



Homogenisierung des Festpunktfeldes 1.–5. Ordnung in Österreich

Homogenisation of the control point field 1st–5th order in Austria

Jürgen Otter, Wien

Kurzfassung

Seit der Fertigstellung der Homogenisierung des Festpunktfeldes 1.–5. Ordnung in Österreich sind für jeden Triangulierungspunkt Koordinaten im europäischen Bezugssystem ETRS89 verfügbar. In diesem Artikel soll ein kurzer Rückblick auf ein Projekt gegeben werden, das die Arbeiten in der Abteilung Grundlagen des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen (BEV) über viele Jahre stark geprägt hat. Von der Idee bis zur Berechnung der ETRS89-Koordinaten aus terrestrischen Messungen waren einige, oft zeitintensive Schritte notwendig. Mit den heute verfügbaren Festpunkten im System ETRS89 wird nicht nur für den Anwender die Umrechnung in das österreichische Landessystem MGI erleichtert, es ergeben sich auch neue Möglichkeiten zur Analyse des Festpunktfeldes und in weiterer Folge zur Erstellung einer österreichweiten Transformationsvorschrift mit bestmöglicher Anpassung an das Festpunktfeld. In diesem Artikel werden die neuen Möglichkeiten aufgezeigt und ein Ausblick auf neue Produkte gegeben.

Schlüsselwörter: Homogenisierung, Festpunktfeld, Triangulierungspunkte, ETRS89

Abstract

Since the completion of the homogenization of the control points of the 1st–5th order in Austria, coordinates in the European reference system ETRS89 are available for each triangulation point. This article is intended to give a brief look back at a project that has strongly influenced the work in the department of control survey of the Federal Office for Metrology and Surveying (BEV) over many years. From the idea to the calculation of the ETRS89 coordinates from terrestrial measurements, a number of often time-consuming steps were necessary. The control points available today in the ETRS89 system not only make it easier for the user to transform to the Austrian MGI system, there are also new possibilities for analyzing the field of control points and subsequently for creating an Austria-wide transformation rule with the best possible adaptation to the control points. This article shows the new possibilities and gives an outlook on new products.

Keywords: Homogenisation, control point field, triangulation points, ETRS89

1. Was bedeutet Homogenisierung?

Das Bezugssystem MGI liegt mit seinen Wurzeln in der Gradmessung des 19. Jahrhunderts und ist mit den damaligen eingeschränkten, terrestrischen Messmethoden kein System homogener Genauigkeit. Heute kennt man diese Inhomogenitäten in Form von Spannungen im Festpunktfeld sehr genau. Über Österreich ergeben sich Werte bis ca. 1.5 m, regional bis ca. 20 cm. Kleinräumig passen die Festpunkte gut zueinander, die Spannungen liegen in der Regel unter 5 cm. Das Ergebnis einer Vermessung ist somit von der Wahl der Festpunkte abhängig. Die österreichische Vermessungsverordnung (VermV) nahm von Anfang an auf diesen Umstand Rücksicht und verlangt deshalb für den Festpunktanschluss grundsätzlich das Verwenden der nächstgelegenen Festpunkte. Nur so kann sichergestellt werden, dass Kataster und Festpunktfeld bestmöglich zueinander passen.

Die Idee der Homogenisierung ist es nun, die Koordinaten der Festpunkte so zu verbessern,

dass die Spannungen zwischen den Festpunkten verschwinden, bzw. gleichförmig klein gehalten werden.

2. Anfänge der Homogenisierung

Die Idee der Homogenisierung des Festpunktfeldes durch Neurechnung der geodätischen Netze bestand schon einige Jahre vor dem Einzug des GNSS (Global Navigation Satellite System) in die Vermessungspraxis. Der Einsatz elektronischer Distanzmessung über weite Entfernungen hat seit den 1970ern zu einer Genauigkeitssteigerung geführt, die es erstmalig ermöglicht hat, die Festpunktspannungen im System MGI besser zu erkennen. Im Zuge der europäischen Ausgleichung ED87 der Dreiecksnetze 1.–3. Ordnung [1] zeigten sich für Österreich Abweichungen von einem homogenen System als Restklaffungen der österreichweiten 7-Parametertransformation von bis zu 1.5 m und lokale Inhomogenitäten im Dezimeterbereich. Diesem Umstand wollte

man anfangs mit einer Neurechnung der MGI-Koordinaten Rechnung tragen, die sogenannte Homogenisierung des Festpunktfeldes [1].

3. Von der MGI Neurechnung zur Realisierung des ETRS89 im Festpunktfeld

Mit der Etablierung der Weltraumverfahren (GNSS, VLBI, DORIS, etc.) in der Erdvermessung und dem Entstehen geozentrischer Bezugssysteme konnten erstmals Messverfahren mit homogener Genauigkeit eingesetzt werden. Im BEV wird das Messverfahren GPS seit Beginn der 1990er Jahre eingesetzt. Bald war klar, dass man für eine Homogenisierung des Festpunktfeldes auf dieses Verfahren setzen wird [2]. Mit der Gründung der IAG Sub-Commission EUREF (European Reference Frame) und der Entwicklung des europäischen Bezugssystems ETRS89 wurde schließlich im Jahr 2002 auch im BEV eine Lösung zu ETRS89 (EUREF Austria 2002, ETRF2000, Epoche 2002.56) realisiert. Schrittweise wurde im BEV begonnen, mit GPS die Festpunkte im System ETRS89 zu bestimmen.

