
Unterschrift des Betreuers



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Homogenisierung des Grenzkatasters nach Zusammenlegungsverfahren im nicht spannungsfreien Festpunktfeld

ausgeführt am

Department für Geodäsie und Geoinformation
Forschungsgruppe Geoinformation

der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von

Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Navratil

durch

Pleuni van Hoorne Bsc

Matr.Nr.: 0925784

Hauptstraße 39/1

7092 Winden am See

Wien, August 2017

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Dipl. Ing. Navratil für die hilfreichen Anregungen, die tatkräftige/freundliche Unterstützung und die intensive Betreuung.

Ganz besonders möchte ich mich bei Karl Vlasich (Mitarbeiter von VA Eisenstadt) für seine Hilfsbereitschaft und Bemühungen bedanken. Seine großartige Unterstützung bei der Datenbeschaffung, den Messungen sowie bei speziellen Fragestellungen war eine große Hilfe.

Ein weiterer Dank gilt meinem Bruder, der viel Zeit in die Korrektur meiner Arbeit investiert hat.

Außerdem bedanke ich mich bei meiner Familie und meinem Freund, die mich mit viel Geduld moralisch unterstützt und mir den Rücken gestärkt haben.

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Problem, dass es in einigen Katastralgemeinden im Bezirk Oberpullendorf nach einem eingeleiteten Z-Verfahren (Zusammenlegungsverfahren) erhebliche Spannungen zwischen dem 1961 photogrammetrisch geschaffenen Festpunktfeld und dem 1975 terrestrisch bestimmten Netz der Einschaltpunkte (EP) gibt. Eine zusätzliche Problematik ist, dass alle Grundstücke im rechtsverbindlichen Grenzkataster eingetragen wurden.

In den Jahren 1962-64 fand eine Neuvermessung in den Katastralgemeinden Bubendorf, Deutsch-Gerisdorf und Pilgersdorf statt. Das Festpunktfeld wurde photogrammetrisch bestimmt. 1968 wurde ein Z-Verfahren eingeleitet, dessen Grundlage das photogrammetrisch erstellte Festpunktfeld war. Im Zuge einer weiteren Verdichtung des EP-Netzes wurden erhebliche Spannungen im photogrammetrischen Festpunktfeld festgestellt. Das EP-Feld wurde erweitert, um das Problem zu lösen. Ebenfalls wurde das Festpunktfeld mittels terrestrischer Messungen neu bestimmt. Eine Gegenüberstellung der verschieden eingemessenen Einschaltpunkte ergab Koordinatendifferenzen bis zu 39 cm. Die Fehlervektoren zeigen dabei keine gleichmäßigen Fehlerverteilungen. Obwohl bekannt war, dass es große Spannungen im alten Festpunktfeld gibt, wurden die Grundstücke des Z-Verfahrens 1977 in den Grenzkataster übernommen.

In dieser Diplomarbeit sollen Lösungsvorschläge zur Homogenisierung der Grenzpunkte aufgezeigt werden und diese Methoden auf ihre Einsetzbarkeit untersucht werden. Zu diesem Zweck werden Messungen ausgewählter Grenzpunkte vorgenommen und diese mit den Ergebnissen aus den Berechnungsverfahren verglichen. Der Prozess beschränkt sich auf die Katastralgemeinde Pilgersdorf, da diese Katastralgemeinde die größten Koordinatendifferenzen aufweist.

Bei der Analyse der gemessenen Grenzpunkte ist aufgefallen, dass sie oft in eine willkürliche Richtung zeigen. Mögliche Gründe, wie Fehler in der Vermarkung, verschobene oder falsch wiederhergestellte Grenzmarkierungen sowie Unklarheiten über die Aufnahmetechnik für die Grenzpunkte, wurden gefunden. Aus diesen Gründen konnte keine vernünftige Aussage über die Qualität der Messergebnisse getroffen werden, wodurch eine generelle Neuaufnahme der Grenzpunkte nicht sinnvoll wäre. Die Ergebnisse der Berechnungsmethoden zeigen einige Unterschiede auf und sind oft nicht zufriedenstellend. Eine mögliche Lösung wäre aber die kontinuierliche Verbesserung der Grenzpunkte mit der Shepard-Methode bei jeder neuen Detailvermessung.

Abstract

This diploma thesis deals with the problem that in some cadastral communities in the region of Oberpullendorf there is considerable tension between the 1961 photogrammetrically generated fixed-point field and the 1975 terrestrial-determined EP-network. An additional problem is that all sites are registered in the obligatory boundary cadastre.

In the years 1962-64, a resurvey took place in the cadastral communities of Bubendorf, Deutsch-Gerisdorf and Pilgersdorf. The fixed-point field was determined photogrammetrically. In 1968, a land consolidation was initiated based on the fixed photogrammetry field. During a further increase of the EP network substantial tensions in the photogrammetric fixed-point field were determined. To solve the problem, the EP field has been extended. The fixed-point field was also determined by terrestrial measurements. A comparison of the different measured points resulted in coordinate differences up to 39 cm. The fault vectors do not show uniform error distributions. Although it was known that there were great tensions in the old fixed-point field, the sites of the land consolidation 1977 were taken over into the boundary cadastre.

In this thesis, solutions for the homogenization of the boundary points will be demonstrated and examined for their applicability. For this purpose, measurements of selected boundary points are made and compared with the results from the calculation methods. The process will be restricted to the cadastral community Pilgersdorf, because it has the largest coordinate differences.

In the analysis of the measured boundary points it was noticeable that they often point in an arbitrary direction. Possible reasons, like errors in the survey marking, moved or wrong restored border markings as well as uncertainties about the recording technique for the boundary points, were found. For these reasons, no reasonable statement could be made about the quality of the measuring results by which a general new survey of the boundary points would not make sense. The results of the calculation methods show some differences and are often unsatisfactory. However, a possible solution would be the continuous improvement of the boundary points with the Shepard method with every new detail measurement.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Kurzfassung	II
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziele der Arbeit	1
1.3 Gliederung der Arbeit.....	2
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Kataster	3
2.1.1 Historischer Überblick des Katasters.....	3
2.1.2 Organisation.....	5
2.1.3 Katastersystem	6
2.2 Zusammenlegungsverfahren.....	9
2.2.1 Allgemeines.....	9
2.2.2 Behördenorganisation.....	12
2.2.3 Rechtliche Grundlagen	13
2.2.4 Ablauf.....	14
2.3 System der Landesvermessung	17
2.3.1 Festpunktfeld	18
2.3.2 Räumliche Inkonsistenzen	21
2.3.3 MGI.....	24
2.3.3.1 Projektionssystem Gauß-Krüger	24
2.3.4 ETRS89	25
2.3.4.1 Projektionssystem UTM	28
2.3.5 Gegenüberstellung von MGI und ETRS89.....	28
2.3.6 Umrechnung zwischen MGI und ETRS89	29

3	Präzisierung der Problemstellung	31
3.1	Problemstellung.....	31
3.2	Lösungsansätze.....	33
3.2.1	Affin-Transformation.....	33
3.2.2	Inverse Distance Weighted Methode.....	34
3.2.3	Rubber-Sheeting	35
4	Praktische Umsetzung.....	37
4.1	Untersuchungsgebiet	37
4.2	Daten über das Festpunktfeld.....	37
4.3	Datenakquisition.....	40
4.4	Auswertung.....	42
4.4.1	Affin-Transformation.....	43
4.4.2	Affin-Transformation mit Abstandsgewichte	44
4.4.3	Maschenweise Affin-Transformation.....	45
4.4.3.1	Analyse der transformierten Schnittpunkte	47
4.4.4	Inverse Distance Weighted Methode.....	51
5	Vergleich der Ergebnisse	52
5.1	Vergleich der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte	52
5.2	Vergleich transformierte und APOS-gemessene Grenzpunkte	56
5.3	Analyse bei Kommassierungsgrenze.....	61
6	Diskussion.....	65
	Literaturverzeichnis.....	VI
	Abbildungsverzeichnis.....	X
	Tabellenverzeichnis.....	XII
	Anhang.....	XIII

1 Einleitung

1.1 *Motivation*

Im Bezirk Oberpullendorf wurde in den Katastralgemeinden Bubendorf, Deutsch-Gerisdorf und Pilgersdorf in 1968 das Verfahren der Zusammenlegung landwirtschaftlicher Grundstücke eingeleitet. Die Grundlage für die Aufnahme bildete das photogrammetrisch erstellte Festpunktfeld 6. Ordnung. Im Zuge einer weiteren Verdichtung des Netzes der Einschaltpunkte (EP) durch das vom Vermessungsamt Oberpullendorf eingeleiteten TNA-Verfahrens (Teilweise NeuAnlegung des Grenzkatasters) in 1970, wurden erhebliche Spannungen im photogrammetrischen Festpunktfeld festgestellt. Aufgrund der umfangreichen Spannungen im Netz wurde in 1975 angeordnet, das Festpunktfeld mittels terrestrischer Methode neu zu bestimmen. Eine Gegenüberstellung der 1961 photogrammetrisch gemessenen und 1975 terrestrisch bestimmten Einschaltpunkte ergab Koordinatendifferenzen bis zu 39 cm. Die Fehlervektoren zeigen dabei keine gleichmäßigen Fehlerverteilungen.

Obwohl bekannt war, dass es große Spannungen im alten Festpunktfeld gibt, wurden die Grundstücke des Zusammenlegungsverfahrens 1977 in den rechtsverbindlichen Grenzkataster übernommen. Bis heute konnte keine Lösung zur Beseitigung der Fehler gefunden werden.

1.2 *Ziele der Arbeit*

Im Rahmen dieser Arbeit soll untersucht werden, ob mittels geeigneter Interpolationsverfahren die Spannungen zu einem großen Teil gelöst werden können. Dabei werden verschiedene Transformations- bzw. Interpolationsalgorithmen anhand der Katastralgemeinde Pilgersdorf getestet und auf ihre Einsetzbarkeit geprüft. Ebenfalls sollen ausgewählte Grenzpunkte mittels APOS gemessen und mit den Ergebnissen der getesteten Berechnungsmethoden verglichen werden. Als Ergebnis der Arbeit sollte ein Lösungsvorschlag zur Berichtigung der Grenzpunkte aufgezeigt werden.

1.3 Gliederung der Arbeit

Das folgende Kapitel 2 beschäftigt sich mit den für diese Arbeit relevanten theoretischen Grundlagen. Es gibt jeweils ein Unterkapitel über den Kataster, über das Zusammenlegungsverfahren und über das System der Landesvermessung.

In Kapitel 3 wird die Problematik genauer beschrieben. Des Weiteren werden die theoretischen Grundlagen der in der Arbeit einzusetzenden Methoden beschrieben.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der praktischen Umsetzung der gestellten Aufgabe. Mit den Vorherhebungen der Festpunkte beginnend, werden alle Schritte wie die Messung der Grenzpunkte bis zur Auswertung der Methoden sukzessiv erläutert.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der einzelnen Berechnungen gegenübergestellt. Ebenfalls werden die gemessenen Grenzpunkte untersucht sowie mögliche Probleme bei der Neuberechnung der Grenzpunkte aufgezeigt.

Im letzten Kapitel werden die in der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst und mögliche weitere Untersuchungen vorgeschlagen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 *Kataster*

Der Kataster sammelt und registriert administrative und räumliche Daten von Grundstücken und deren Rechte. Der Kataster wurde im europäischen Raum vor vielen Jahren aus Gründen der Grundstücksbesteuerung eingeführt. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dem Kataster von Österreich. Anfangs wird kurz auf die Geschichte eingegangen. Anschließend werden die Organisation und das Katastersystem beschrieben.

2.1.1 **Historischer Überblick des Katasters**

Die Wurzel der systematischen Katastervermessung in Österreich begann in 1718 mit dem Mailänder Kataster. Sie wurde in den italienischen Provinzen eingeführt, um nach dem Spanischen Erbfolgekrieg die österreichischen Staatskassen zu füllen und basierte auf einer Vermessung sowie einer zeichnerischen Darstellung (Abart et al. 2011, S. 78).

