

GNSS Messungen im Kataster

GNSS Measurements in Cadastral Surveying

Ekkehart Grillmayer, Garsten und Franz Blauensteiner, Wien

Kurzfassung

Mit der Vermessungsverordnung 2016 (VermV 2016) wurde erstmals für den Anschluss an das Festpunktfeld mittels RTK GNSS - Methoden, welche seit Jahren in der Vermessungspraxis eingesetzt werden, auch ein rechtlicher Rahmen definiert. Dieser Beitrag zeigt, dass beim Übergang von GNSS Messungen in das Gebrauchssystem des Katasters viele Gesichtspunkte zu beachten sind, und es wird versucht die Beweggründe für die in der Vermessungsverordnung 2016 definierten Schrankenwerte zu erläutern. Des Weiteren werden die Auswirkungen möglicher Fehler in den GNSS Messungen oder in den Passpunktkoordinaten auf die Transformationsparameter diskutiert und eine in der Praxis sinnvolle Vorgehensweise vorgeschlagen.

Schlüsselwörter: Kataster, GNSS Methoden, Anschluss an das Festpunktfeld, Transformation, Vermessungsverordnung 2016

Abstract

RTK GNSS techniques have been commonly used in cadastral surveying for more than ten years. With the regulation for cadastral surveying 2016 (VermV 2016), the use of these techniques was set in a legal framework for the first time, especially the transformation process of GNSS measurements into the Austrian cadastral coordinate system MGI. Furthermore, motives for the transformation thresholds prescribed by VermV 2016 are discussed. The effect on transformation parameters due to errors in GNSS measurement and/or coordinates of control points is shown and a practical and reasonable transformation method is proposed.

Keywords: cadastre, GNSS techniques, cadastral measurement networks, transformation, regulation of cadastral surveying 2016

1. Referenzsysteme und -rahmen

Für Grenzvermessungen im Kataster werden vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) ein Referenzrahmen, bestehend aus rund 224.000 Punkten in unterschiedlichen Kennzeichnungen und Qualitätsstufen, bereitgestellt. Diese Punkte sind ursprünglich im System der österreichischen Landesvermessung MGI mit der bekannten Unterteilung in drei Meridianstreifen koordiniert. Zusätzlich sind für rund 147.000 dieser Festpunkte heute auch Koordinaten im ETRS89 verfügbar.

Das ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) ist ein internationales Referenzsystem, auf dessen Nutzung für hoheitliche Vermessungsaufgaben sich die europäischen Staaten mehrheitlich verständigt haben. Zu diesen Aufgaben zählen vor allem wiederum die katastrale Vermessung, aber auch die Infrastrukturdokumentation und die Bereitstellung von Geobasisdaten für die gemeinschaftliche Nutzung. Das ETRS89 wurde aus dem ITRS1989 (International Terrestrial Reference System 1989) durch Übernahme der Koordinaten der europäischen Stationen des ITRF1989 abgeleitet. Dahinter steht die Tatsache, dass die Stationen auf der eurasischen Platte im

internationalen Vergleich – oder eben in einem internationalen (weltweiten) Referenzrahmen – sehr konstant mit 2,5 cm nach Nordosten driften und sohin nahezu – abgesehen von den geringfügig verbleibenden relativen Verformungen auf der eurasischen Platte selbst – ihre Koordinaten konstant gehalten werden können.

Wie in der Landesvermessung werden auch in den internationalen Referenzsystemen Referenzrahmen aus physisch realisierten Referenzpunkten benutzt (ETRF (F steht für Frame) für das ETRS, ITRF für das ITRS), um den Anwendern/ Nutzern Zugang zu den Referenzsystemen zu geben. Durch die jeweils angefügte Jahreszahl ergibt sich der Bezugszeitpunkt zu dem die Punkte im jeweiligen Frame tatsächlich die angegebenen Koordinaten hatten. Für die Umrechnung zwischen verschiedenen Rahmen unterschiedlicher Epochen ist die Kenntnis der tatsächlichen Relativgeschwindigkeiten eines Punktes notwendig.