Es formte sich bald folgende Strategie zur Homogenisierung: Für jeden Festpunkt sollen Koordinaten im homogenen System ETRS89 bestimmt werden. Die Koordinaten im Bezugssystem MGI werden grundsätzlich in der ursprünglichen, spannungsbehafteten Form belassen, nur lokale Unstetigkeiten im Verlauf der Festpunktspannungen werden bereinigt. Somit hat man einerseits bereits ein homogenes Bezugssystem realisiert, das ETRS89. Andererseits bleibt mit dem MGI der Bezug zum Kataster weiterhin gewahrt, ohne großflächige Nachzieharbeiten von Grenzpunkten notwendig zu machen.

4. Die Erfassung der Messdaten der Grundlagenvermessung

Schon mit dem Einzug der EDV in das BEV in den 1980er Jahren wurde über eine Neurechnung der geodätischen Netze der Grundlagenvermessung mit einer Ausgleichssoftware nachgedacht. Mit dem Geoid 1987 wurde es dann erstmalig möglich, österreichweit die Lotabweichungen zu bestimmen, die für eine Korrektur der terrestrischen Messdaten notwendig waren. Nach ersten Tests im Gebiet von Reutte (Tirol) wurde schließlich 1991 mit dem Aufbau einer Beobachtungsdatenbank begonnen [1].

Die Grundlagenvermessung des BEV blickt auf eine über 100-jährige Geschichte von Vermessungsarbeiten im Festpunktfeld zurück. Das

übliche Messverfahren zur Bestimmung der Festpunkte 1.–5. Ordnung war bis in die beginnenden 1990er Jahre die Triangulation, also das Messen von Richtungen und Höhenwinkeln in Dreiecksmaschen zwischen den Festpunkten. In den 1970er Jahren wurden die Messmethoden um die elektronische Entfernungsmessung ergänzt und erst seit den 1990er Jahren wird fast ausschließlich mit GNSS-Methoden gemessen. Die Anzahl der Messdaten geht weit über eine Million Datensätze hinaus.

Es zeigte sich bald, dass die Erfassung der Daten von der Abteilung Grundlagen nicht alleine bewältigt werden konnte. Es sollte aber noch bis zum Jahr 2000 dauern, bis unterstützendes Personal aus anderen Abteilungen des BEV verfügbar gemacht werden konnte. Ein Programm zur Datenerfassung wurde entwickelt, in dem die Koordinaten und die Messdaten aus den Feldarbeitsoperaten eingegeben werden konnten. Prüfroutinen, wie zum Beispiel das Berechnen von Orientierungen und das Ausweisen von großen Differenzen der gemessenen Strecke zu der aus den Koordinaten bestimmten Strecke, wurden eingesetzt, um möglichst fehlerfrei zu erfassen.

Bis zu 170 Mitarbeiter des BEV waren ab dem Jahr 2000 im Einsatz, bis letztendlich im Jahr 2006 die Erfassung aller Beobachtungsdaten fertiggestellt werden konnte. Über 1.5 Millionen geprüfter Datensätze standen ab diesem Zeitpunkt für die weiteren Auswertungen der Neurechnung zur Verfügung (Tabelle 1).

Beobachtungsart	Anzahl	Anzahl/Punkt (65.000 Punkte)
Richtungen	912.371	13.9
Strecken	82.412	1.3
Höhenwinkel	517.091	7.9

Tab. 1: Anzahl der digitalisierten Messdaten (Beobachtungen)

5. Grundnetz ETRS89

Als Ausgangsbasis für die Bestimmung der ETRS89-Koordinaten im Festpunktfeld werden Punkte höherer Genauigkeit benötigt. Ausgehend von den Punkten des europäischen Permanentstationsnetzwerks (EPN) wurden nach und nach Festpunkte im System ETRS89 bestimmt, die entweder aus permanenten Beobachtungen abgeleitet (Stationen des Austrian Positioning Service – APOS) oder mit Langzeitmessungen von mind. 24h bestimmt wurden. Eingeflossen sind hier vor