Maria Theresia erkannte die Notwendigkeit, das gesamte Steuerwesen zu reformieren. Mit dem Patent vom 5. September 1747 verfügte sie, dass jeder Grund, der vor 1732 Rustikalgrund war, auch weiterhin Bauernland bleiben soll und bei der kommenden Steuerrektifikation als solche angegeben werden soll. Sie versuchte damit, die Steuerpflicht zwischen den Grundherren und Bauern gerechter zu verteilen. Die sogenannte „*Theresianische Steuerrektifikation*“ wurde in 1748 eingeleitet und in 1756 beendet (Lego 1967, S. 14). Die dabei entstandenen Grundlagen wurden als „*Theresianischer Kataster*“ bezeichnet. Dieser Kataster basierte auf den Selbstbekenntnissen der Grundeigentümer und deren Kapitalschätzungen. In Ausnahmefällen gab es eine Katastralvermessung und Mappierung (Abart et al. 2011, S. 79).

Kaiser Josef II. setzte die begonnenen Reformen seiner Mutter Maria Theresia fort (Twaroch et al. 2016, S. 120). Er strebte nach einem einheitlichen und gerechten Steuersystem aufgrund der Bodenerträge der Grundstücke, unabhängig davon wer der Grundbesitzer (Adel, Kirche, Staat oder Bauer) war (Lego 1967 S. 16). Zu diesem Zweck wurden die ertragsfähigen Grundstücke „[...] in jeder Gemeinde durch die Gemeindefunktionäre (Dorfrichter und 6 Geschworene) unter Mitwirkung der Grundbesitzer [...]“ ausgemessen (Lego 1967, S. 17). Am 01.11.1789 trat dann der Josephinischer Kataster in Kraft, wurde aber von seinem Nachfolger Leopold II. aufgrund des Drucks der

Großgrundbesitzer ein halbes Jahr später aufgelöst. Damit trat der Theresianische Kataster mit einigen Abänderungen wieder in Kraft (Abart et al. 2011, S. 79).

Die Basis für den heutigen Grundsteuerkataster schaffte Kaiser Franz I. in 1817 mit dem kaiserlichen Grundsteuerpatent. Damit soll ein allgemeines, gleichförmiges und stabiles Katastersystem für die gesamte Monarchie geschaffen werden. Es entstand der „*Stabile Kataster*“ bzw. der „*Franzische Kataster*“ (Twaroch et al. 2016, S. 125). Die Aufnahme jeder Parzelle des Landes begann 1817 und wurde 1861 abgeschlossen (Mansberger et al. 2016, S. 178). Laut Twaroch et al. (2016, S. 125) sind die Grundsätze des Grundsteuerpatentes:

- *„Gerechte Besteuerung ohne Rücksicht auf die persönliche Stellung des Grundbesitzers.“*
- *„Besteuerung (nur) des Reinertrags, der durch Schätzung der Bodengüte ermittelt wird.“*
- *„Flächenmäßige Erfassung aller Grundstücke durch Vermessung und planliche Darstellung in der Katastralmappe in einem durch Triangulation ermittelten landesweit einheitlichen Koordinatensystem.“*

Bei der Vermessung wurden nicht nur die ertragsfähigen Grundstücke ermittelt, sondern auch die niedrig besteuerten (z. B. Wald) und steuerfreien Flächen (z. B. Verkehrsflächen und Ortsriede). Die Flächen wurden aber nur ungenau vermessen, da sie nur der Vollständigkeit halber aufgenommen wurden (Mansberger et al. 2016, S. 178).

Bevor mit der sogenannten Detailvermessung angefangen werden konnte, wurde das bereits vorhandene Militär-Triangulationsnetz verdichtet, sodass pro Quadratmeile drei trigonometrische Punkte vorhanden waren (Abart et al. 2011, S. 81f). Ebenfalls wurden – um Verzerrungen gering zu halten – acht rechtwinkelige, ebene und voneinander unabhängige Koordinatensysteme in Österreich geschaffen (Mansberger et al. 2016, S. 78).

Für jedes Grundstück einer Gemeinde erfolgten eine Vermessung, eine grafische Darstellung in den Katastralmappen und die Bestimmung der Flächeninhalte sowie deren Ausweisung in den Grundstücksverzeichnissen. Die Detailaufnahme wurde mittels Messtisch durchgeführt (Abart et al. 2016, S. 97). Diese Detailvermessung enthielt die Vermessung der Gemeindegrenzen, der Grenzen der einzelnen Parzellen und der fixen Objekte wie Brücken, Eisenbahnen, Straßen und Wege als auch Ufer der Gewässer (Abart et al. 2016, S. 82). In Abbildung 2.1 ist ein Beispiel einer Originalmappe des Franzischen Katasters zu sehen.

Mit dem Grundsteuerpatent war auch vorgesehen, jeden Eigentumswechsel sowie alle Veränderungen im Umfang der Steuerobjekte aktuell zu halten. Er basierte aber nur auf

Abbildung 2.1: Mappe des Franziszeischen Kataster im Bereich Villach (Quelle: www.bev.gv.at)



dem Prinzip der freien Anmeldung (Lego 1967, S. 53). „Dieser mangelhaften Evidenzhaltung wegen wurde im § 35 des Grundsteuerregelungsgesetzes von 1869 eine außerordentlich umfangreiche Reambulierung des Stablen Katasters mit Ausnahme von Tirol angeordnet. Auch wurde im § 6 dieses Gesetzes Vorsorge getroffen, daß ein besonderes Gesetz für eine für eine künftige Evidenzhaltung des Grundsteuerkatasters erlassen werde“ (Lego 1967, S. 53). Die gesetzliche Grundlage für die Fortführung des „Stablen Katasters“ wurde 1883 mit dem Evidenzerhaltungsgesetz verfügt (Lego 1967, S. 53). „Dieses Gesetz regelte die gegenseitige Verständigungspflicht zwischen Kataster und Grundbuch sowie die „Evidenzhaltung“ des Katasters“ (Mansberger et al. 2016, S. 184). Dabei wurden Besitzänderungen, Objektänderungen (z.B. Änderung der Gemeindegrenzen) und Berichtigung von Vermessungs- und Berechnungsfehlern evident gehalten (Lego 1967, S. 42). Das Evidenzhaltungsgesetz wurde mit der Einführung des Vermessungsgesetzes in 1969 formal außer Kraft gesetzt (Kloiber & Schwarzinger 1983, S. 39). Mit dem Vermessungsgesetz wurde auch der Grenzkataster eingeführt, mit dem Zweck die Eigentums Grenzen gesetzlich zu sichern (Mansberger et al. 2016, S. 185).

2.1.2 Organisation

In Österreich ist das Vermessungswesen in Gesetzgebung und Vollziehung Bundessache. „Zentrale Rechtsgrundlage ist das Bundesgesetz über die Landesvermessung und den Grenzkataster“ (Abart et al. 2011, S. 105). Der Bund ist für die Kataster- und Grundbuchsführung sowie für die Grundsteuerfestlegung zuständig (Abart et al. 2011, S. 105).

Das System der Eigentumsdefinition für Grund und Boden besteht aus Kataster und Grundbuch (Abart et al. 2017, S. 23). Ihre Aufgaben und Zusammenwirkung werden im nächsten Kapitel noch genauer erklärt. Der Kataster ist in drei „Instanzen“ gegliedert. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWF) ist für den Kataster zuständig. Es entscheidet als letzte Instanz und erlässt die grundlegenden Durchführungsverordnungen (Abart et al. 2017, S. 104f).

Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) ist dem BMWFW unterstellt. Der zentrale Sitz des BEV ist in Wien. Sie ist in verschiedene Gruppen gegliedert, nämlich Eichwesen, Vermessungswesen, sowie Eich- und Vermessungsämter. Sie werden von den Stabsbereichen Recht und Ressourcen, sowie Information und Marketing unterstützt. Das BEV hat ein Aufsichts- und Weisungsrecht gegenüber den Vermessungsämtern. Die Aufgaben des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen sowie deren nachgeordneten Vermessungsämtern können im Vermessungsgesetz (VermG) nachgelesen werden. Es gibt insgesamt 41 Vermessungssprengel verteilt über ganz Österreich (Abart et al. 2017, S. 104-110).

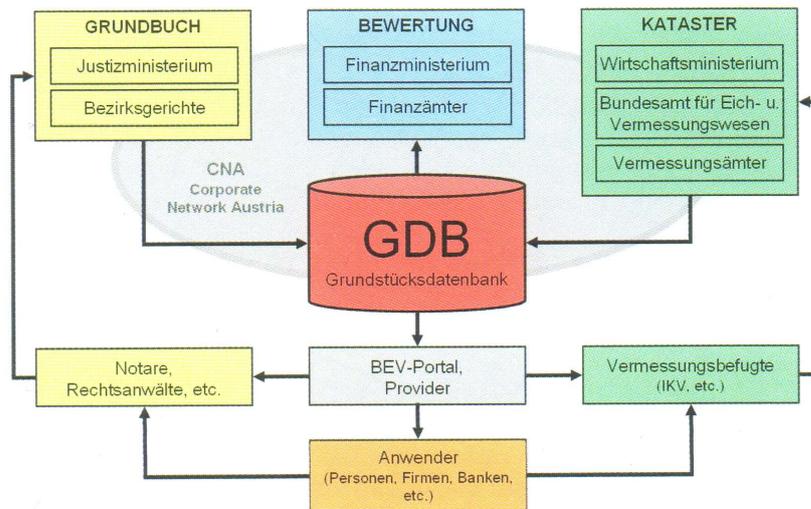
Neben den Vermessungsbehörden, haben Vermessungsbefugte die Erlaubnis Grenzvermessungen im Sinne des VermG durchzuführen. Vermessungsbefugte sind z. B. private Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen, Agrarbehörden, bestimmte Bundes- und Landesdienststellen sowie durch Verordnung ermächtigte Gemeinden (Abart et al. 2017, S. 113).

Das Grundbuch wird von den jeweiligen Bezirksgerichten geführt, das dem Justizministerium unterstellt ist. Bezirksgerichte arbeiten ohne Einfluss von höheren Gerichten oder benachbarte Bezirksgerichte. Die höheren Gerichte werden nur dann eingeschaltet, wenn Personen nicht der Entscheidung des Bezirksgerichtes zustimmen und eine Beschwerde gegen die Entscheidung erheben. Diese höheren Gerichte sind die Gerichte erster Instanz (Landesgericht), Gerichte zweiter Instanz (Oberlandesgericht) und das höchste Gericht (Oberster Gerichtshof) (Navratil 1998, S. 13).

2.1.3 Katastersystem

In Österreich werden der Kataster und das Grundbuch getrennt geführt. Gemeinsam bilden sie ein System der Eigentumssicherung an Grund und Boden (Abart et al. 2011, S 25). Die Daten aus Kataster und Grundbuch werden in die Grundstücksdatenbank verknüpft, die im Internet für jedermann aufrufbar sind (Abart et al. 2011, S. 219). In Abbildung 2.2 ist der Aufbau und sind die Zusammenhänge der Grundstücksdatenbank ersichtlich.

Abbildung 2.2: Aufbau der Grundstücksdatenbank (Quelle: Abart et al. 2011, S. 219)



Die Aufgaben des Katasters sind vor allem im Vermessungsgesetz und in der Vermessungsverordnung geregelt. Im Vermessungsgesetz sind die Aufgaben und Führung des Grenzkatasters festgelegt, sowie die Beziehungen zwischen Grundbuchgericht und Finanzbehörde. Es beschreibt ebenfalls, wie Grenzvermessungen ablaufen sollen. In der Vermessungsverordnung sind zusätzliche Anweisungen zum Grenzkataster geregelt (www.meingrundstueck.at).

Im Allgemeinen Grundbuchsgesetz (GBG) wird das Grundbuch definiert, welche Arten der Eintragungen es gibt, und die Verfahren in Grundbuchsachen werden beschrieben. Des Weiteren gibt es noch andere Gesetze, die das Grundbuch regeln, wie Allgemeines Grundbuchsanklegungsgesetz, Allgemeine Grundbuchsanklegungsverordnung, Grundbuchsumstellungsgesetz und Liegenschaftsteilungsgesetz (Navratil 1998, S. 8f).