Das ETRS89 wurde in Österreich durch das ETRF2000 zur Epoche 2002.56 realisiert.

Für die praktische Vermessungsanwendung bietet die Nutzung des ETRS89 mit festgesetzten ETRF2000 Koordinaten den Vorteil, dass somit

auch die Überführung von, beispielsweise durch RTK GNSS Positionsbestimmung, ermittelten Koordinaten in den Referenzrahmen des MGI als weitestgehend unveränderlich angenommen werden darf.

Der Referenzrahmen MGI stellt sich in seiner österreichweiten Realisierung im Unterschied zum ETRF2000 als sehr inhomogen dar. Zur Verbindung der beiden Realisierungen bietet sich ein Zweistufenmodell an. In einer ersten Stufe werden über eine 7-Parameter-Transformation Koordinaten aus ETRF2000 in das System MGI transformiert und diese in Gauß-Krüger-Koordinaten der Abbildung umgewandelt. Die verbleibenden Differenzen zu den amtlich vorgegebenen Koordinatenwerten können in einem zweiten Transformationsschritt minimiert werden, um so bestmöglich an die örtlich nächstgelegenen Punkte des Festpunktfeldes anzuschließen.

2. Anforderungen an die Anfelderung

2.1 Inhomogenitäten des Festpunktfeldes

Aufgrund der Entstehungsgeschichte des österreichischen Festpunktfeldes ist die Realisierung des GK-Systems nicht homogen. Die Transformation von homogenen ETRS89 Koordinaten auf die amtlichen (inhomogenen) GK-Koordinaten machen nun diese Inhomogenitäten sichtbar. Eine Ursache dafür sind Netzspannungen, die sich aufgrund der hierarchischen Bestimmung des amtlichen Festpunktfeldes, beginnend mit den ca. 140 Festpunkten der ersten Ordnung, ergeben. Schon die erste Ordnung wurde aufgrund der damaligen Rechenmethoden nicht in einem Guss ausgeglichen, womit die hier bereits entstehenden Spannungen auf die weiteren Ordnungen übertragen wurden. Hinzu kommen zum Teil ungünstige Netzkonfigurationen in den niedrigeren Ordnungen aufgrund der Topographie und dass es zu keiner durchgängigen Berücksichtigung der Lotabweichungen kam. Weiters sind noch einige Tausend Einschaltpunkte in Österreich vorhanden, deren GK-Koordinaten photogrammetrisch bestimmt wurden. Abhängig von der damals gewählten Flughöhe treten Klaffungen an diesen Festpunkten bis zu 20 cm auf. Nähere Informationen über die Entstehungsgeschichte der Festpunkte sind in [1], [2] und [3] nachzulesen.

Aus der Inhomogenität des Festpunktfeldes ergibt sich die Notwendigkeit einer Anfelderung (Transformation) an die nächstgelegenen Festpunkte.

2.2 Kriterien der Anfelderung

Die Anfelderung soll den terrestrischen Anschlussverfahren (Polygonzug, Freie Stationierung, kleines Netz) möglichst nahekommen. Diese terrestrischen Anschlussverfahren zwingen sich in die Inhomogenitäten der Festpunkte, wodurch sich diese Inhomogenitäten (Spannungen) auf die Polygonpunkte und in weitere Folge auch auf die Grenzpunkte übertragen. Die Güte der Anfelderung und somit des Anschlusses an das Festpunktfeld sind wesentlich von drei Entscheidungen geprägt:

- *Die Anzahl der Passpunkte:* Es müssen einerseits zumindest so viele Passpunkte gewählt werden, dass der Anschluss durchgreifend kontrolliert ist, also Fehler in den Passpunkten aufgedeckt werden. Andererseits sollen maximal so viele Passpunkte verwendet werden, dass die Nachbarschaftsbeziehung zu den Festpunkten gewahrt bleibt.
- *Die Anordnung der Passpunkte:* Sie ist grundsätzlich durch die örtliche Situation im Vermessungsgebiet gegeben. Es ist allerdings darauf zu achten, dass das Vermessungsgebiet von den Passpunkten umschlossen ist, um Extrapolationen zu verhindern. Umschlossen meint dabei, dass sich das Vermessungsgebiet innerhalb jenes Umkreises befindet, welcher von dem durch die Festpunkte aufgespannten Polygon definiert wird. Sollte das aufgespannte Polygon keinen Umkreis besitzen, dann ist jener Kreis maßgebend, dessen Mittelpunkt der Schwerpunkt der geometrischen Figur ist und dessen Radius sich aus der Entfernung zwischen Schwerpunkt und dem vom Schwerpunkt am weitest entfernten Passpunkt ergibt.
- *Die Wahl der geeigneten Transformationsmethode:* Der Übergang vom globalen Koordinatensystem ins Landessystem kann in einem Schritt durch eine 3D Transformation und anschließende Gauß-Krüger-Abbildung erfolgen, oder in zwei Schritten (2-stufiges-Verfahren). Im 2-stufigen-Verfahren wird im ersten Schritt eine Rahmentransformation vom ETRF2000 in das MGI – beispielsweise mit festen, durch das BEV publizierten Parametern (zu finden auf www.bev.gv.at) – ausgeführt. Danach erfolgt die Gauß-Krüger-Abbildung und es können Differenzen zu den Sollwerten bekannter Koordinaten (Festpunkte) angegeben werden – nach Lage und Höhe getrennt. Im zweiten Schritt erfolgt dann eine lokale Anfelderung (2D Helmert Transformation), mit der diese Differenzen minimiert

werden. Aufgrund der Kleinräumigkeit des Vermessungsgebietes im Vergleich zum Erdradius, der geringen Anzahl an Passpunkten und damit die Transformation robust gegen Höhenfehler ist, wird das 2-stufige-Verfahren in der Katasterpraxis bevorzugt.

2.3 Praktisches Beispiel

Um ein Gefühl für die minimal notwendige Anzahl von Passpunkten zu erhalten, wird die Frage anhand eines konkreten Beispiels (eingereichte Mappenberichtigung) diskutiert.

Für die Transformation wurden zuerst jene vier Passpunkte gewählt, welche dem Messgebiet am nächsten sind und dieses umschließen (siehe dazu Abb. 1, Abbildung 1.1).

Trafo-parameter	zu Trafo in Abb. 1.1	zu Trafo in Abb. 1.2	zu Trafo in Abb. 1.3
dx [cm]	25 (± 4)	26 (± 2)	24 (± 4)
dy [cm]	3 (± 4)	2,1 (± 2)	2 (± 4)
m [ppm]	76 (± 68)	84 (± 47)	14 (± 41)
α [mgon]	6,2 (± 4)	13,1 (± 3)	-0,1 (± 3)

Tab.1: Transformationsparameter (Standardabweichungen) der verschiedenen Transformationsvarianten

Die ETRS89 Koordinaten der Passpunkte EP1 und EP2 wurden über das BEV Portal bezogen, jene der Passpunkte EP3 und EP4 mit APOS (Austrian Positioning Service) gemessen. Als Transformationsmethode wurde das 2-stufige-Verfahren gewählt.

Die Wahl der Anzahl und Anordnung der Passpunkte, sowie die Wahl der Transformationsmethode erfolgte somit entsprechend den Vorgaben der VermV 2016. Das Ergebnis der Transformation ist in Abb. 1, Abbildung 1.1 dargestellt, die berechneten Transformationsparameter und ihre Standardabweichungen in Tabelle 1.

Zur Analyse des Ergebnisses der Transformation werden zumeist ausschließlich die Restklaffungen der Passpunkte herangezogen. Ebenso wichtig ist jedoch die Beurteilung, ob die Größenordnungen der Parameter Maßstab und Rotation plausibel sind. Die resultierenden Restklaffungen (siehe Abb. 1, Abbildung 1.1), aber auch die Größe des Maßstabsfaktors lassen das Vorhandensein fehlerhafter Messungen oder Zielkoordinaten vermuten. Die Beträge der Restklaffungen in EP1, EP2 und EP4 liegen über der lt. VermV 2016 zulässigen Toleranzschwelle von 5 cm, der Maßstabsfaktor mit 76 ppm noch unter der Toleranzschwelle von 100 ppm.