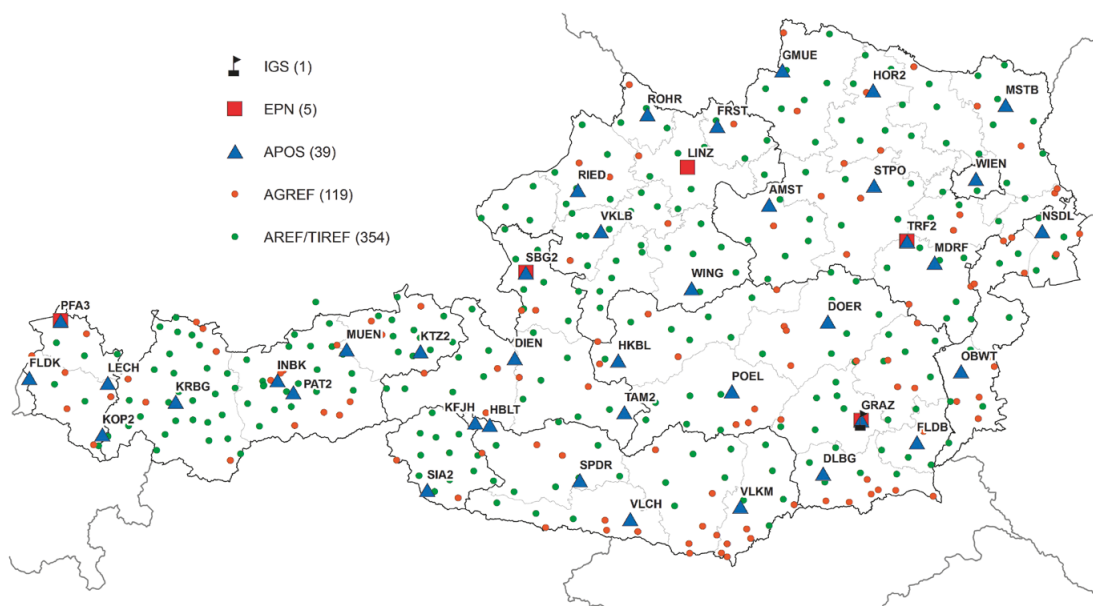


Abb. 1: Österreichisches Grundnetz ETRS89

allein die Daten der Punkte von AREF (Austrian Reference Frame) [5] der GPS-Netz Ziviltechniker GmbH, des geodynamischen Monitoringnetzes AGREF (Austrian Geodynamic Reference Frame) [4,5] sowie der Verdichtungsmessungen der Tiroler Landesregierung TIREF [5]. Die Messungen wurden durch Nachmessungen validiert, teilweise verbessert und in den österreichischen Referenzrahmen EUREF Austria 2002 eingerechnet. Die Koordinaten der APOS-Stationen werden in einem Austrian Monitoring Network AMON [3] laufend überwacht. Die Auswertung dieser Punkte erfolgt in der Berner GNSS Software (Uni Bern), die auch im BEV-Analysecenter zur Auswertung der europäischen EUREF-Teilnetze Anwendung findet. Im Laufe der Auswertungen wuchs die Menge dieser Punkte auf ca. 450 Festpunkte an (Abbildung 1). Im BEV wurde für diese Punkte der Begriff Grundnetz geprägt, eine moderne Entsprechung der 1. Ordnung aus der Triangulation.

6. Bestimmung der ETRS89-Koordinaten aus GPS-Messungen

Da bereits mit der Erfassung der Messdaten begonnen wurde und für die Feldarbeit begrenzte Ressourcen zur Verfügung standen, formte sich die Strategie, einen Teil der ca. 65.000 Festpunkt mit GPS zu übermessen, den anderen Teil aber aus den terrestrischen Messdaten abzuleiten. Der erste Schritt der Homogenisierung war die

Bestimmung von ETRS89-Koordinaten aus GPS-Messungen. Um genügend Datumspunkte für den zweiten Schritt, die Neurechnung der terrestrischen Netze, zur Verfügung zu haben, wurde bei der Auswahl der Punkte auf gute Verteilung geachtet. Sie sollten nur geringe Abschattung aufweisen und über die Punkte aus dem Grundnetz gut bestimmbar sein.

In Summe wurden bis 2012 ca. 30.000 Festpunkte in der Feldarbeit übermessen. Zu jedem dieser Punkte wurden grundsätzlich vier Basislinien gemessen, die Beobachtungszeit lag je nach Länge der Basislinien bei bis zu zwei Stunden. Die Auswertung der Basislinien wurde mit einer GNSS-Software von Trimble durchgeführt. Diese wurden dann als 3D-Vektor-Beobachtungen in einen Ausgleich eingeführt. Verwendet wurde dafür die Ausgleichssoftware PANDA der Firma GEOTEC. Aufgrund der Netzgröße und der großen Anzahl an Vektoren (ca. 122.000) wurde das Gesamtnetz in Teilnetze zerlegt, die mit der verfügbaren Rechnerleistung auswertbar und auch von den Bearbeitern noch interpretierbar waren. Gewählt wurde hier der Blattschnitt der Österreichkarte 1:50.000 (ÖK50), damals noch im Bundesmeldenetz. Diese Lösung bot sich an, denn auch die Nummerierung der TP ist nach diesem Blattschnitt geregelt. Dabei wurde darauf geachtet, ausreichend Überlappung in der Auswertung

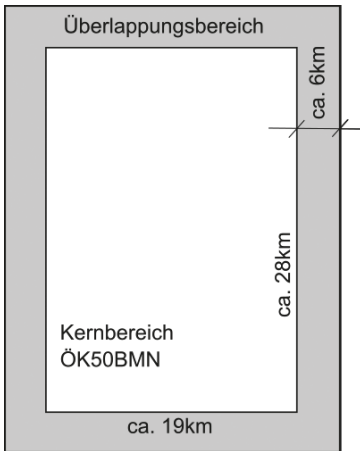


Abb. 2: Auswertung im Blattschnitt ÖK50BMN

der Teilnetze einzuführen um Koordinatensprünge an den Blattschnitten zu vermeiden (Abbildung 2).