Der Kataster ist eine öffentliche Einrichtung und deren Zuständigkeit liegt bei der Vermessungsbehörde, die dem Wirtschaftsministerium unterliegt. Der Kataster zeigt die tatsächlichen Grundstücksverhältnisse. Sofern die Grundstücke nur im Grundsteuerkataster eingetragen sind, sind die ersichtlichen Grenzen nicht verbindlich. Wie der Name schon verrät, diente dieser Kataster als Grundlage für die Berechnung der Steuerlasten. Sie dokumentieren unverbindlich Form und Ausmaße der Grundstücke (www.meingrundstueck.at). Im Jahre 1969 wurde der Grenzkataster im Vermessungsgesetz eingeführt. Laut Vermessungsgesetz § 8 ist der Grenzkataster bestimmt:

1. zum verbindlichen Nachweis der Grenzen der Grundstücke,
2. zur Ersichtlichmachung

- a. der Benützungsarten und weiteren Unterteilungen gemäß § 10 Abs. 2 (Nutzungen),
 - b. der Flächenausmaße,
 - c. der vermessungsbehördlich bescheinigten Änderungen des Katasters,
 - d. sonstiger Angaben zur leichteren Kenntlichmachung der Grundstücke und
3. zur Ersichtlichmachung der geocodierten (raumbezogenen) Adressen der Grundstücke und der darauf befindlichen Gebäude.

Im Gegensatz zum Grundsteuerkataster ist bei Unklarheiten bzw. Streitigkeiten der Grenzen nicht das Gericht zuständig, sondern das Vermessungsamt. Diese stellen gemäß den vorhandenen technischen Unterlagen, den „*Papierstand*“, in die Natur dar, d. h. eine Rückübertragung des Grenzverlaufes in die Natur aufgrund technischer Unterlagen (www.bev.gv.at). Ebenfalls ist eine Ersitzung von Teilen eines Grundstückes ausgeschlossen (§ 50 VermG).

Voraussetzung einer Umwandlung des Grundsteuer- in den Grenzkataster ist eine Zustimmung aller betroffenen Anrainer zum Grenzverlauf, einen Anschluss der Grenzpunkte an das Festpunktfeld und eine Dokumentation in einer öffentlichen Urkunde. „*Unter der Umwandlung versteht man die Einverleibung von Grundstücken in den Grenzkataster und damit die Schaffung eines verbindlichen Grenznachweises*“ (Abart et al. 2017, S. 133).

Es gibt zwei unterschiedliche Verfahren um den Grundsteuer- in den Grenzkataster umzuwandeln, nämlich die „*Allgemeine Neuanlage des Grenzkatasters*“ (ANA) und die „*Teilweise Neuanlage des Grenzkatasters*“ (TNA). Derzeit sind rund 16% der Grundstücke Österreichs in den Grenzkataster einverleibt worden (Abart et al. 2017, S. 134). Bei der allgemeinen Neuanlage werden alle Grundstücke einer Katastralgemeinde in den Grenzkataster umgewandelt. Dieses Verfahren wird angewandt, wenn nur noch wenige Grundstücke im Grundsteuerkataster enthalten sind (und diese in einem wirtschaftlich vertretbaren Zeitraum umgewandelt werden können) oder um einen vernichteten oder unbrauchbar gewordenen Grenzkataster wiederherzustellen (Abart et al. 2011, S. 138). „*Bei der „Teilweisen Neuanlage des Grenzkatasters“ (TNA) einer Katastralgemeinde erfolgt die Umwandlung grundstücksweise auf Antrag des Grundeigentümers oder im Zusammenhang mit einer für andere Zwecke erfolgten Grenzvermessung (Teilung, Zusammenlegung landwirtschaftlicher Grundstücke etc), wenn die Grenzen des Grundstücks zur Gänze vermessen wurden und alle Nachbarn dem Grenzverlauf in Form einer „Zustimmungserklärung“ zugestimmt haben*“ (Abart et al. 2017, S. 134).

Nach der Einverleibung in den Grenzkataster sind die Grundstücke im Grundstücksverzeichnis durch den Indikator „G“ ersichtlich und in der Katastralmappe

durch Unterstreichen der Grundstücksnummer mit drei kurzen Linien (Abart et al. 2017, S. 134).

Bestandteile des Katasters sind das Grundstücksverzeichnis (beschreibender Teil), die Katastralmappe (darstellender, grafischer Teil), das Koordinatenverzeichnis (Zahlennachweis des Vermessungswerkes), Geschäftsregister (Nachweis der Eintragungsgrundlagen) und Adressregister (Abart et al. 2017, S. 137).

Das Grundbuch ist ein öffentliches Register und wird von den Bezirksgerichten geführt, die dem Justizministerium unterliegt. Sie dient als Nachweis über die dinglichen Rechte (Eigentum, Pfandrechte, Dienstbarkeiten und Reallasten, etc.), die auf den Grundstücken gelten. Durch die Eintragung in das Grundbuch können die dinglichen Rechte erworben werden. Bestandteile des Grundbuchs sind das Hauptbuch (enthält aktuelle Grundbucheintragungen), das Lösungsverzeichnis (Verzeichnis der gelöschten Eintragungen) und die Urkundensammlung (Sammlung der Urkunden, welche Grundlage für die Eintragungen bildet). Die Urkunden werden elektronisch gespeichert. Ebenfalls gibt es ein Hilfsverzeichnis (www.justiz.gv.at).

2.2 Zusammenlegungsverfahren

Im folgenden Unterkapitel soll ein kurzer Überblick über die Entwicklung des Zusammenlegungsverfahrens gegeben werden. Ebenfalls wird das vereinfachte Verfahren, die Flurbereinigung, kurz vorgestellt. Nachfolgend wird auf die Organisation der Behörde eingegangen. Anschließend werden die Rechtsvorschriften bzw. die Gesetze der agrarischen Operationen aufgezählt. Abschließend werden die Schritte dieses Verfahrens beschrieben.

2.2.1 Allgemeines

In den letzten Jahrzehnten haben sich die Ziele und Aufgaben der Grundzusammenlegung immer wieder verändert. Anfangs sollten mit dem Verfahren die Strukturängel, wie der zersplitterte Grundbesitz, beseitigt werden (Liebel et al. 1986, S. 9). Diese Mängel entstanden unter anderem durch den „[...] Übergang von einer feudalen zu einer privaten, marktwirtschaftlich ausgerichteten Eigentumsordnung im Zuge der Grundentlastung 1848 [...]“ (Seher & Mansberger 2014, S. 142). Ebenfalls spielten die Erbteilung sowie die im Mittelalter eingeführte Dreifelderwirtschaft eine Rolle bei der Zersplitterung des Grundbesitzes. In der Dreifelderwirtschaft durfte auf einem Feld im ersten Jahr Wintergetreide, im zweiten Jahr Sommergetreide angebaut werden und im dritten Jahr lag dieser Teil brach (Liebel et al. 1986, S. 9).

Durch den zunehmenden Einsatz von Maschinen in der Landwirtschaft sollte eine effizientere Bewirtschaftung ermöglicht werden. Das heißt, kleine und unregelmäßig geformte Grundstücke sollten beseitigt werden, sowie ein zeitgemäßes Wegenetz geschaffen werden (Neubauer 2012, S. 5). Abbildung 2.3 zeigt ein Beispiel, wie die Zersplitterung durch ein Zusammenlegungsverfahren gelöst werden kann. Vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg, als die Entwicklung sehr rasant voranschritt, wandelten sich die Anforderungen an der Kommissierung. Das agrarpolitische Ziel „[...] war zuerst die Überwindung des Hungers und danach die Sicherung einer vom Ausland möglichst unabhängigen Ernährungsbasis [...]“ durch die Gewinnung von Nutzflächen (Mayrhofer 1988, S. 110).

In den letzten Jahren hat sich das Grundzusammenlegungsverfahren von einem ausschließlich landwirtschaftlich genutzten Instrument zu einem multifunktionalen Verfahren entwickelt (Seher & Mansberger 2014, S. 144). „Es geht zunehmend darum, Kommissierungsverfahren mit einer wesentlich erweiterten Zielsetzung durchzuführen, also sowohl die nach wie vor notwendige agrartechnische Verbesserung der Fluren zu erreichen, als auch auf Produktivität und das ökologische Gleichgewicht des ländlichen Raumes langfristig zu erhalten, zu sichern und wiederherzustellen. Insgesamt geht es darum, ökonomische und ökologische Notwendigkeiten endlich gesamtheitlich und gleichberechtigt im Verfahren zu praktizieren“ (Liebel et al. 1986, S. 10). Dabei soll auf die verschiedenen Interessensgruppen Rücksicht genommen werden, wobei jede Interessensgemeinschaft einen Bedarf an Fläche hat. Die Landwirte möchten neu geformte Grundstücke mit einem zeitgemäßen Wegenetz, um eine Bewirtschaftung zu erleichtern und durch den geringeren Arbeitsaufwand, kürzere Wegstrecken und Energieeinsparung Kosten zu sparen. Die Gemeinde möchte Umfahrungen realisieren, Bau- und Gemeindegewerbegebiete festlegen, sowie Straßenanlagen erweitern (Neubauer 2012, S. 5f). Das Land benötigt Flächen für überörtliche Verkehrsinfrastrukturprojekte oder für Wasserbaumaßnahmen, wie Hochwasserschutz oder Gewässerentwicklung (Kraus 1997, S. 11). Naturschutz, Tourismus und Naherholung benötigen ebenfalls Flächen (Seher 2015, S. 366).

Der große Vorteil der Grundzusammenlegung liegt laut Seher (Seher 2014, Folie 18) „[...] in der Bodenmobilität und in der Möglichkeit, eigentumsbezogene Landnutzungskonflikte (auch durch hoheitliche Maßnahmen) zu lösen“. Ebenfalls können die Maßnahmen im öffentlichen Interesse integriert werden, die aber von der Verfügbarkeit der notwendigen Flächen für außerlandwirtschaftliche Nutzungen abhängig sind (Seher 2014, Folie 18).

Im Flurverfassungs-Grundsatzgesetz (FIVfGG) § 1 werden die Ziele und Aufgaben der Zusammenlegung definiert. Im § 1 Abs 1 FIVfGG steht: „Im Interesse der Schaffung und Erhaltung einer leistungsfähigen Landwirtschaft können die Besitz-, Benützungs- und Bewirtschaftungsverhältnisse im ländlichen Lebens- und Wirtschaftsraum durch Neueinteilung und Erschließung des land- und forstwirtschaftlichen Grundbesitzes sowie Ordnung der

Gemäß § 1 Abs 2 FIVfGG sollen die Nachteile abgewendet, gemildert oder behoben werden, um das Ziel zu erreichen. Diese werden einerseits verursacht durch die Mängel der Agrarstruktur, wie

- Zersplitterter Grundbesitz
- Ganz oder teilweise eingeschlossene Grundstücke
- Ungünstige Grundstücksformen
- Unwirtschaftliche Betriebsgrößen
- Beengte Orts- oder Hoflage
- Unzulängliche Verkehrserschließung
- Ungünstige Geländeformen und Wasserverhältnisse
- Unzureichende naturräumliche Ausstattung

Andererseits entstehen die Nachteile durch die Maßnahmen im allgemeinen öffentlichen Interesse, wie z. B. die Errichtung von Eisenbahnen und Straßen, Wasserversorgungsanlagen, Hochwasser- bzw. Lawinenschutzbauten.

Die Grundzusammenlegung ist eine der Maßnahmen und Instrumente der Bodenreform. Weitere Maßnahmen sind Teilung und Regulierung von Agrargemeinschaften, Wald- und Weidenutzungsrechte (Einforstungsrechte), land- und forstwirtschaftliche Bringungsrechte sowie landwirtschaftliche Siedlungsverfahren (BMLFUW 2014). Die Bodenreform versucht die gegebenen Bodenbesitz-, Benützung- oder Bewirtschaftungsverhältnisse den veränderten sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen anzupassen (Kraus 1997, S. 6; Seher & Mansberger 2014, S. 143).

Eine Möglichkeit zur Vereinfachung des Verfahrens ist das Flurbereinigungsverfahren. Dieses kann angewendet werden, wenn ein kleineres Gebiet oder eine niedrige Anzahl von land- und forstwirtschaftlichen Betrieben betroffen ist, und wird mit Bescheid eingeleitet (BMLFUW 2014). In Österreich hat der Begriff „*Kommassierung*“ die gleiche Bedeutung wie „*Grundzusammenlegung*“. In Deutschland und in der Schweiz wird aber die Bezeichnung „*Flurbereinigung*“ verwendet, was in Österreich das kleine Verfahren ist (Neubauer 2012, S. 5).

