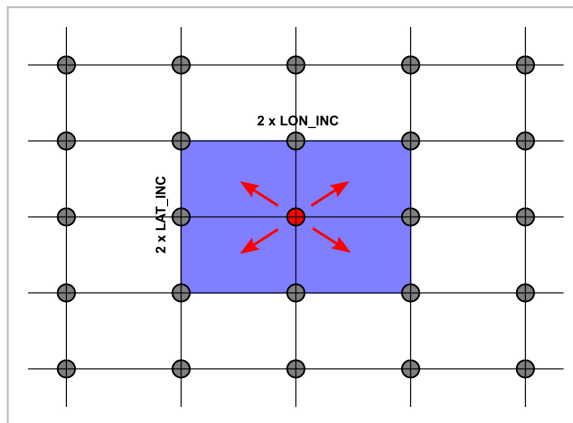


Abbildung 5: Verwendung der Verschiebungswerte zum Ausschluss von vier benachbarten Gittermaschen.

Methode 2: Exopolygonaler Eintrag in die Längen- und Breitenverschiebungen einer Gittermasche.

Bei der bilinearen Interpolation werden die vier benachbarten Gitterpunkte einer Koordinate verwendet, in denen jeweils exopolygonaler Einträge enthalten sein können. Daher werden insgesamt vier

Gittermaschen angesprochen, die sich je einen Gitterabstand LAT_INC in nördlicher und südlicher und je einen Gitterabstand LON_INC in westlicher und östlicher Richtung vom Gitterpunkt erstrecken. Das sind die vier Gittermaschen, die um den Gitterpunkt herum angeordnet sind. Genau diese vier Gittermaschen werden aus dem polygonalen Gültigkeitsbereich des NTV2-Gitters ausgeschlossen. Dabei dürfen die Gittermaschen auch überlappend von der polygonalen Gültigkeit ausgeschlossen werden.

Die Methode 1 ist zu bevorzugen, da jeder einzelnen Gittermasche in der NTV2-Datei die polygonale Gültigkeit entzogen werden kann. Methode 2 sollte angewendet werden, wenn die zum Erzeugen einer NTV2-Gitterdatei verwendete GIS-Software keinen Zugriff auf die Genauigkeitswerte zulässt. Bei Methode 2 muss wegen der flächenhaft vierfachen Größe des angesprochenen Bereichs eine Überlappungszone zum polygonalen Gültigkeitsbereich berücksichtigt werden. Beide Methoden dürfen ohne besondere Vorkehrungen einzeln oder gemeinsam angewendet werden.

Der polygonale Gültigkeitsbereich wird vom Entwickler während der Erstellung einer NTV2-Datei oder nachträglich festgelegt. Der Entwickler trägt dazu die exopolygonalen Einträge in die Verschiebungs- oder Genauigkeitswerte der außerhalb des benötigten Polygons liegenden Gittermaschen ein. Die auswertende Software muss dann so beschaffen sein, dass sie die exopolygonalen Einträge erkennt und für ungültig erklärt.

Das Geodätische Software Developer Kit GeoDLL ab Version 16.00 und das Koordinaten-Transformationsprogramm TRANSDAT ab der Version 19.00 von KilletSoft unterstützen bereits polygonale Gültigkeitsbereiche. Die beiden Tools erkennen exopolygonale Einträge in den Verschiebungen oder Genauigkeiten einer Gittermasche durch Kontrolle aller hierarchischen Child- und Parent-Koordinatengitter. Bei Treffern generiert die Software eine Nachricht, dass die Koordinate außerhalb des polygonalen Gültigkeitsbereichs der NTV2 Gitterdatei liegt. Herkömmliche NTV2-Dateien ohne polygonale Gültigkeitsbereiche funktionieren weiterhin in der gewohnten Weise.