6.1 Zentrierung

Triangulierungspunkte haben die Eigenheit, oft mehrere Stabilisierungen pro Punkt aufzuweisen. Die Beobachtungsdaten können sich dabei auch auf unterschiedliche Stabilisierungen eines Punktes beziehen. Um nicht die hochgenau eingemessene örtliche Beziehung zwischen den einzelnen Stabilisierungen in den Ausgleich einführen zu müssen, wurden bei der Aufbereitung eines Teilnetzes alle Beobachtungen auf eine einzelne Stabilisierung pro Festpunkt umbezogen. Bei dieser so genannten Zentrierung werden alle Messdaten eines Punktes unter Einbeziehung der örtlichen Beziehung der einzelnen Stabilisierungen abgeändert, als ob sie alle von einer einzigen Stabilisierung vorgenommen wurden, der Zentrumsstabilisierung. In den Ausgleich wurde dann nur dieses Zentrum eingeführt, mit allen zentrierten Beobachtungsdaten. Dies macht die anschließende Interpretation der Ausgleichsergebnisse etwas schwieriger, entsprechend wurden hier Hilfsmittel in der Aufbereitung der Ergebnisse zur Interpretation geschaffen.

6.2 Punkthistorie

Ein Festpunkt durchläuft im Laufe der Zeit Änderungen. Dies ist im Punktverwaltungssystem (PVS) des BEV mit der Auflagennummer eines Punktes dokumentiert. Bei der Auswertung der Grundlagentetze mussten die Beobachtungsdaten auf die dem Messzeitpunkt entsprechende Auflage eines Punktes bezogen werden. Daher war es notwendig, für die Berechnungen auch die Punktgeschichte aller Festpunkte zur Verfügung zu haben. Diese ist seit Einführung des elektronischen PVS im Jahr 2000 digital erfasst. Vor allem für die Auswertung der älteren Messungen mussten auch die älteren Auflagen zur Verfügung stehen. Die Homogenisierung war daher auch hier der Anlass, diese Daten von den historischen Punktkarten der Triangulierungspunkte zu erfassen und damit die Punkthistorie zu vervollständigen.

7. Auswertung der terrestrischen Netze

Ab 2010 startete schließlich die flächenhafte Auswertung der terrestrischen Messdaten zur Bestimmung der übrigen 35.000 Festpunkte, ebenfalls mit der Ausgleichssoftware PANDA. Auch die Zerlegung in Teilnetze wurde wie bei der Basislinienausgleichung mit dem Blattschnitt der ÖK50BMN durchgeführt (Abbildung 2). Die Ausgleichung der GPS-Basislinien war zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen. Sie wurde damals von Voralberg beginnend in Richtung Osten durchgeführt. Daher wurde auch mit der Auswertung der terrestrischen Netze ganz im Westen begonnen (Abbildung 3).

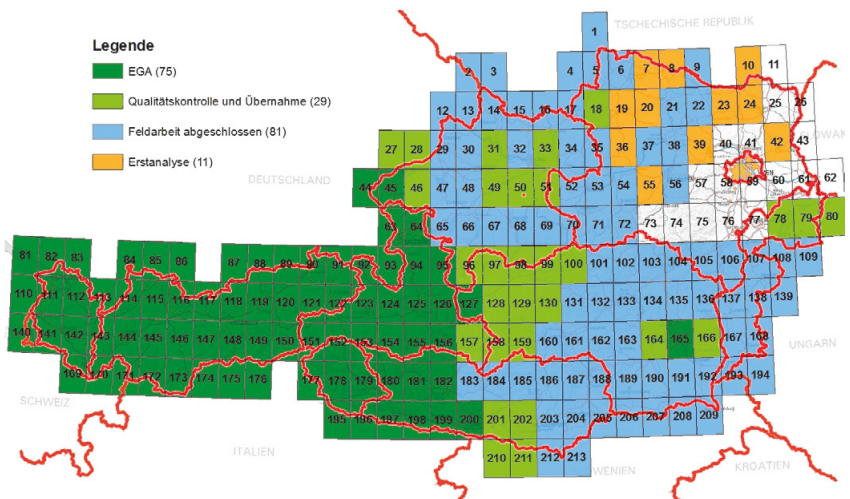


Abb. 3: Fortschritt der Homogenisierung (Momentaufnahme 2016)

Die terrestrischen Messdaten Richtung, Höhenwinkel und Strecke beziehen sich naturgemäß auf ein Horizontsystem. Daher konnte der Ausgleich nicht wie bei den 3D-Vektoren der Basislinien im kartesischen 3D-System ETRS89 (EPSG:4936) durchgeführt werden. Um mit ebenen Koordinaten arbeiten zu können wurden daher bei der Aufbereitung der Daten für das jeweilige Teilnetz die ETRS89-Koordinaten mit der österreichweiten 7-Parametertransformation (EPSG:1619) und der jeweils betroffenen Gauß-Krüger Abbildung in homogene MGI/GK-Koordinaten transformiert und verebnet. Nach Abschluss der Berechnungen wurden die Punkte wieder zurück in kartesische ETRS89-Koordinaten transformiert.