2.2.2 Behördenorganisation

Laut Binder & Trauner (2014, S. 246) ist die Agrarbehörde „[...] eine Landesbehörde, die außerhalb der allgemeinen staatlichen Verwaltung in Angelegenheiten der land- und forstwirtschaftlichen Bodenreform [...] tätig ist.“ Die Organisationsform der Agrarbehörde weist in den einzelnen Bundesländern Unterschiede auf. Sie verfügen aber alle über

mehrere Abteilungen, die in einen technischen und rechtlichen Bereich aufgeteilt sind (Seher & Mansberger 2014, S. 143). Als Behörde erster Instanz kann der Landesgesetzgeber entweder eigene Agrarbezirksbehörden (NÖ, Vbg.) einrichten oder die Zuständigkeit dem Amt der jeweiligen Landesregierung als Verwaltungsbehörde (Bgl., Ktn., Stmk, Sbg., T, W, OÖ) übertragen (Binder & Trauner 2014, S. 246).

Mit der Verwaltungsgerichtsbarkeits-Novelle 2012 wurden mit 1. Januar 2014 die Landesagrarsenate als zweite Instanz und die Obersten Agrarsenate beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft als dritte Instanz aufgelöst. Die zu erledigenden Aufgaben werden stattdessen von den Landesverwaltungsgerichten übernommen. Dadurch wird der administrative Instanzenzug grundsätzlich abgeschafft, d. h. gegen die Bescheide der Agrarbehörde können an das jeweilige Landesverwaltungsgericht Beschwerde erhoben werden (BMLFUW 2014).

2.2.3 Rechtliche Grundlagen

In Österreich sind gemäß Art. 12 Abs. 1 Z 3 B-VG (Bundes-Verfassungsgesetz) die Angelegenheiten der land- und forstwirtschaftlichen Bodenreform in der Gesetzgebung über die Grundsätze Bundessache. Die Erlassung von Ausführungsgesetzen und die Vollziehung fallen in die Zuständigkeit der einzelnen Bundesländer.

Die geltenden Rechtsvorschriften über die Grundzusammenlegung (bzw. Flurbereinigung) sind im Flurverfassungs-Grundsatzgesetz 1951 bzw. in den jeweiligen Ausführungsgesetzen der Länder geregelt (Kraus 1997, S. 7).

Solange nichts anderes bestimmt wurde, gelten im Verfahren in den Angelegenheiten der Bodenreform vor der Agrarbehörde die Vorschriften des Allgemeinen Verwaltungsverfahrensgesetzes 1991 (§ 1 Agrarverfahrensgesetz).

Folgende Gesetze regeln die agrarischen Operationen, die auf die Grundlage des Allgemeinen Verwaltungsverfahrensgesetzes 1991 aufbauen (BMLFUW 2014):

- Agrarverfahrensgesetz 1950
- Flurverfassungs-Grundsatzgesetz 1951
- Wald- und Weideservituten-Grundsatzgesetz 1951
- Güter- und Seilwege-Grundsatzgesetz 1967
- Landwirtschaftliches Siedlungs-Grundsatzgesetz 1967

2.2.4 Ablauf

Vorerhebungen/ Einleitung des Verfahrens

Das Zusammenlegungsverfahren (Z-Verfahren) wird von Amts wegen mittels Verordnung eingeleitet und das Flurbereinigungsverfahren mit Bescheid (www.noe.gv.at). Voraussetzung (in der Praxis) dafür ist, dass mindestens 50 % der Grundeigentümer des betroffenen Gebietes der geplanten Kommassierung mit einem Antrag zustimmen, um eine möglichst große Akzeptanz zu erzielen (Liebel et al. 1986, S. 13; Kraus 1997, S. 34).

Bevor mit dem Verfahren begonnen wird, werden zuerst Vorerhebungen durchgeführt. In dieser Phase „[...] werden die voraussichtlichen Abgrenzungen des Verfahrensgebietes festgelegt, weiters werden grob die Besitz- und Verkehrsverhältnisse sowie die Bodenbeschaffenheit im Gebiet analysiert. Damit wird die Eignung für ein Zusammenlegungsverfahren beurteilt“ (Kraus 1997, S. 33). Die betroffenen Gemeinden sowie zahlreiche Landes- und Bundesbehörden werden gehört, um zukünftige Planungen (z.B. Straßen- und Wasserbau, Raumordnung, ...) der Zusammenlegungsgemeinschaft (Z-Gemeinschaft) zu berücksichtigen (Kraus 1997, S. 33; Liebel et al. 1986, S. 13).

Die Z-Gemeinschaft wird am Anfang des Verfahrens gebildet und fasst alle betroffenen Grundeigentümer des Verfahrensgebietes zusammen. „Die Gemeinschaft wird als Körperschaft öffentlichen Rechts gegründet“ (Kraus 1997, S. 35). Gemäß § 8 Absatz 2 FIVfGG hat „die Zusammenlegungsgemeinschaft [...] die gemeinschaftlichen Interessen ihrer Mitglieder wahrzunehmen, die Behörde bei der Neuordnung des Zusammenlegungsgebietes und in wirtschaftlichen Fragen zu beraten sowie im Auftrag und unter Aufsicht der Behörde die Maßnahmen durchzuführen, die sich aus der Zusammenlegung ergeben. Sie hat insbesondere Sach-, Arbeits- und Geldaufwendungen zu leisten und auf ihre Mitglieder umzulegen.“

Bei der „Einleitungsverhandlung“ wählen die Grundeigentümer einen Ausschuss, der dann einen Obmann wählt (Kraus 1997, S. 35; Liebel et al. 1986, S. 13). Sie gelten als Vertreter der Zusammenlegungsgemeinschaft und sind Ansprechpartner für die Behörde. Bei bestimmten Angelegenheiten wie z. B. die gemeinsamen Maßnahmen und Anlagen (Wegenetz, Grünanlagen, ...) haben sie ein Mitspracherecht bei der Planung (www.noe.gv.at).

Bestandsaufnahme

Nach der Einleitung des Verfahrens wird mit der Bestandsaufnahme begonnen. Bei diesem sogenannten „Ermittlungsverfahren“ wird der Besitzstand erhoben, die Grundstücke bewertet („Bonitierung“), eine ökologische Bestandsaufnahme und

Bewertung sowie eine Vermessung und Grenzfeststellung vorgenommen. (Kraus 1997; Liebel et al. 1986)

Bei der Besitzstandserhebung werden die bestehenden Eigentumsverhältnisse und die Grundstücksfläche erhoben. Die dabei entdeckten Unstimmigkeiten zwischen Grundbuchsstand und Naturstand werden korrigiert. Die Bewertung der land- bzw. forstwirtschaftlichen genutzten Grundstücke ist ebenfalls ein sehr wichtiger Bestandteil des „Ermittlungsverfahrens“, denn dessen Tauschfähigkeit wird nach dem Ertragswert ermittelt (Liebel et al. 1986, S. 13).

Die Bonität wird durch die fachkundigen Beamten sowie den eingeschulten Landwirten, die sogenannten „Schätzmänner“, beurteilt. Aus diesem Grund werden in einem bestimmten Abstand Bodenproben entnommen und die Grundstücke einer „Bonitätsklasse“ zugeordnet (Kraus 1997, S. 35; Liebel et al. 1986, S. 13).

Unterlagen wie die Finanzbodenschätzung und/oder Ergebnisse der Bodenkartierung helfen bei der Bewertung. Die Ergebnisse der Besitzstandserhebung und der Bonitierung werden jeweils als Bescheide erlassen, welche als entscheidende Grundlage für die Neueinteilung der Grundstücke gilt (Liebel et al. 1986, S. 13). Gegen diese Bescheide ist innerhalb von 14 Tagen eine Berufung möglich, danach werden „[...] der Besitzstandsausweis und der Bewertungsplan rechtskräftig und für das gesamte weitere Verfahren verbindlich und können nicht mehr abgeändert werden“ (Kraus 1997, S. 36).

Bei der ökologischen Bestandsaufnahme und Bewertung werden „[...] notwendige[...] Parameter und Faktoren, wie vorhandene Landschaftselemente, Gelände- und Windverhältnisse, Erosionsgefährdung und Nutzungsverhältnisse aus der Sicht der Landschaftsökologie“ erhoben (Kraus 1997, S. 36). Dieser Teil der Bestandsaufnahme ist noch nicht rechtlich verbindlich vorgeschrieben (Kraus 1997, S. 36).

Nach den Bewertungen werden die Umfangsgrenzen des Verfahrensgebietes vermessen, wozu Grenzbegehungen mit den angrenzenden Grundeigentümern durchgeführt werden. „Die „Gerippeaufnahme“ bildet die Grundlage für die Festlegung der Grenzen der Abfindungsgrundstücke.“ (Kraus 1997, S. 36).

Planungsphase

In der Planungsphase wird der Plan „gemeinsame Maßnahmen und Anlagen“, kurz „GMA-Plan“, erstellt (Liebel et al. 1986, S. 14).

Damit möchte man eine Neuordnung des Gebietes laut § 4 Abs 1 Flurverfassungs-Grundsatzgesetz (FlurVgG) in rechtlicher, wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht schaffen, das im Interesse der Allgemeinheit sowie der Grundeigentümer liegt. Ebenfalls wird auf die Verbesserung der Infrastruktur einer Region aus ökologischer und

ökonomischer Sicht geachtet (Liebel et al. 1986, S. 14). Dabei wird ein Wegenetz (mit Brücken) angelegt, sodass jedes Grundstück erreichbar ist und damit unter anderem eine einfachere Bewirtschaftung für die Parteien ermöglicht. Ein weiteres Beispiel ist das Anlegen von Hecken- und Strauchreihen zum Schutz vor Erosion. Weiters werden Entwässerungsgräben, Rückhaltebecken, Bodenschutzanlagen, umfangreiche Kultivierungen sowie andere landschaftsgestaltenden geschaffen um einen dauerhaft funktionierenden Landschaftshaushalt zu erreichen (Liebel et al. 1986, S. 14; Kraus 1997, S. 37). Somit wird im Plan „[...] die Erschließung, Erosion und Ökologie im einbezogenen Gebiet [ge]regelt“ (www.noe.gv.at).

Bei der Konzipierung des Kommissierungsgebietes werden die Gemeinde, der Ausschuss der Zusammenlegungsgemeinschaft und involvierte öffentlichen Stellen (Straßenverwaltung, Wasserbau, Eisenbahn, Elektrizitätsunternehmen, ...) mit einbezogen. Nach Durchführung der Verhandlung wird der Plan als Bescheid erlassen, die von den Parteien innerhalb einer bestimmten Frist angefochten werden kann, danach ist der Bescheid rechtskräftig (Kraus 1997, S. 37).

In der Planungsphase werden ebenfalls „*Wunschaufnahmen*“ berücksichtigt, d. h. jeder Grundeigentümer kann seine Wünsche bezüglich bestimmter Grundstücke bekannt geben. Diese werden in einem Wunschprotokoll schriftlich festgehalten und werden vom Verfahrensleiter, soweit möglich ist, in der Planung berücksichtigt (Kraus 1997, S. 38; Liebel et al. 1986, S. 14).

Vorläufige Übernahme

Die vorläufige Übernahme wird, obwohl nicht zwingend vorgeschrieben, in den meisten Fällen von der Agrarbehörde angewendet um die Bewirtschafter die Möglichkeit zu geben „[...] schon vor der Auflage des Zusammenlegungsplanes die Vor- und allfälligen Nachteile ihrer Grundabfindungen in der Praxis kennenzulernen.“ (Kraus 1997, S. 38).