Im August 2018 wurde das Geodetic Development Kit GeoDLL mit der Version 18.10 um eine Funktion ergänzt, die mit Hilfe von Shape-Dateien polygonale Gültigkeitsbereiche in beliebige NTV2-Dateien einträgt. Gleichzeitig wurde das eigenständige Programm NTV2Poly von KilletSoft frei gegeben, mit dem ebenfalls polygonale Gültigkeitsbereiche mit Hilfe von Shape-Dateien in beliebige NTV2-Dateien eingetragen werden können. In so einer Shape-Datei kann zum Beispiel der Grenzumsriss eines Landes gespeichert sein, der den polygonalen Gültigkeitsbereich für die in dem Land verwendete NTV2-Datei darstellt. Mit der von KilletSoft angebotenen Software kann nun jeder GIS-Anwender von den Vorteilen bei der Verwendung polygonaler Gültigkeitsbereiche in seinen geodätischen Berechnungen profitieren.

Es liegt in der Hand der GIS-Entwickler und GIS-Anwender, ob polygonale Gültigkeitsbereiche in NTV2-Dateien zukünftig realisiert werden. Im Quelltext von NTV2 unterstützenden Programmen genügen einige IF-Abfragen und eine zusätzliche Schleifenstruktur, um darin polygonale Gültigkeitsbereiche zu implementieren. Gern würde KilletSoft Entwickler unterstützen, die sich für diese Idee begeistern können.

Zusammenfassung

Der Autor stellt eine einfache Methode zur Realisierung polygonaler Gültigkeitsbereiche in NTV2-Dateien vor. Die Struktur der NTV2-Datei bleibt dabei unverändert. Beim Generieren von NTV2-Dateien können die außerhalb der polygonalen Gültigkeit liegenden Gittermaschen mit exopolygonalen Einträgen markiert werden. Der Vorteil dieser Methode ist die exklusive Adressierung von Gittermaschen innerhalb des vorgesehenen administrativen Bereichs und dadurch der Ausschluss von Lokalisierungsfehlern. Software-Entwickler können die Berücksichtigung polygonaler Gültigkeitsbereiche in GIS-Software durch wenige Veränderungen im Programmcode implementieren. KilletSoft stellt bereits GIS-Software zur Verfügung, die polygonale Gültigkeitsbereiche unterstützt. KilletSoft bietet auch Software an, mit der polygonale Gültigkeitsbereiche in bereits bestehende NTV2-Dateien eingefügt werden können.

Summary

The author presents a simple method for realizing polygonal validity scopes in NTV2 files. Thereby the structure of the NTV2 file remains unchanged. When generating NTV2 files, grid meshes that are located outside of the polygonal validity can be labeled with exopolygonal entries. The benefit of this method is the exclusive addressing of grid meshes inside the intended administrative area and thus the exclusion of localization errors. Software developers can implement the consideration of polygonal validity scopes in GIS software by a few changes in the source code. KilletSoft already provides GIS software which supports polygonal validity scopes. KilletSoft also offers software that allows inserting polygonal validity scopes into existing NTV2 files.

Abbildungsverzeichnis

1. Abbildung: NTV2-Gitter mit rechteckigem Gültigkeitsbereich
Urheber: Fred Killet
2. Abbildung: NTV2-Gitter mit polygonalem Gültigkeitsbereich
Urheber: Fred Killet
3. Abbildung: Test von Koordinaten auf polygonale Gültigkeit
Urheber: Fred Killet
4. Abbildung: Verwendung der Genauigkeitswerte zum Ausschluss einer einzelnen Gittermasche
Urheber: Fred Killet
5. Abbildung: Verwendung der Verschiebungswerte zum Ausschluss von vier benachbarten Gittermaschinen
Urheber: Fred Killet

Die Abbildungen 1 bis 5 wurden mit Hilfe des als Freeware mit einer "GNU General Public License" ausgestatteten Programms IncScape 0.91 generiert.

Autor / Verfasser

Dipl.-Ing. Fred Killet
Escheln 28a
D-47906 Kempen
<http://www.killetsoft.de>



Kempen / Rheinland, Dezember 2015; überarbeitet im September 2018