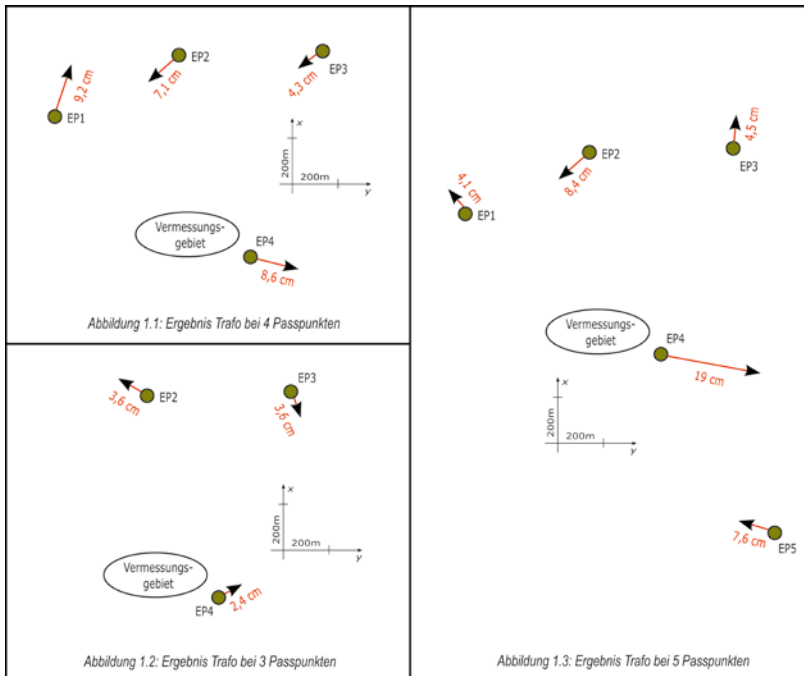


Abb. 1: Transformation mit unterschiedlicher Anzahl von Passpunkten

Die meisten Anwender würden nun den Passpunkt mit der größten Restklaffung, also EP1, eliminieren. Das Ergebnis mit den drei übrig gebliebenen Passpunkten ist in Abb. 1, Abbildung 1.2 dargestellt.

Der Betrag der Restklaffungen liegt nun für alle Passpunkte unter der Toleranzschranke, gleiches gilt für den Maßstab mit 84 ppm. Für die Rotation gibt die VermV 2016 keine Toleranzschranke vor.

Es fällt auch auf, dass die Parameter Maßstab und Rotation aufgrund ihres Verhältnisses zur geschätzten Genauigkeit nun eher als signifikant angesehen werden können. Dies ist jedoch vor allem der geringen Überbestimmung geschuldet.

Durch Hinzunehmen eines weiteren Festpunktes (siehe dazu Abb. 1, Abbildung, 1.3 und Tabelle 1 Spalte 3) wäre der EP4 als grob fehlerhaft verdächtigt worden.

Werden noch weitere Passpunkte hinzugefügt, so zeigt sich, dass die Koordinaten des EP4 einen Fehler von rund 25 cm aufweisen. Dieser Fehler wird bei der Verwendung von 3 Passpunkten von den Parametern kompensiert. Grenzpunkte, die mit dieser Transformation bestimmt werden – und das war auch bei dieser Mappenberichtigung der Fall – sind um diese 25 cm falsch.

Das Beispiel hat anschaulich dargestellt, dass drei Passpunkte für diese Art der Transformationsparameterbestimmung zu wenig sind, um grob fehlerhafte Koordinaten oder Messungen aufzudecken. Selbst ein Fehler von 25 cm konnte nicht entdeckt werden. Mit vier Passpunkten ist an den erhöhten Restklaffungen zu erkennen, dass ein Fehler vorliegt, aber er lässt sich immer noch schwer lokalisieren. Erst die Erhöhung der Passpunktanzahl oder Reduktion der Parameter kann hier Abhilfe schaffen. Durch beide Maßnahmen kann der Freiheitsgrad der Berechnung vergrößert werden, die Standardabweichung der Gewichtseinheit wird verringert und in den meisten Fällen werden grobe Fehler schneller sichtbar.