Eine wichtige Voraussetzung für die vorläufige Übernahme ist, dass zwei Drittel der Parteien der Neueinteilung zustimmen. Ebenfalls sollen die Grundstücksgrenzen in der Natur bereits abgesteckt sein und das neue Wegenetz befahrbar sein, damit eine Bewirtschaftung möglich ist. Weiters muss der Besitzstandsausweis und Bewertungsplan rechtskräftig sein, sowie der „*GMA-Plan*“ erlassen worden sein. Diese Phase endet mit der Anordnung der vorläufigen Übernahme der Abfindungsgrundstücke des Zusammenlegungsgebietes (Kraus 1997, S. 38). Gemäß § 11 Abs 2 FlurVgG „[...] geht das Eigentum an den Grundabfindungen auf den Übernehmer unter der auflösenden Bedingung über, daß es mit der Rechtskraft des Zusammenlegungsplanes erlischt, soweit dieser die Grundabfindung einer anderen Partei zuweist.“

Abschluss des Verfahrens

Zwei bis spätestens drei Jahre nach der vorläufigen Übernahme erfolgt meist die Erlassung des Zusammenlegungsplanes (www.noe.gv.at). In dieser Phase wird die neue Flureinteilung durch Bescheid endgültig rechtlich zugewiesen. Die Behörde sorgt dafür, dass die Geldausgleiche bzw. Geldabfindungen ausgezahlt worden sind, alle Arbeiten einschließlich der Vermarkung der Grundstücksgrenzen abgeschlossen sind und die Verfahrensergebnisse im Grundbuch sowie im Grundkataster berichtigt werden (§ 12 Abs 1 FlurVgG). Die Richtigstellung des Grundbuches und des Grundkatasters kann schon während der vorläufigen Übernahme veranlasst werden, wenn gemäß § 12 Abs 2 FlurVgG ein „[...] *Aufschub der Ausführung des Zusammenlegungsplanes erhebliche Nachteile erwachsen würden und eine wesentliche Abänderung des Zusammenlegungsplanes auf Grund von Beschwerden zu erwarten ist.*“

Der Zusammenlegungsplan umfasst eine planliche und textliche Darstellung der Neueinteilung für jeden Eigentümer (Liebel et al. 1986, S. 15). Die textliche Darstellung beinhaltet einen (Teil)Abfindungsausweis, eine Anteilsberechnung und eine Haupturkunde. Der Besitzstandsausweis, der Bewertungsplan und der GMA-Plan sind als Behelfe anzuschließen, soweit sie bereits vorher erlassen wurden. Der Zusammenlegungsplan wird im Gemeindeamt für jedermann zur Einsicht aufgelegt. Nach der in der Regel zweiwöchige Auflagefrist folgen weitere zwei Wochen, wo die Grundeigentümer Berufung einlegen können. Nach Verstreichen der Berufungsfrist und Nachziehung des Grundbuches wird das Agrarverfahren durch Verordnung abgeschlossen (Kraus 1997, S. 39f). Im Falle einer Flurbereinigung, welches ein vereinfachtes Verfahren ist, wird das Verfahren durch Bescheid beendet (www.noe.gv.at). Desgleichen wird die Z-Gemeinschaft mit einer Verordnung aufgelöst (Kraus 1997, S. 40).

2.3 System der Landesvermessung

Das System der Landesvermessung – auch geodätisches Bezugssystem MGI genannt – schafft die Voraussetzung um Punkte auf der Erde mittels Koordinaten eindeutig festzulegen. Es wird mit realen Positionen auf der Erde in Form von Festpunkten realisiert, die durch Messungen in das System eingebunden wurden. Mithilfe dieser Festpunkte können auch die Koordinaten anderer Punkte (z. B. Grenzpunkte) abgeleitet werden (Rammer 2015, S. 25).

Im nachstehenden Unterkapitel wird daher zuerst das Festpunktfeld grob beschrieben. Nachfolgend wird auf die Entstehung der sechs Ordnungen des Festpunktfeldes eingegangen. Im Laufe der Geschichte wurde das geodätische Bezugssystem MGI entwickelt, welche ebenfalls in diesem Kapitel kurz beschrieben wird. Im Kapitel 2.3.2 wird darauf hingewiesen, dass sich bei jeder Änderung der Katasterdaten sich

Ungenauigkeiten eingeschlichen haben und durch die Verwendung von modernen, genaueren Messinstrumenten, die Inhomogenitäten des amtlichen Festpunktfeldes aufgedeckt wurden. Ebenfalls wird näher auf die Ursachen der Inkonsistenzen eingegangen. Im Anschluss wird besprochen, welche Schritte vom BEV unternommen werden um das inhomogene Festpunktfeld auf ein homogenes, europaweit einheitliches System ETRS89 umzustellen. In einem eigenen Unterkapitel (2.3.3) wird das System ETRS89 genauer erklärt. Ebenfalls wird der GNSS-Satelliten-Positionierungsdienst APOS erklärt, da diese bei der Messung sowie Auswertung verwendet wurde.

2.3.1 Festpunktfeld

Viele Vermessungsaufgaben (z. B. Katastervermessungen, Ingenieurvermessung, topographische Landesaufnahme, ...) benötigen einen Lage- bzw. Höhenbezug zum amtlichen Festpunktfeld. Schon die Uraufnahmen im 19. Jahrhundert sowie weitere Katastralvermessungen beziehen sich auf dieses historisch gewachsene Festpunktfeld. Es besteht aus Vermessungspunkten, die in der Natur auf Dauer stabilisiert und koordinativ im System Gauß-Krüger bekannt sind (Mansberger 2008). Das Lagefestpunktfeld ist in mehreren Stufen gegliedert und besteht aus ca. 59.000 Triangulierungspunkte (TP), mit einer durchschnittlichen Entfernung von 1,5 km, und ca. 270.000 Einschaltpunkte (EP), mit einem durchschnittlichen Abstand von 500 m (www.bev.gv.at).

Die Entstehung der insgesamt sechs Ordnungen des Festpunktfeldes ist mit der Entwicklung des Katasters eng verbunden. In Kapitel 2.1.1 wurde bereits ein historischer Überblick des Katasters geschaffen. Nachfolgend wird der Fokus aber auf die Geschichte des Festpunktfeldes gelegt, um zu verdeutlichen, wodurch die Inhomogenitäten im amtlichen Festpunktfeld entstanden sind.

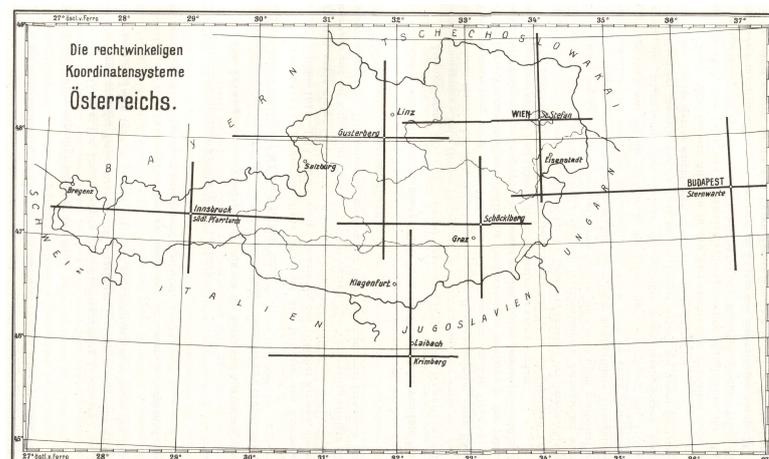
Schon in 1764 beauftragte Kaiserin Maria Theresia den Militär mit der **ersten Landesaufnahme**. Zur Vermessung wurde das Messtischverfahren angewandt. Mit dieser sogenannten Josephinischen Landesaufnahme wurde 1787 abgeschlossen. Obwohl diese Landesaufnahme als Pionierleistung gilt, hatte sie viele Mängel. Ursache dafür war, dass die Karten für militärische Zwecke schnellstmöglich fertiggestellt werden sollten. Der große Nachteil dieser Aufnahme war die fehlende einheitliche vermessungstechnische Grundlage, denn jede Provinz wurde nach verschiedenen Methoden aufgenommen bzw. ohne Rücksicht auf die Nachbarländer vermessen. Aus diesem Grund konnten die Karten der einzelnen Provinzen nicht zu einem einheitlichen Kartenwerk der gesamten Monarchie vereinigt werden (Zeger 1992, S. 141ff).

In 1806 erließ Kaiser Franz I. den Befehl „[...] ein gleichförmiges System der Grundsteuer in Bearbeitung zu nehmen“, da ihm die Wichtigkeit und Nützlichkeit der topografischen Karten bewusst war (BEV 1949, S. 17). Das Jahr 1806 gilt als Beginn des staatlichen

Vermessungswesens in Österreich (Zeger 1992, S. 5). Zur gleichen Zeit wurde der Generalquartiermeisterstab mit der Durchführung einer astronomisch-trigonometrischen Vermessung der Monarchie beauftragt bzw. die **erste Militärtriangulierung** (1806-1829) eingeleitet, was als Anfang der **zweiten (Franziseische) Landesaufnahme** (1806-1869) gilt. Mit dem Grundsteuerpatent in 1817 gab Kaiser Franz I. den Auftrag, die gesamte Monarchie zu vermessen (BEV 1949). Das noch teilweise vorhandene Triangulierungsnetz I. und II. Ordnung der ersten Militärtriangulierung – viele der Triangulierungspunkte sind durch mangelhafte Stabilisierung verloren gegangen – wurde als Grundlage der Katastralvermessung genommen, um doppelte Arbeit zu vermeiden (Zeger 1993, S. 822). Ab diesem Zeitpunkt arbeiteten die Grundsteuer-Regulierungs-Hof-Kommission (kurz GRHK), zuständig für die technischen Arbeiten der Katastralvermessung, und der Generalquartiermeisterstab zusammen. *„Zur Durchführung der Katastraltriangulierung wurden bis zum Jahre 1840 ausschließlich Offiziere verwendet, vom Jahre 1845 an nur mehr zivile Trigonometer. Die graphische Triangulierung und Detailvermessung wurde von Beginn an, wie bereits erwähnt, sowohl von Offizieren als auch von zivilen Geometern ausgeführt“* (Zeger 1991, S. 44).

Damit die Arbeiten schneller vorangehen, wurde in den einzelnen Kronländern gleichzeitig begonnen, d. h. für jedes Kronland wurde nur eine Dreiecksseite oder eine direkt gemessene Basis der Militärtriangulierung verwendet und darauf eine eigene Katastertriangulierung aufgebaut. Der Nachteil dieser Vorgangsweise war, dass zwischen den einzelnen Koordinatensystemen kein geodätischer Zusammenhang bestand (BEV 1949, S. 18). Abbildung 2.4 zeigt einen Teil der rechtwinkligen Koordinatensysteme mit unterschiedlichen Nullpunkten.

Abbildung 2.4: Koordinatensysteme der österreichischen Katastralvermessung
(Quelle: Lego 1967, S. 32)



Für die bevorstehende **Detailvermessung** wurde ein Triangulierungsnetz bis zur dritten Ordnung trigonometrisch bestimmt d. h. pro Quadratmeile wurden drei trigonometrische

Punkte geschaffen (BEV 1949, S. 19). Das Netz vierter Ordnung wurde grafisch bestimmt, sodass pro Quadratmeile ca. 60 Punkte vorhanden waren (Zeger 1991, S. 309).

Im Jahr 1829 wurden die geodätischen Arbeiten fast komplett eingestellt. Bis 1838 gab es nur vereinzelt Triangulierungen niedriger Ordnung und wenige astronomische Messungen für das Hauptdreiecksnetz (Zeger 1992, S. 317). Erst bei der Vereinigung der topographischen Anstalten Mailand und Wien zum Militärgeographischen Institut (kurz MGI) im Jahre 1839, wurde die **zweite Militärtriangulierung** eingeleitet. Der Grund für die Maßnahme war, dass die erste Militärtriangulierung einige Mängel aufwies und eine komplette Neumessung des Netzes erster Ordnung notwendig war. Dabei sollten „[...] *neue, bessere Grundlagen für alle Militär-Mappierungs- und Kataster-Arbeiten geschaffen werden* [...]“ (Zeger 1992, S. 560).

Die zweite Militärtriangulierung wurde nicht abgeschlossen, da Österreich 1863 der „*Mitteleuropäischen Gradmessung*“ beigetreten ist. Ab diesem Zeitpunkt gab es strengere Richtlinien und Genauigkeitsbedingungen bzw. neue Landesvermessungsstandards (Imrek 2014, Folie 11). Deshalb wurde im Jahr 1869 die zweite Landesaufnahme abgebrochen und durch die **dritte Landesaufnahme**, der sogenannten Franzisko-Josephinische Landaufnahme (1869-1887), ersetzt. Das Gradmessungsnetz verlangte neben der Triangulierung und Schweremessungen auch das Präzisionsnivellement (Nell 2009, S. 49). In Österreich wurde das Militärgeographische Institut mit der Durchführung der Triangulierung betraut, dessen Feldarbeiten, außer weitere Ergänzungs- und Nachmessungen, in 1898 abgeschlossen wurden (Zeger 1992, S. 637). Infolge dieser Arbeiten wurde 1892 das System der österreichischen Landesvermessung MGI bestimmt, das bis heute noch seine Gültigkeit hat (Zeger 1993). Im Jahr 1918 wurde die winkeltreue Gauß-Krüger Projektion eingeführt und löste somit den „*Stabilen Kataster*“ ab (Rammer 2015, S. 28). MGI sowie die Gauß-Krüger-Projektion werden in einem eigenen Kapitel näher behandelt.