8. Analyse und Digitalisierung der Operate

Die Auswertungen der terrestrischen Messdaten zeigten bei der ersten Aufbereitung der Daten öfter grobe Fehler oder es wurden singuläre Punkte mit zu wenigen Beobachtungen erkannt. Die Ursache war meist in einer fehlerhaften Erfassung zu suchen. Manchmal wurden Daten falsch interpretiert oder Messdaten wurden schlicht nicht erfasst und mussten nacherfasst werden. Eine gewisse Fehlerrate wurde natürlich auch erwartet. Viele der bis zu 170 Mitarbeiter bei der Datenerfassung hatten keine geodätische Ausbildung, die Zusammenhänge wurden nicht von allen gleich gut verstanden. Bei der Datenanalyse in der Netzausgleichssoftware traten diese Fehler dann zu Tage. Dann war es an den geschulten Mitarbeitern der Abteilung Grundlagen im betreffenden Operat nachzuschlagen und auf Fehlersuche zu gehen. Oft konnten die Fehler bereinigt werden, dort wo es nicht möglich war, wurden Nachmessungen eingeplant.

Zur leichteren Handhabung der Operate und aus Platzgründen im Archiv der Abteilung Grundlagen wurden sämtliche Operate vom BEV selbst digitalisiert und den Mitarbeitern digital zur Verfügung gestellt. Nachdem diese Digitalisierungsarbeiten grundsätzlich 2016 abgeschlossen wurden, nutzte man das dabei gewonnene Knowhow für die Ausweitung der Digitalisierung auf das gesamte Archiv. Seit 2018 wird nun das gesamte Archiv der Abteilung Grundlagen nur mehr in digitaler Form geführt, die originalen Unterlagen wurden in das Österreichische Staatsarchiv überführt.

9. Nachmessungen in der Feldarbeit

Nicht immer ließen sich Fehlerursachen nachvollziehen, oder einzelne Punkte konnten durch

die vorhandenen terrestrischen Messdaten nicht ausreichend gut bestimmt werden. Als Fehlergrenze wurde dabei ein Punktlagefehler von 2 cm festgelegt. Diese Punkte wurden dann systematisch in der jährlichen Feldarbeit zur Übermessung mit APOS Real Time eingeplant. Dabei wird jeder Punkt grundsätzlich redundant mit mehreren Einzelmessungen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten beobachtet.

Vor jeder Messung wird die betroffene Stabilisierung überprüft und falls notwendig korrigiert. Dabei wird die horizontale Lage des Steins mit der Wasserwaage, und die Ausrichtung des Schriftzugs „KT“ nach Norden mit dem Kompass überprüft. Nur so kann die richtige Lage sichergestellt werden, ein schiefer Stein kann durchaus einen Lagefehler von mehreren Zentimeter verursachen. Die Korrektur der Lage erfolgt mit einer zentrischen Neustabilisierung. Dabei wird der Stein entfernt und über die unterirdische Stabilisierung (Rohr) zentrisch neu ausgerichtet.

Mit der Notwendigkeit dieser Übermessungen etablierte sich im Laufe der Zeit daher folgender Workflow für die einzelnen Bearbeitungsnetze in der Größe einer ÖK50:

1. Grobanalyse des Netzes zur Aufdeckung grober Fehler oder fehlender Messdaten.
2. Voranalyse für die Feldarbeit; Auswahl von schlecht bestimmten Punkten.
3. Feldarbeit: die ausgewählten Punkte werden systematisch mit APOS gemessen.
4. Feinanalyse: die eigentliche Auswertung des Netzes.
5. Prüfung der Ergebnisse und Einspielen der Ergebnisse in die Datenbank.

10. Erkennen von Bodenbewegungen im Festpunktfeld

Viele Festpunkte wurden mehrfach zu unterschiedlichen Zeitpunkten übermessen. In der Netzberechnung der Homogenisierung wurden alle diese Messdaten zusammen verwendet und analysiert. Passen bei der Interpretation der Ergebnisse alle Messdaten gut zueinander, ergibt sich daraus auch gleichzeitig die Information, dass dieser Festpunkt über die Jahre in seiner Lage stabil geblieben ist. Umgekehrt zeigte sich aber bei manchen Punkten, dass erst eine Abtrennung der unterschiedlichen Messepochen zu einem Ergebnis innerhalb der Fehlergrenzen führt. Wertet man alle Epochen für diesen Punkt