Ein wesentliches Kriterium bei all diesen Überlegungen ist die geometrische Verteilung der Passpunkte. In [4], Seite 219ff, findet sich dazu ein sehr anschauliches Beispiel, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen wird. Die Nutzung der normierten Verbesserungen wie sie bei Kraus [3] in einem Transformationsbeispiel dargestellt wird, wäre auch für die Anfelderungen im Kataster zu befürworten. Leider ist dies im Moment in keinem der gängigen Softwareprodukte realisiert. Der Koordinatenfehler des EP4 wäre mit dieser Me-

thode bereits im ersten Rechenschritt ersichtlich gewesen.

3. Grenzwerte der geschätzten Parameter

In diesem Abschnitt soll diskutiert werden, wie sich die einzelnen Parameter der ebenen Ähnlichkeitstransformation bei der Anfelderung auf das Vermessungsergebnis auswirken. Dazu werden auch einige Überlegungen angestellt, welche geometrische Bedeutung die Parameter für Voraus- und Folgeoperatoren haben und wie ihr Zusammenhang mit dem Referenzrahmen gesehen werden kann.

Die Beurteilung einer Transformation erfolgt sehr oft ausschließlich anhand der Restklaffungen. Gerade bei Transformationen mit einer geringen Anzahl an Passpunkten ist nicht nur der Blick auf die Größe der geschätzten Transformationsparameter, sondern auch auf die Genauigkeiten, mit denen sie abgeleitet wurden, durchaus sinnvoll. Man ist auch versucht zu sagen, dass die Größe der zulässigen Restklaffung eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielt. Die Restklaffungen selbst sind einerseits Ausdruck der systematischen Inhomogenität des Festpunktfeldes, können aber auch grobe Fehler (wie Beschädigungen der Stabilisierungsaufgabe) widerspiegeln. Diese und weitere mögliche Ursachen sind überlagert mit den geschätzten Punktlagegenauigkeiten im MGI und den Genauigkeiten aus der Bestimmung der ETRS89 Koordinaten. In der VermV 2016 wird eine Restklaffungsschranke von 5 cm angegeben, welche als Erfahrungswert aus vielen 2-stufigen Transformationen angesehen werden kann und den oben genannten Überlegungen bestmöglich Rechnung trägt.

3.1 Verschiebungen

Da die Verschiebungen die regionale Inhomogenität des Festpunktfeldes abbilden, können diese Werte bis zu 1,5 m annehmen (Vergleich der amtlichen GK Koordinaten mit jenen, die im ersten Transformationsschritt des 2-stufigen-Verfahrens durch Transformation der ETRS89 Koordinaten mit dem bundesweiten BEV Parametersatz und anschließender GK-Projektion entstehen). Hier erscheint es vor allem sinnvoll, auch die berechneten Verschiebungen benachbarter Geschäftsfälle zur Beurteilung heranzuziehen, da sich die Verschiebungen kleinräumig nur im cm-Bereich ändern sollten.

3.2 Maßstab

Im Gegensatz zu den Parametern der Verschiebung und der Rotation beeinflusst der Maßstabsfaktor nicht nur die Lage der neu vermessenen Punkte gegenüber den Festpunkten sondern auch die gegenseitige Lage dieser Punkte. Er verändert die innere Geometrie einer anzunehmend korrekt vermessenen und abgebildeten Situation bei Einpassung in einen inhomogenen Bezugsrahmen. Sofern dadurch nur Punkte betroffen sind, von denen aus die Vermessung der eigentlich zu bestimmenden Punkte mit konventionellen Mitteln (Winkel- und Streckenmessung) erfolgt, hätte der Maßstab keinen Einfluss auf das (weitergegebene) Ergebnis oder daraus abgeleitete Größen wie etwa die Fläche eines Grundstücks. Wenn hingegen auch für die Vermessung der Grenzpunkte RTK Methoden eingesetzt werden, könnte das problematischer sein, wie die beiden folgenden Beispiele zeigen. Besonders schwer zu interpretieren wird die Situation jedoch, wenn es, wie es in der Praxis häufig vorkommen wird, zu einer Vermischung der Punktbestimmungsverfahren kommt (z.B. im Fall mehrerer Tachymeterstandpunkte, die voneinander unabhängig mittels RTK Methoden bestimmt und orientiert werden).