Aufgrund der unzureichenden Stabilisierungen der Festpunkte und der damit verbundenen hohen Punktverluste, sowie der mangelhaften Punktidentitäten gab es ab 1909 Bestrebungen einer **Neutriangulierung**, wo das Gradmessungsnetz umgestaltet und verdichtet werden soll (Zeger 1979, S. 1/33f).

Nach dem Ersten Weltkrieg (1914-1918) löste sich das Militärgeographische Institut auf und stattdessen wurde 1923 das Bundesvermessungsamt gegründet, das ab diesem Zeitpunkt mit der Durchführung der Neutriangulierung betraut wurde (Imrek 2014, Folie 17). „*Das für die Landesvermessung umgearbeitete Gradmessungsnetz stellte die einzige vorhandene einheitliche Grundlage dar, auf der nach dem Krieg eine Neutriangulierung aufgebaut werden konnte*“ (Zeger 1979, S. 1/34). Bis zum Jahre 1923 gab es 82 Gradmessungspunkte in Österreich, wobei davon die geographischen Koordinaten von 40 Punkten unverändert

übernommen und 18 Gradmessungspunkte als Neupunkte behandelt werden konnten. Zusätzlich wurden noch 82 echte Neupunkte des Netzes 1. Ordnung bestimmt. Die Verdichtungsmessungen, sowie die durchgreifende Neutriangulierung des Netzes 1. Ordnung („Überprüfung der Altpunkte und Einschaltung der Neupunkte 1. Ordnung“) wurden im Jahre 1958 abgeschlossen (Zeger 1979, S. 1/34f).

Aus dem Netz 1. Ordnung wurde durch systematische Einzelpunkt- oder Netzeinschaltung das Netz 2. Ordnung (mit einer mittleren Entfernung von 18 km) bis 5. Ordnung (mit einer mittleren Entfernung von 1,5 km) abgeleitet (Zeger 1979, S. 1/36). Dabei liegen die Punkte bis zur 3. Ordnung auf den Gipfelfluren, da aber die Entfernung bei den Punkten 4. Ordnung kleiner ist, wird der Einfluss der Topographie (Überbrückung größerer Waldgebiete) bemerkbar (Otter et al., S. 7). „Es bildet die Grundlage der topographischen Landesaufnahme und aller Kleintriangulierungen“ (Zeger 1979, S. 1/36). Das Netz 5. Ordnung ist die Basis für die Schaffung der Einschaltpunkte (Punkte 6. Ordnung), aber auch für Neuvermessungen, Grundzusammenlegungen und für verschiedenste technische Projekte (Zeger 1979, S. 1/36). Die Einschaltpunkte wurden sowohl terrestrisch als auch photogrammetrisch bestimmt (Zeger 1979, S. 3/1). Vor allem mit der Einführung des Vermessungsgesetzes in 1969 – welches unter anderem für jede Grundstücksteilung einen Anschluss an das Festpunktfeld fordert – mussten viele Einschaltpunkte möglichst rasch geschaffen werden, wobei die Aerotriangulation eine wichtige Hilfe darstellte (Eder 2008, S. 24). In der folgenden Tabelle (2.1) sind die Festpunkte 1. bis 6. Ordnung mit ihrer mittleren Entfernung sowie dessen Anzahl auf dem von Stand 2015 ersichtlich.

Tabelle 2.1: Anzahl der Festpunkte im MGI – Stand 05/2015 (Quelle: Otter et al. 2015, S. 7)

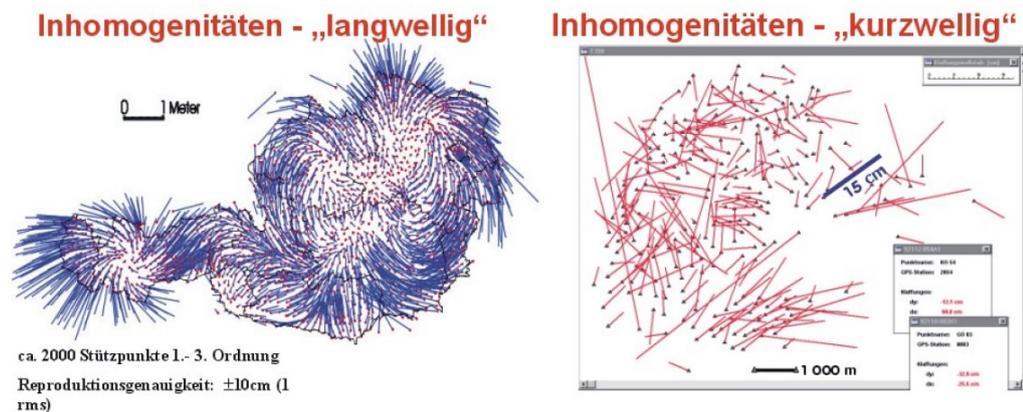
Ordnung	Mittlere Entfernung [km]	Anzahl
1.	35	122
2.	18	409
3.	11	1.527
4.	4	8.601
5.	1	46.810
6.	0,3	178.268

2.3.2 Räumliche Inkonsistenzen

Es wird deutlich, dass das österreichische Festpunktfeld eine lange Entstehungsgeschichte hat. In dieser langen Zeitspanne wurden die Katasterdaten immer wieder verändert. Bei jeder Veränderung (Transformation, Umprojektion, ...) haben sich neue Ungenauigkeiten eingeschlichen (Navratil 2011, S. 3). Durch den Einsatz des Globales Navigationssatellitensystem GNSS, sowie anderer genauerer Vermessungsverfahren und

Instrumente kamen die Inkonsistenzen des Gebrauchsnetzes deutlich zum Vorschein (Imrek 2011, S. 61). Es gibt langwellige und kurzwellige systematische Fehleranteile (siehe Abbildung 2.5) zwischen den Koordinaten im European Terrestrial Reference Frame (ETRS) und dem System im MGI. Ersteres tritt bei den Festpunkten 1. bis 3. Ordnung auf und kann Koordinatendifferenzen im Meterbereich erreichen. Die Abweichungen der Festpunkte 4. bis 5. Ordnung können bis zu 20 cm werden (Abart et al. 2011, S. 54; Otter et al. 2015, S. 48).

Abbildung 2.5: langwellige und kurzwellige Inhomogenitäten (Quelle: Otter et al. 2015, S. 49)



Otter et al. (2015, S. 48) zählen die Ursachen der Fehlereinflüsse auf, die hier zusammengefasst werden:

- Ein Teil der Koordinaten ist schon mehr als 100 Jahre in Verwendung, die mit ungenaueren Messmitteln bestimmt wurde.
- Vor der Entwicklung der elektronischen Rechner konnte keine Gesamtausgleichung des Gebrauchsnetzes durchgeführt werden (Eder 2008, S. 24). Die Punkte wurden nur in kleine Blöcke beobachtet und ausgeglichen, wodurch an den Nahtstellen größere Netzspannungen entstanden.
- „Punkte niedrigerer Ordnung (2. bis 5. Ordnung) wurden zumeist in größeren Netzverbänden in das übergeordnete Netz durch Richtungsmessungen eingeschaltet. Die Fehler in den Koordinaten des Gebrauchsnetzes 1. Ordnung wurden dabei je nach Netzkonfiguration übertragen oder aufgeteilt“ (Otter et al. 2015, S. 48).
- Bei den Punkten niedriger Ordnung (4. und 5. Ordnung) entstand wegen der topographischen Gegebenheiten ein schlechteres Netzdesign, was somit auch eine niedrigere Genauigkeit der Koordinaten bedeutete. Zum Beispiel führten steilere Sichten zu größeren systematischen Schwereinflüssen (Lotabweichung) auf Strecken- und Winkelmessung.

- Die Einschaltpunkte, also quasi die Punkte 6. Ordnung, wurden zum Teil mittels Aerotriangulation bestimmt, die teilweise von individuellen Fehlern größeren Ausmaßes geprägt sind.

Ein weiterer wichtiger Grund für die Inhomogenität ist, dass die Lotabweichung bis 1988 unberücksichtigt blieb (Abart et al. 2011, S. 54). In einigen Fällen ist aber auch die Veränderung der physischen Punktlage zu berücksichtigen. Die Punkte sind wegen den geologischen Prozessen (z. B. Erdbeben, Senkungen, ...) oder wegen den Problemen mit den Abgrenzungen (z. B. Änderung der Grenzen durch landwirtschaftliche Nutzung, Optimierung der Grenzen bei ungünstigem Besitz, ...) nicht stabil (Navratil 2011, S. 3).

Durch den Einsatz satellitengestützter Messverfahren und der vermehrten internationalen Zusammenarbeit bzw. landübergreifende Projekte haben sich die Anforderungen an das Festpunktfeld verändert. Deshalb arbeitet das BEV derzeit daran das inhomogene Festpunktfeld auf ein homogenes, europaweit einheitliches System ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) umzustellen (Titz et al. 2010, S. 52).

Die Strategie zur Homogenisierung des Festpunktfeldes bilden die drei Realisierungsstufen, wobei in der dritten Realisierungsstufe die Festpunkte bereits homogene Koordinaten aufweisen (Imrek 2011, S. 62; Otter et al. 2015, S. 52):

- **Realisierungsstufe 1: Homogenisierung des Festpunktfeldes über das System ETRS89**

Die ETRS89-Koordinaten der Triangulierungspunkte 1.-5. Ordnung werden über vorliegende Beobachtungen (GNSS-Basislinien, trigonometrische Beobachtungs- und Entfernungsmessungen) in einer Neuausgleichung berechnet. Die Punkte 6. Ordnung werden infolge des Projektes REVUE (REvision und UEbermessung) über APOS-Messungen (Austrian Real Time Positioning) bestimmt (Rammer 2015, S. 34; Otter et al. 2015, S. 52). ETRS89 sowie APOS werden im Kapitel 2.3.4 genauer erklärt.

„Die Methode über die Messung mit GPS sowie der Ausgleich über terrestrische Messungen bilden die Hauptverfahren bei den Triangulierungspunkten 1.-5. Ordnung“ (Imrek et al. 2011, S. 64).

- **Realisierungsstufe 2: Homogenisierung des Katasters und anderer Folgeprodukte**

Die Nachführung des Katasters sowie anderer Folgeprodukte erfolgt über Interpolationsverfahren (Otter et al. 2015, S. 52).

- **Realisierungsstufe 3: Wesentliche Reduktion der Festpunktdichte**

Nachdem die Homogenisierung des Festpunktfeldes abgeschlossen ist, kann laut Otter et al. (2015, S. 52) die Anzahl der Festpunkte auf 10-20 % des derzeitigen Umfangs verringert werden, womit der hohe Erhaltungsaufwand der Festpunkte verringert wird. Nur in Gebiete, wo GNSS-Messungen sich als schwierig gestalten (z. B. urbanes Gebiet oder Waldgebiet) oder wo signifikante Bodenbewegungen vorhanden sind, wird die Dichte des Festpunktfeldes größtenteils erhalten.

2.3.3 MGI

Das Bezugssystem des MGI ist durch das geodätische Datum festgelegt, dessen Bezugsfläche das Bessel-Ellipsoid ist. Die Lagerung des Bessel-Ellipsoides ($a=6.377.397,155$ m, $b=6.356.078,963$ m, $f=1:299,15281$) erfolgte durch die geographische Länge und Breite des Fundamentalpunkts der Habsburgerwarte auf dem Hermannskogel bei Wien. Das ist der Triangulierungshauptpunkt, wo die Flächennormalen von Bezugsellipsoid und Geoid zusammenfallen und die Lotabweichung dabei auf null gesetzt wurde. Als Orientierung wurde das astronomische Azimut vom Hermannskogel zum Hundsheimer Berg gewählt. Zur Definition des geodätischen Datums wird ebenfalls ein Maßstab benötigt, der aus der gemessenen Basis bei Josefstadt in Böhmen abgeleitet wird. (Abart et al. 2011, S. 43; Otter et al. 2015, S. 4ff)

2.3.3.1 Projektionssystem Gauß-Krüger

Die Gauß-Krüger Projektion ist eine winkeltreue, transversale Zylinderprojektion und wird in Österreich durch drei 3° breite Meridianstreifen abgebildet, dessen Bezugsmeridiane 28° , 31° und 34° östlich von Ferro liegen. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt am Äquator, wobei die x-Achse nach Norden und die y-Achse nach Osten zeigt (Imrek et al. 2011, S. 46). In Abbildung 2.6 ist die transversale Zylinderprojektion der GK-Abbildung zu sehen. Laut § 1 Z 10b VermV 2016 wird die Gauß-Krüger Projektion verwendet um die Festpunkte sowie die Grenzen der Grundstücke darzustellen, um die Benützungabschnitte abzugrenzen und um allfällige weitere Angaben zur leichteren Kenntlichmachung der Grundstücke anzuführen.