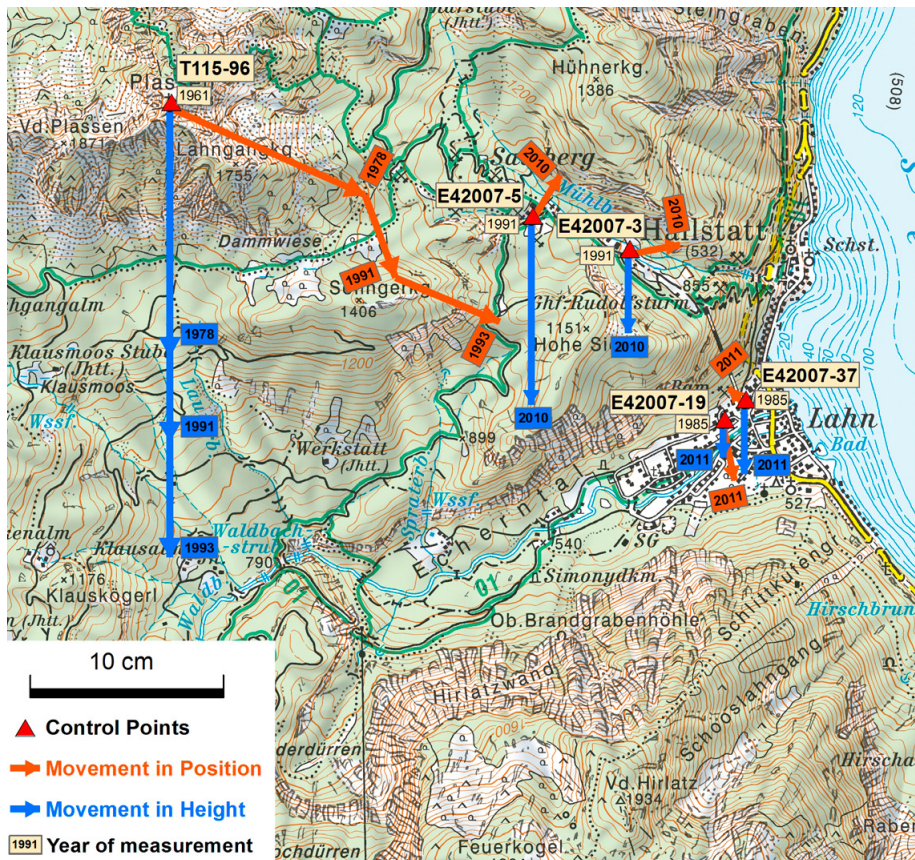


Abb. 4: Bodenbewegungen am Plassen / Hallstatt

einzelnen aus, ergeben sich daraus unterschiedliche Punktlagen. Die daraus resultierenden Vektoren können einen Hinweis auf eine Punktbewegung darstellen. Ist der Vektor in Hangrichtung abwärts gerichtet mit gleichzeitiger Abnahme der Höhe und zeigt sich dieses Verhalten über mindestens drei Messepochen, so kann hier eine Bodenbewegung angenommen werden. Mit einer aktuellen APOS Messung kann der Verdacht erhärtet werden. Diese Bewegungsvektoren können punktuell Bewegungen über viele Jahrzehnte hinweg dokumentieren. Natürlich gibt es andere, genauere Möglichkeiten zur Ermittlung von Bewegungsvektoren, aber Beobachtungsreihen über so lange Zeiträume liegen hier meist nicht vor (Abbildung 4).

Unsere Daten sind daher für die Geologie und andere Geowissenschaften eine wertvolle Informationsquelle über geodynamische Prozesse. Auch in die Bestimmung der Ermittlungsflächen (Bodenbewegungsverordnung, Vermessungsgesetz) gehen diese Bewegungsvektoren als ein Bestimmungsfaktor mit ein.

11. Analyse des Festpunktfeldes

Das Vorliegen aller Festpunkte im System MGI und im System ETRS89 ermöglicht es, die Inhomogenitäten im System MGI genauer zu betrachten. Systematisch werden daher im BEV die Festpunktspannungen visualisiert und die MGI-Koordinaten bei Bedarf abgeändert. Angestrebt wird hierbei keine flächendeckende Eliminierung der Inhomogenitäten, sondern vielmehr eine Glättung von Unstetigkeiten im Verlauf der Festpunktspannungen. Zeigen einzelne Punkte auffällige Spannungen zu seinem Umfeld, werden nach einer Fehleranalyse die MGI-Koordinaten neu bestimmt. Technisch gesehen werden für diese Analysen die ETRS89-Koordinaten der Festpunkte mit der österreichweiten 7-Parametertransformation nach MGI transformiert und im entsprechenden Gauß-Krüger Meridian abgebildet. Wir sprechen dabei von homogenen Gauß-Krüger Koordinaten. Diesen Koordinaten werden nun die tatsächlichen Gauß-Krüger Koordinaten gegenübergestellt. Die Differenzen in den Komponenten y , x und