In Abbildung 2 ist dargestellt, welche nach VermV 2016 zulässigen Maßstabsfaktoren, angewendet auf die Seitenlänge eines Quadrats, einen Flächenfehler von 1 Quadratmeter verursachen.

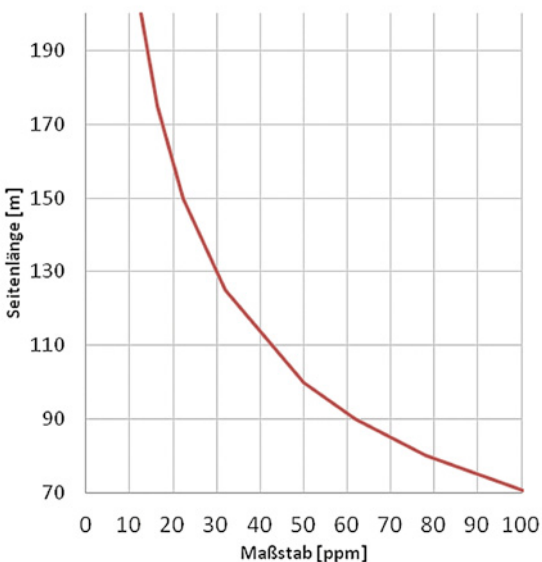


Abb. 2: Maßstab, angewendet auf Quadratseite

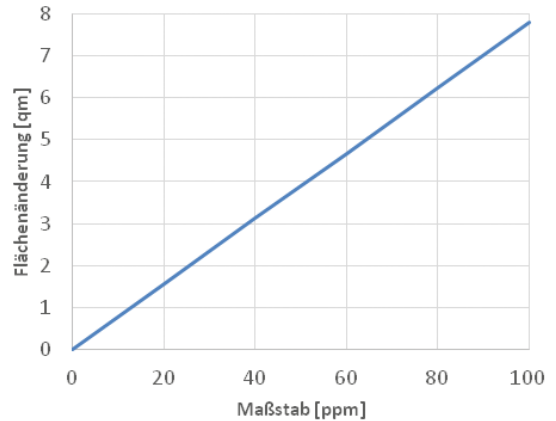


Abb. 3: Flächenänderungen im gleichseitigen Dreieck

In Abbildung 3 wird dargestellt, um wieviel sich die Fläche eines gleichseitigen Dreiecks mit einer Seitenlänge von 300 m (mittlerer Abstand benachbarter EPs) in Abhängigkeit vom Maßstab ändern würde.

Aus Abbildung 3 ist ersichtlich, dass ein Maßstab von 1 ± 100 ppm in der GNSS Transformation ein gleichseitiges Dreieck mit einer Seitenlänge von 300 m (Fläche = 38971 m^2) um 8 m^2 verfälschen würde.

Bei der Benutzung eines Maßstabs zur Anfeinerung ist es somit notwendig eine grundlegende Entscheidung zu treffen: nimmt man die dadurch bedingten systematischen Flächenfehler in Kauf, um den Anschluss an die umliegenden Festpunkte zu wahren (z.B. bei größeren Schlussvermessungen), oder soll die geometrische Integrität der Urkunde im Vordergrund stehen (eventuell bei einzelnen – sehr großen – Bauplätzen sinnvoll). Abbildung 2 zeigt, dass ein Grundstück mit 4900 m^2 (Seitenlänge = 70 m) bei Benutzung des maximal zulässige Maßstab von 1 ± 100 ppm um 1 m^2 verfälscht werden würde. Bei üblichen Bauplatzgrößen von $700\text{--}2000 \text{ m}^2$ wäre die Auswirkung somit vertretbar, da sie nur in Ausnahmefällen zu Problemen führen wird.