Laut Titz et al. (2010, S. 55) erfüllt APOS bei der Realisierung von ETRS89 in Österreich zwei Funktionen:

- die APOS-Permanentstationen bilden die oberste Hierarchieebene in der Realisierung von ETRS89 in Österreich,
- der Echtzeitpositionierungsdienst des BEV liefert den Anwendern ETRS89-Koordinaten auf Basis der EUREF Austria 2002 in Echtzeit.

APOS bietet zwei Produkte an, nämlich einerseits „APOS Postprocessing“ und andererseits „APOS Real Time“, welche wiederum in zwei Genauigkeitsklassen „APOS-RTK mit cm-Genauigkeit“ und „APOS-DGPS mit dm-Genauigkeit“ angeboten wird. Bei „APOS Postprocessing“ stehen die Beobachtungen der Permanentstationen für Postprocessing-Anwendungen im RINEX-Format (Receiver Independent Exchange Format) mit unterschiedlichen Datenintervallen zur Verfügung (Otter et al. 2015, S. 35).

Für „APOS Real Time“ Anwendungen wird das Konzept der virtuellen Referenzstation (VRS) bzw. das Master-Auxilliary-Konzept (MAC) eingesetzt. Dabei werden die individuellen Korrekturparameter der entfernungsabhängigen Einflüsse (Satellitenbahnen, Satellitenuhren, Ionosphäre, Troposphäre, etc.) in Echtzeit bestimmt (www.bev.gv.at). „APOS Real Time stellt die Daten im Feld über Mobile Internet (NTRIP via paketvermittelter Datenübertragung) für VRS- und MAC-fähige Messgeräte bereit, d.h. nach Herstellung der Mobile Internet-Verbindung zur APOS-Servicezentrale wird, um die individuelle VRS (bzw. MAC-Netzinformation) zentral berechnen zu können, die Näherungsposition vom Empfänger automatisiert übermittelt“ (www.bev.gv.at). Die genaue Vorgangsweise dieser Konzepte wird in Otter et al. (2015) beschrieben.

Die Genauigkeit mit APOS ist von verschiedenen Faktoren (Messgerät, Messdauer, Punktumgebung, Auswertesoftware, ...) abhängig. In Tabelle 2.2 werden die erreichbaren Genauigkeiten bei optimalen Bedingungen aufgezeigt.

Tabelle 2.2: mit APOS erzielbare Genauigkeit unter optimale Bedingungen (Quelle: www.bev.gv.at)

APOS Produkt	Datenformat/ Modus	Zugang Mountpoint (MP)	GPS	GLONASS	GIS Grid	Genauigkeit Lage		Genauigkeit Höhe			
						ETRS89 ¹	MGI	ETRS89 ¹	MGI		
Postprocessing	APOS-PP	RINEX 2.10	BEV Shop APOS	✓	✓			± 1,0 cm	± 1,0 - 2,0 cm		
Real Time	APOS-DGPS	RTCM 2.3 (VRS)	Mobile Internet/ (MP: APOS_DGPS)	✓	✓			± 0,5 m	± 1,0 m		
	APOS-RTK	RTCM 2.3 (VRS)	Mobile Internet/ (MP: APOS_VRS)	✓	✓			± 1,5 cm	± 4,0 cm		
		RTCM 3.1 (VRS)	Mobile Internet/ (MP: APOS_VRS3)	✓	✓	✓		± 1,5 cm	< 15,0 cm	± 4,0 cm	< 15,0 cm
		RTCM 3.1 (MAC)	Mobile Internet/ (MP: APOS_NET3)	✓	✓	✓		± 1,5 cm	< 15,0 cm	± 4,0 cm	< 15,0 cm

2.3.4.1 Projektionssystem UTM

Die UTM-Abbildung (Universale Transversale Mercatorprojektion-Abbildung) wird im System ETRS89 verwendet, ähnlich wie die Gauß-Krüger-Abbildung im System MGI verwendet wird (Otter et al. 2015, S. 42). Die Abbildungsgleichungen des UTM-Koordinatensystems sind bis auf den Maßstabsfaktor mit dem des Gauß-Krüger-Meridianstreifensystems identisch. Die UTM-Projektion verwendet die transversale konforme Zylinderabbildung. Im Unterschied zur GK-Projektion liegt der UTM-Projektion das Ellipsoid GRS80 ($a=6.378.137,000$ m, $b=6.356.752,314$ m) zugrunde. In Österreich wird das Projektionssystem UTM durch zwei 6° breite Meridianstreifen abgebildet, dessen Bezugsmeridiane 9° (Zone 32) und 15° (Zone 33) östlich von Greenwich liegen (Abart et al. 2017, S. 43f). Laut § 1 Z 9b VermV 2016 dient, im Falle der Nutzung von ETRS89-Koordinaten gemäß § 3 Abs 3, die UTM-Projektion zur Darstellung der Fest-, Mess- und Grenzpunkte.

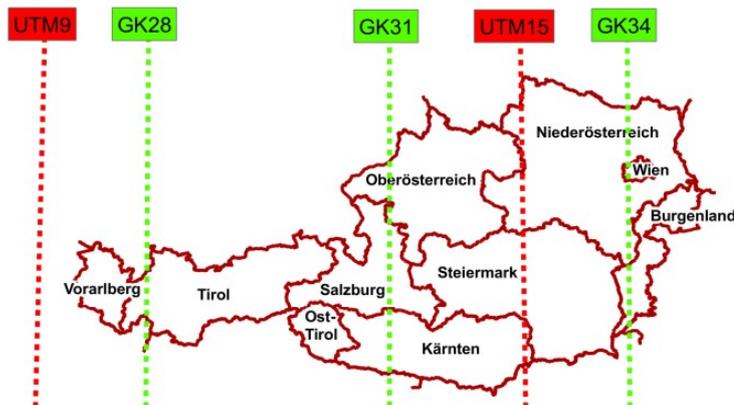
2.3.5 Gegenüberstellung von MGI und ETRS89

Die wichtigsten Unterschiede zwischen dem österreichischen Bezugssystem MGI und dem europäischen Bezugssystem ETRS89 werden in Tabelle 2.3 zusammengefasst. In Abbildung 2.8 sind die Mittelmeridiane von GK und UTM in Österreich dargestellt.

Tabelle 2.3: Gegenüberstellung MGI – ETRS89

	MGI	ETRS89
Bezugsellipsoid	Bessel 1841	Geodetic Reference System 80 (GRS 80)
Projektionssystem	Gauß-Krüger-System (GK)	Universale Transversale Mercator Projektion (UTM)
Meridianstreifen (Zonen)	drei 3° breite Streifen in Österreich	zwei 6° breite Streifen in Österreich
Bezugsmeridiane	28° , 31° , 34° östlich von Ferro	9° und 15° östlich von Greenwich (Zone 32 und 33)
Maßstab des Mittelmeridians	1	0.9996

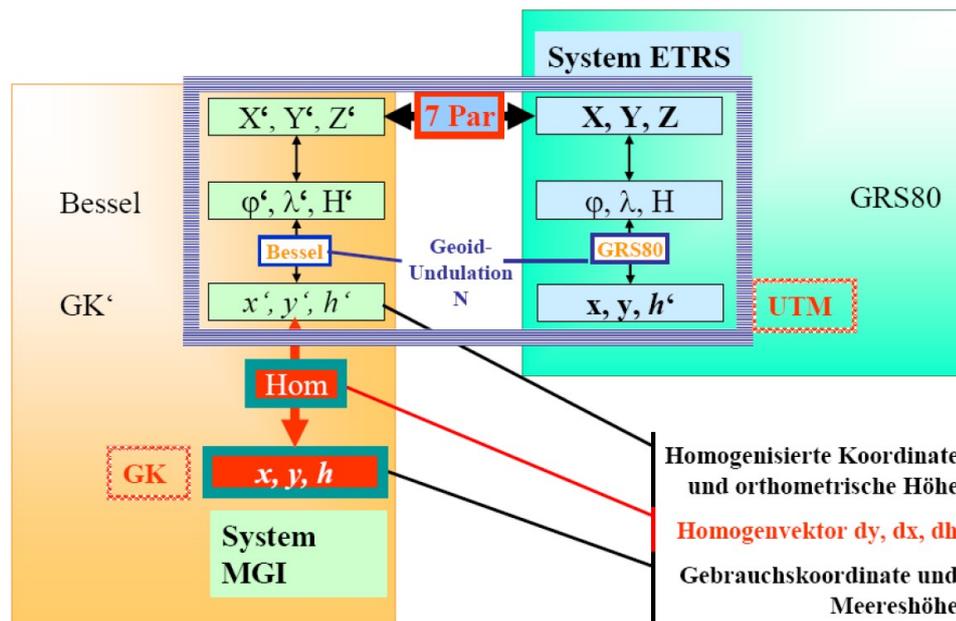
Abbildung 2.8: Mittelmeridiane von GK und UTM in Österreich (Quelle: Otter et al. 2015, S. 47)



2.3.6 Umrechnung zwischen MGI und ETRS89

Der Zusammenhang zwischen den Systemen MGI (GK) und ETRS89 (UTM) wird durch die Homogenvektoren beschrieben (siehe Abbildung 2.9). „Bei Kenntnis dieser Größen kann aus der inhomogenen MGI-Koordinate eines Punktes die homogene Koordinate in ETRS89 abgeleitet werden“ (Imrek 2012, S. 7). Damit ist die Homogenisierung des Festpunktfeldes sowie der Folgeprodukte über die punktuelle Bestimmung des Homogenvektors möglich (Otter et al. 2015, S. 50).

Abbildung 2.9: funktionales Modell für den Zusammenhang zwischen dem System MGI (GK) und dem System ETRS89 (UTM) (Quelle: Otter et al. 2015, S. 49)



Zur Datumstransformation zwischen den beiden Systemen MGI und ETRS89 wird entweder die Helmert-Transformation – auch als 7-Parameter-Transformation bezeichnet – oder die flächenbasierte Transformation angewandt (Otter et al. 2015, S. 55).

Die Transformationsparameter der Helmert-Transformation können über sogenannte Identpunkte berechnet werden. Identpunkte sind Punkte, dessen Koordinaten in beiden Systemen bekannt sind. Laut Otter et al. (2015, S. 57) ist die Güte der transformierten Koordinaten von den zur Ermittlung der Parameter verwendeten Modellpunkten, der Ausdehnung des zu bearbeitenden Gebietes sowie zu einem erheblichen Teil von der Modellierung der in den Modellpunkten verbleibenden Restklaffungen abhängig. „Zusätzlich entstehen im Übergangsbereich benachbarter Gebiete, die mit unterschiedlichen Parametern transformiert wurden, Differenzen (Unstetigkeitsstellen) in den Koordinatenwerten“ (Imrek & Mück 2010, S. 25).

Die flächenbasierte Transformation wurde angewandt, um einen stetigen Übergang bei der Transformation benachbarter Gebiete zu ermöglichen. Dabei wird über ein Gebiet ein regelmäßiges Gitter (Raster) mit einer Rasterweite von 30" x 45" ($\approx 1 \times 1$ km) gelegt und in jedem Rasterpunkt die Korrekturwerte für die Datumstransformation zwischen MGI und ETRS89 bestimmt. Damit können für einen beliebigen Punkt die Transformationsparameter in Form von Zuschlägen über Interpolation berechnet werden (Imrek & Mück 2010, S. 25). Dieses sogenannte GIS-Grid wurde in 2010 in Österreich vom BEV entwickelt und aus 28.120 Triangulierungspunkten – deren Koordinaten in beiden Systemen MGI und ETRS89 bekannt sind – abgeleitet (Otter et al. 2015, S. 57).