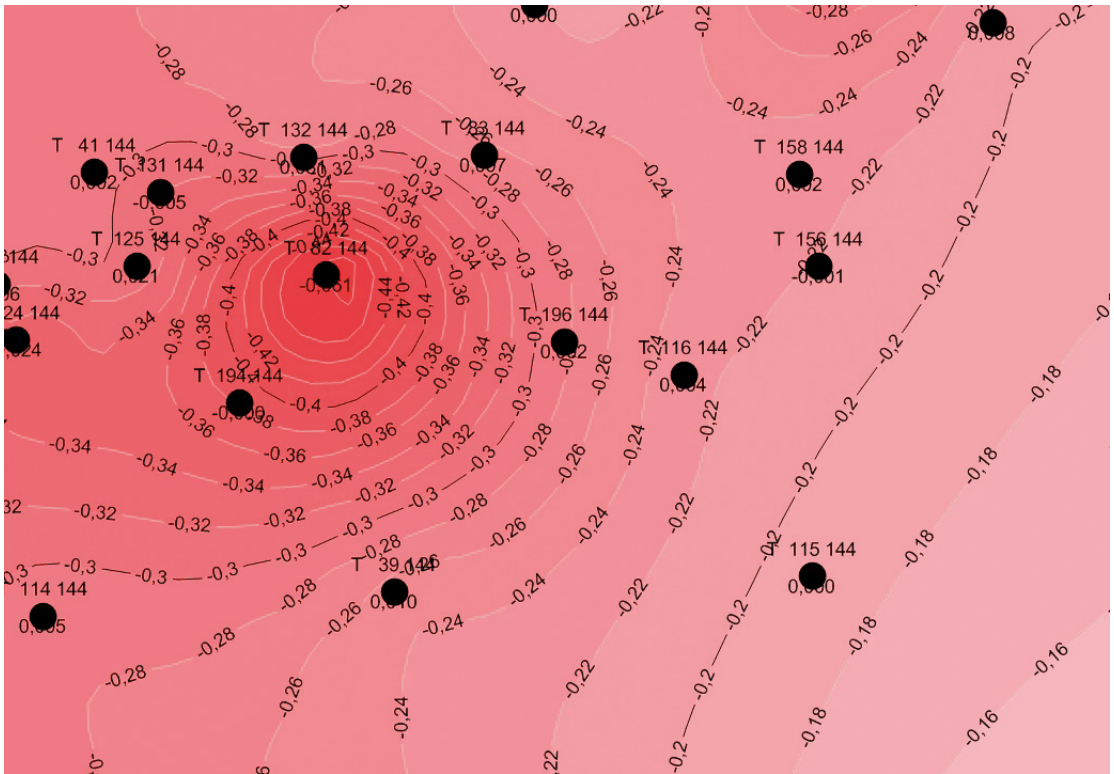


Abb. 5: Visualisierung Y-Komponente des Homogenvektors

Gebrauchshöhe MGI bilden den so genannten Homogenvektor. Der Betrag des Vektors variiert innerhalb Österreichs im Bereich ± 1.5 m. Die einzelnen Komponenten des Homogenvektors werden in eine Interpolationsfläche entwickelt und visualisiert (Abbildung 5). Zeigen sich auffällige Punkte, die nicht zur Umgebung passen, können durch Interpolation eines neuen Homogenvektors neue GK-Koordinaten ermittelt werden. Dabei werden diese Änderungen grundsätzlich nur durchgeführt, wenn die von der Vermessungsverordnung vorgegebene maximale Restklaffung von 5 cm nicht gewährleistet werden kann.

Da jede Änderung von Festpunktkoordinaten per Verordnung ihren Niederschlag im Kataster finden muss, werden die Ergebnisse erst nach einer Prüfung und Freigabe durch die jeweils betroffenen Vermessungsämter für den Kunden freigegeben. Bis zu diesem Zeitpunkt werden sie nur intern geführt.

Die flächenhafte Analyse der Festpunktspannungen im Bereich der Triangulierungspunkte ist bereits abgeschlossen. Derzeit wird auf den Vermessungsämtern daran gearbeitet, die soge-

nannten Einschaltpunkte (Punkte 6. Ordnung) auf Basis der bereinigten Triangulierungspunkte zu analysieren und gegebenenfalls abzuändern.

12. Neue Transformationsfläche

Das GIS-Grid war im Jahr 2010 das erste Produkt des BEV zur flächenhaften Transformation zwischen dem Landssystem MGI und ETRS89. Datengrundlage war damals etwa die Hälfte aller vorhandenen Triangulierungspunkte (ca. 30.000). Die Rasterweite wurde mit 1 km festgelegt. Kleinräumige Inhomogenitäten werden mit dieser Transformationsfläche nicht berücksichtigt, daher ist sie nicht für die Anwendung im Kataster vorgesehen. Die langwelligeren Inhomogenitäten können jedoch sehr gut modelliert werden, was sie für viele großräumige Anwendungen (GIS, Airborne Laserscanning, Photogrammetrie, Fernerkundung, etc.) sehr gut einsetzbar macht.

Inzwischen gibt es wesentlich mehr Modellpunkte, alle heute noch vorhandenen 56.000 Triangulierungspunkte sind für die Berechnung verfügbar. Daher wurde im Jahr 2021 in der Abteilung Grundlagen des BEV mit dem GIS-Grid

2021 eine Neuauflage erstellt, die sämtliche Triangulierungspunkte als Modellpunkte beinhaltet. Damit konnte auch die Rasterweite auf ca. 150 m ($\Delta\phi \times \Delta\lambda = 5'' \times 7''$) reduziert werden. Die Inhomogenitäten des Festpunktfeldes lassen sich mit diesem Produkt wesentlich besser modellieren als mit der ursprünglichen Variante des GIS-Grid.