Ebenso wichtig erscheint es, sich darüber bewusst zu sein, dass unmittelbar mit einem RTK System bestimmte Grenzpunkte – auf die der Maßstab der GNSS Transformation angewendet wird – und jene, die mit der Totalstation eingemessen sind, nicht mehr dieselbe Datuminformation tragen. In vielen Fällen wird heute mit einer Kombination aus beiden Messmitteln gearbeitet. Je nachdem werden dann bei Einsatz eines Maßstabsfaktors zwei Standpunkte, die von

RTK Punkten aus geschaffen werden, untereinander auch dem Maßstab unterworfen sein, die von diesen Standpunkten aus aufgenommenen Polarpunkte aber nicht.

Ein weiterer nicht unwesentlicher Aspekt ist, dass bei Einführung eines Maßstabsfaktors, möglicherweise zufällige Punktlagefehler (aus dem ursprünglichen Ausgleich der Festpunkte) und Messfehler (aus den RTK Daten der Passpunkte) mit einer systematisch wirkenden Größe überlagert bzw. zum Teil kompensiert werden. Dadurch werden genaugenommen die Ergebnisse der statistischen Methoden, die zur Beurteilung der Qualität der Punktlage benutzt werden, verzerrt.

3.3 Rotation

Die Rotation beschreibt die Verdrehung des amtlichen MGI/GK-Systems zu einem quasi MGI/GK-System, das durch eine Vortransformation der ETRS89 Koordinaten mit dem bundesweiten BEV 7-Parametersatz und anschließender GK-Projektion entsteht. Diese Rotation sollte auf Grund der geringen Ausdehnung des Anfelderungsbereiches nahe Null sein. Diese Rotationswerte können jedoch durch die zufälligen Punktlagefehler beeinflusst werden und so das gesuchte Ergebnis verfälschen.

Dazu betrachten wir die minimal zulässige Passpunktanordnung: 4 Passpunkte an den Ecken eines Quadrates. Nach VermV §1(8) beträgt der maximale Punktlagefehler bei Festpunkten 7 cm. Angenommen dieser würde zur Gänze durch die Rotation kompensiert, dann ergäbe das – bei einem Festpunktabstand von 300 m – eine maximale Änderung des Rotationswinkels von

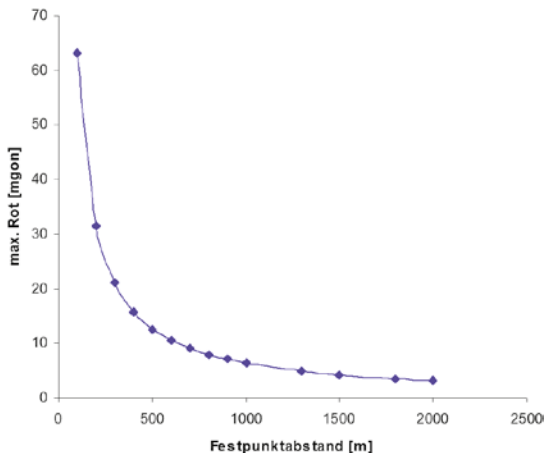


Abb. 4: Maximal zulässige Rotation bei 7cm Festpunktfehler

21 mgon. Die geschätzte Rotation wirkt nun wie ein Orientierungsfehler und ist daher kritisch zu hinterfragen (siehe Abbildung 4).

Übersteigt die geschätzte Rotation diese Werte, dann sind systematische oder grobe Fehler in den Passpunkten zu erwarten.

Liegt das Vermessungsgebiet nahe am Schwerpunkt der Passpunkte, so hat ein Fehler im Rotationsparameter entsprechend seinem Hebel geringe Auswirkungen (siehe Abbildung 5).

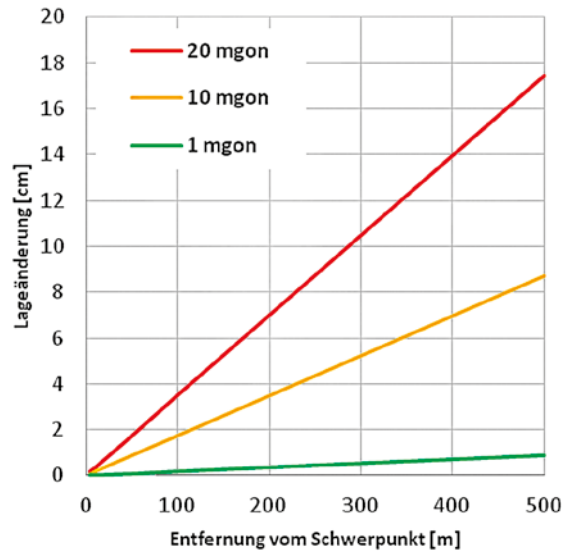


Abb. 5: Abweichung in Abhängigkeit zur Entfernung vom Schwerpunkt und der Größe der zugelassenen Rotation

4. Zusammenfassung

Die Anzahl und Verteilung der Passpunkte muss so gewählt werden, dass etwaige Fehler in den Passpunkten aufgedeckt und nicht unmerklich die Koordinaten der Neupunkte (Polygonpunkte, Grenzpunkte) verfälscht werden. Es ist zwischen den Fehlern der GNSS Messung der Passpunkte (die hoffentlich zufälliger Natur sind) und Fehlern in den Passpunktkoordinaten selbst zu unterscheiden. Bei Letzteren sind nur grobe und systematische Fehler gemeint, wie die Veränderung der Stabilisierung des Festpunktes durch Beschädigung oder Bodenbewegung, weiters Inhomogenitäten, deren Ursache in der Methode der Koordinatenbestimmung (z.B. mittels Photogrammetrie) liegt resp. jene überregionalen Inhomogenitäten, welche aus der Netzausbreitung erklärbar sind (siehe dazu Abschnitt 2.1). Das führt zu einer

Minimalanzahl an Passpunkten. Die Anzahl der Passpunkte unterliegt aber auch einer oberen Schranke, da ja die Nachbarschaftsbeziehung vor allem in Gebieten mit starken Inhomogenitäten im Festpunktfeld gewahrt werden muss. Bei terrestrischen Anschlussmethoden wird ebenso an die nächstgelegenen Festpunkte angeschlossen, um für die nachfolgende Nutzung der Ergebnisse eindeutig reproduzierbare Voraussetzungen zu schaffen.

In jedem Fall sollten jene Festpunkte in die Transformation einbezogen werden, die zur ursprünglichen Festlegung der Grenzpunkte im Vermessungsgebiet benutzt wurden, sofern diese noch vorhanden sind und als unverändert angesehen werden können.

Die Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf den zweiten Schritt des 2-stufigen-Verfahrens (die Anfelderung) und nicht auf eine direkte räumliche Transformation. Wir kommen zu dem Schluss,

dass das 2-stufige-Verfahren für die Anwendung in der Katastervermessung zu bevorzugen ist.

Referenzen

- [1] *Blauensteiner, Franz*: Durchgreifende Kontrolle bei terrestrischen Anschlussmessungen, vgi 2/2014
- [2] *Imrek, Erich*: Neurechnung des Festpunktfeldes? – Gründe, EVM63/1991
- [3] *Erhard Erker*. *Die Homogenisierung des österreichischen Festpunktfeldes im internationalen Rahmen*, vgi 2/1997
- [4] *Kraus, Karl*: Photogrammetrie, Verfeinerte Methoden und Anwendungen Band 2, 1996

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Ekkehart Grillmayer, Zivilgeometer, auzinger grillmayer ZT GmbH (geschäftsführender Gesellschafter), geoAT. OG (geschäftsführender Gesellschafter), Lektor an der Universität für Bodenkultur, Reithofferstraße 63, A-4451 Garsten.

E-Mail: grillmayer@zivilgeometer.at

Dipl.-Ing. Franz Blauensteiner, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Leiter des Referates Grundlagenvermessung, Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Wien.

E-Mail: franz.blauensteiner@bev.gv.at