Die Einschaltpunkte (EP) sind in dieser Transformationsfläche noch nicht enthalten. Die Analyse der Festpunktspannungen der ca. 120.000 Einschaltpunkte ist wie erwähnt derzeit noch im Gange. Eine Transformationsfläche mit sämtlichen Festpunkten, TP und EP, ist daher noch nicht rechenbar. Dies wäre aber für eine Transformationsfläche für den Kataster notwendig. An einer Strategie zu einer schrittweisen Freigabe eines „Katastergrids“ für bereits fertig analysierte Gebiete wird gearbeitet.

13. BEV-Transformator

Der BEV-Transformator ist eine kostenfreie Online-Anwendung des BEV für unterschiedliche Transformationsaufgaben. Die Ergebnisse aus der Homogenisierung des Festpunktfeldes 1.–5. Ordnung sind hier eingeflossen. Der Austrian Mode beinhaltet neben der österreichweiten 7-Parametertransformation auch die Transformationsflächen GIS-Grid sowie die neue Version GIS-Grid 2021. Mit dem Kataster-Mode kann für den Festpunktanschluss einer Vermessungsurkunde eine zweistufige Transformation von ETRS89 nach MGI/GK durchgeführt werden. Dabei kann in der aktuellen Version direkt auf die Festpunktdaten des BEV zugegriffen werden, ohne sie vorher im Webshop erwerben und anschließend importieren zu müssen. Mit diesem Service wird der Festpunktanschluss für Vermessungsurkunden wesentlich vereinfacht.

14. Zusammenfassung und Ausblick

Die Fertigstellung der Homogenisierung war ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einem modernen Bezugssystem. Die Arbeiten zeigten, dass die Beobachtungen der Grundlagenvermessung von hoher Qualität waren, und sich die Ergebnisse der Neurechnung durch aktuelle Nachmessungen in überwiegender Mehrheit bestätigten. Zusätzlich ergab sich aus den Mehrfachmessungen vieler Festpunkte ein Blick in die Geschichte, wodurch die Stabilität der Punkte bewertet werden konnte bzw. weiter bewertet wird. Bodenbewegungen sind immer eine Herausforderung für den Geo-

daten und mit der VermV 2016 wurde das Thema für den Kataster erstmals aufgearbeitet und eine Lösung aufgezeigt. Die aus der Homogenisierung resultierenden ETRS89 Koordinaten sowie jene aus dem Vorhaben „Revue“ (Übermessung der Einschaltpunkte mit APOS) ermöglichen genaue Aussagen über die Inhomogenitäten der Festpunkte. Mit einer flächendeckenden Analyse konnte die Qualität im Festpunktfeld weiter verbessert werden. Die Transformationsfläche GIS-Grid 2021 ermöglicht es den Anwendern diese Daten für viele Anwendungsfälle zu nutzen – am einfachsten im BEV Transformator. Darüber hinaus bietet der BEV Transformator eine zweistufige Transformation im Kataster-Mode, mit der ein komfortabler Anschluss an das Festpunktfeld für Katastervermessungen ermöglicht wird. Eine einheitliche Transformationsfläche für den Kataster ist im Entstehen und wird zukünftig die Transformation von ETRS89 nach MGI weiter vereinfachen.

Referenzen

- [1] *Imrek, E (1991)*: Neurechnung des Festpunktfeldes? – Gründe. EVM Eich- u. Vermessungsmagazin Nr. 63, März 1991.
- [2] *Erker, E. (1997)*: Die Homogenisierung des österreichischen Festpunktfeldes im internationalen Rahmen. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 85. Jg., Heft 2/1997.
- [3] *Titz, H., Höggerl, N., Imrek, E., Stangl, G. (2010)*: Realisierung und Monitoring von ETRS89 in Österreich. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 98. Jg., Heft 2/2010.
- [4] *Pesec, P., Sünkel, H., Erker, E., Imrek, E. und Stangl, G. (1997)*: Das österreichische Geodynamische Bezugssystem AGREF. Realisierung und Ergebnisse. Sonderausgabe des Instituts für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Abteilung Satellitengeodäsie, Graz.
- [5] *BEV (2015)*: 3D-Referenzsysteme in Österreich. https://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/page/bev_portal_content_allgemein/0200_produkte/schnittstellenbeschreibung/systeme_landesvermessung_2015.pdf, 15.02.2022.
- [6] *BEV GIS-Grid*, http://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,2157075&_dad=portal&_schema=portal, 15.02.2022.
- [7] *BEV Transformator*, <https://transformator.bev.gv.at/at.gv.bev.transformator/> 15.02.2022.

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing Jürgen Otter, Abt.V1-Grundlagen, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Wien.

E-Mail: juergen.otter@bev.gv.at