Das GIS-Grid steht als NTV2-Datei auf der BEV-Homepage zum kostenlosen Download zur Verfügung. Diese Datei kann für viele GIS-Anwendungen benützt werden. Die Genauigkeit liegt bei < 15 cm und ist daher nicht für Katasteranwendungen geeignet. Das zweite Produkt bilden die Korrekturwerte bei der Nutzung des Echtzeitsystems APOS. *„Zum Zeitpunkt der Messung werden in der Zentrale für den Roverstandpunkt die Transformationselemente aus dem GIS-GRID interpoliert und dem Rover über das Format RTCM 3.1. übermittelt. Dadurch wird dem Kunden, zusätzlich zum System ETRS89, auch das System MGI vor Ort in Form von MGI-Koordinaten verfügbar gemacht“* (Imrek & Mück 2010, S. 25). Neben der Lagekomponente, wie bei NTV2, wird bei APOS ebenfalls die Höhenkomponente der Korrekturwerte bestimmt. Die Genauigkeit der Transformation in Lage und Höhe ist zu 99 % besser als 15 cm (Otter et al. 2015, S. 59). Für höhere Genauigkeitsansprüche wird derzeit an ein engmaschigeres „Kataster-Grid“ gearbeitet, dass dann für Katasterzwecke geeignet ist (Imrek & Mück 2010, S. 26).

3 Präzisierung der Problemstellung

In diesem Kapitel wird nochmals genau auf die Problematik eingegangen, um das Verständnis des Problems näher zu bringen. Im folgenden Kapitel wird das Verfahren bezüglich der drei Katastralgemeinden (KG) beschrieben, also über die Differenzen im Festpunktfeld und deren Auswirkungen auf die Grenzpunkte, welche Fehler aufgetaucht sind und was bisher unternommen wurde. Anschließend werden die Lösungsansätze beschrieben und was sie beinhalten.

3.1 Problemstellung

Diese Problemstellung wurde in Form von Berichten vom Vermessungsamt Oberpullendorf in 1978 von OR Dipl.-Ing. Barth und 1985 von Dipl.-Ing. Steinauer definiert. Ebenfalls wurde in 2016 eine Zusammenfassung der bereits erlangten Erkenntnisse erfasst. Die folgende Zusammenfassung bezieht sich auf diese Berichte.

In den Katastralgemeinden 33001 Bubendorf, 33002 Deutsch Gerisdorf und 33045 Pilgersdorf wurde 1961 ein photogrammetrisches EP-Netz geschaffen, das bei der Neuvermessung in den Jahren 1962-1964 verwendet wurde. Die Grenzpunkte wurden entweder photogrammetrisch oder terrestrisch aufgenommen. Im Jahr 1968 wurde in den genannten KG das Zusammenlegungsverfahren eingeleitet (BEV 1978; BEV 1985). *„Die Grundlage für die Aufnahme bildete das photogrammetrisch erstellte EP-Netz, die davon abgeleiteten Polygonpunkte und hinsichtlich der Umfangsgrenzen des AO-Gebietes die photogrammetrisch eingemessenen Grenzpunkte“* lautet es im Bericht von Dipl.-Ing Barth (BEV 1978).

Zwei Jahre später leitete das Vermessungsamt Oberpullendorf ein TNA-Verfahren ein. Bei einer weiteren Verdichtung des Festpunktfeldes hat sich gezeigt, dass das Foto-EP Netzspannungen aufweist. Die Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen verwiesen ebenfalls auf die falschen Koordinaten der Grenzpunkte durch deren Aufnahmen für die Verfassung von Plänen. Aufgrund der großen Spannungen im Netz wurde in 1975 angeordnet, das Festpunktfeld mittels terrestrischer Methode (mit DI-10) zur Gänze neu einzumessen. Bei einem Vergleich der Koordinaten zwischen dem 1961 geschaffenen Foto-EP Netz und den 1975 terrestrisch gemessenen EP wurden Koordinatendifferenzen (siehe Anhang) mit einer Maximalverschiebung von 0,436 m in EP 45 in KG Pilgersdorf festgestellt. Die Fehlervektoren zeigen dabei keine gleichmäßigen Koordinatenverschiebungen (BEV 1978; BEV 1985).

Obwohl diese Situation (die Spannungen im Festpunktfeld) bekannt war, wurde 1977 im Zuge der Planbescheinigung durch die KAO (Katasterdienststelle für agrarische Operationen) Wien die Grundstücke des Z-Verfahrens in den Grenzkataster eingetragen (BEV 1985).

Die Pläne ab 1975 zeigen, dass innerhalb des Ortsrieds keine Spannungen vorhanden sind, aber erhebliche Spannung an der Z-Grenze auftreten (BEV 2016). Eine Lösung für dieses Problem wird gesucht. Dabei soll das Ausmaß der zu erwartenden Arbeiten gemeinsam mit der vorhandenen geringen Arbeitskapazität im Vermessungsamt im Rahmen des Möglichen liegen und vertretbar sein (BEV 1978).

Im Bericht von Dipl.-Ing. Barth (BEV 1978) sind bereits einige Überlegungen angestellt worden, um die Fehler zu beseitigen:

- Wie bereits erwähnt, zeigen die Fehlervektoren keine gleichmäßigen Koordinatenverschiebungen, wodurch die 4.900 Grenzpunkte, davon 2.600 von KG Pilgersdorf, aus den drei KG mittels einer Transformation nicht generell berichtigt werden können. Ebenfalls wurden einige Grenzpunkte photogrammetrisch eingemessen. Es kann keine Beziehung mehr hergestellt werden, wenn keine Stabilisierungen mehr vorhanden sind.
- Es ist davon auszugehen, dass das Agrarverfahren in sich richtig ist, aber dass aufgrund des falschen Festpunktfeldes die Grenzpunkte größtenteils in der Natur mit den falschen Werten abgesteckt wurden. Bei einer Koordinatenberichtigung der Grenzpunkte ist laut Dipl.-Ing. Barth ungewiss, wie sich die Flächen der Agrargrundstücke ändern und ob die Parallelität der Wegenanlagen erhalten bleibt. *„Ebenso erscheint es unmöglich eine Absteckung im Falle des § 40 VermG vom falschen „G“-Grenzpunkt bezogen auf das neue und endgültige Festpunktfeld vornehmen zu können“*, so Dipl.-Ing. Barth.
- Aufgrund des fehlerhaften Festpunktfeldes sollte das gesamte Agrarverfahren mittels einer generellen Neuaufnahme berichtigt werden, was jedoch wegen der geringen Kapazität des Vermessungsamtes schwierig durchzuführen ist.
- Bei einer Berichtigung im Einzelfall gem. § 13 VermG Abs 1 ist laut Dipl.-Ing. Barth *„[...] festzustellen, dass natürlich alle von der Vermessung betroffene Grundstücke neue „G“-Koordinaten erhalten, während sämtliche andere Grenzpunkte auch in unmittelbarer Nähe der neuen Punkte eine Bruchstelle schaffen, die sehr bedenklich erscheint. Im Falle von Absteckungen an der betreffenden Stelle kommt es unweigerlich zum Vorschein, dass der Fehler nicht bei den neuen Planunterlagen, sondern wie bereits erwähnt, in den unrichtigen Angaben der alten Festpunkte begründet ist.“*

Im Bericht von Dipl.Ing. Steinauer (BEV 1985) wird ebenfalls erwähnt, dass bei einer Grenzvermessung gemäß VermG und VermV zunächst die von der Vermessung betroffenen Grenzpunkte mittels der Koordinaten der Foto-EP rückgesteckt werden. Diese werden dann dem terrestrischen EP-Feld von 1975 gegenübergestellt. Wenn die Fehlergrenze überschritten wird, ist von Amts wegen oder auf Antrag des Eigentümers ein Berichtigungsverfahren gem. § 13 VermG durchzuführen.

Im Jahr 2016 startete das Projekt REVUE in Pilgersdorf. Dabei wurden einige Einschaltpunkte mit APOS gemessen und mithilfe der Triangulierungspunkte in GK-Koordinaten transformiert. Diese Koordinaten zeigen keine Differenzen zu den terrestrisch bestimmten EP (BEV 2016).

3.2 Lösungsansätze

Im Frühjahr 2017 wurden Grenzpunkte – verteilt über das gesamte Kommassierungsgebiet – gesucht und mit GNSS eingemessen, eine optimale Lösung zu finden. Danach wurden die Grenzpunkte ausgewertet. Dafür wurden drei Lösungsansätze ausgewählt und getestet, dessen theoretische Grundlagen im Folgenden kurz beschrieben werden.

3.2.1 Affin-Transformation

Die Affin-Transformation ist eine lineare Transformation zwischen zwei Koordinatensystemen, bei der die Kollinearität und Parallelität erhalten bleibt. Die Gestalt der transformierten Figuren ändert sich jedoch. Die Affin-Transformation umfasst sechs Koeffizienten, für dessen Bestimmung mindestens drei Passpunkte benötigt werden (Navratil 2006, S. 138f):

- Zwei Translationen a und b : Verschiebung entlang der X - und Y -Achse
- Rotationswinkel α : Rotation um den Winkel α um den Koordinatenursprung
- Scherungswinkel β : Winkel zwischen Y - und y -Achse
- Zwei Maßstabsfaktoren m_x und m_y : die Koordinatenachsen werden separat gedehnt bzw. gestaucht

Die Formel für die Affin-Transformation lautet:

$$\begin{aligned} X &= a + m_x(\cos\alpha)x - m_y(\sin\beta)y \\ Y &= b + m_x(\sin\alpha)x + m_y(\cos\beta)y \end{aligned} \tag{3.1}$$

Ein Anwendungsgebiet dieser Art der Transformation liegt in der Kartografie, wo beim Digitalisieren die Koordinaten analoger Karten in eine Rasterkarte übertragen werden und es durch materielle bzw. technische Fehler zu einem ungleichmäßigen Papierverzug kommt (Navratil 2006, S. 138).

3.2.2 Inverse Distance Weighted Methode

Die Inverse Distance Weighted Methode (IDW) ist eine nichtstatistische bzw. deterministische Interpolationsmethode. Diese Methode wurde von Shepard entwickelt und wird daher auch als „Shepard-Methode“ bezeichnet (Navratil 2006, S. 166).

IDW basiert auf dem Prinzip, das nahe gelegene Punkte eine größere Ähnlichkeit aufweisen als jene, die weiter voneinander entfernt liegen, d. h. *„Jene Messung die dem Punkt am Nächsten liegt übt daher den meisten Einfluss auf das Interpolationsergebnis aus; mit wachsender Entfernung zum gesuchten Punkt nimmt die Bedeutung einer Messung ab“* (Michlmayr 2007, S. 23).

Bei der IDW wird laut Navratil (2006, S. 166) *„[...] der Messwert z an den Interpolationspunkten x_0 durch ein gewichtetes Mittel der n benachbarten Stützwerte $z(x_i)$ geschätzt.“* Dabei sind die Gewichte umgekehrt proportional zur Distanz d_i zwischen dem bekannten Messwert und dem zu schätzenden Punkt, also (Schulz 2009, S. 9f)

$$z(x_0) = \sum_{i=1}^n z(x_i) \frac{d_{i,j}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i,j}^{-r}} \quad (3.2)$$

$$d_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3.3)$$

In der Regel wird die Potenz $r=2$ verwendet, aber anstatt des Quadrates der Distanz kann auch anderer Wert eingesetzt werden. Wird ein höherer Exponent gewählt, so haben die näheren Punkte einen größeren Einfluss auf das Ergebnis, womit die Oberfläche detailgetreuer abgebildet wird, d. h. desto *„unruhiger“* wird die Oberfläche. Bei der Wahl eines niedrigeren Exponenten wird die Oberfläche mehr geglättet (Sodoudi 2004, S. 53f).

Das Ergebnis kann weiters beeinflusst werden, wenn entweder ein fester Suchradius oder eine bestimmte Anzahl der *„benachbarten“* Messwerte festgelegt wird. Bei einem fixen Suchradius werden alle Stützwerte in die Berechnung miteinbezogen, die sich innerhalb des vorgeschriebenen Radius der zu interpolierenden Zelle befinden. Dabei kann noch zusätzlich eine minimale Anzahl der Punkte festgelegt werden. Wenn der Suchradius die Mindestanzahl nicht erreicht hat, wird das Untersuchungsgebiet erhöht, bis dieser erlangt wird. Wird die Anzahl der Stützwerte vorgegeben, variiert der Suchradius. Je nachdem

wann die angegebene Menge erreicht wird, ergeben sich so genannte kleine oder große Nachbarschaften (Schulz 2009, S. 10).

Die Inverse Distanzgewichtung hat den großen Vorteil, dass der Algorithmus relativ einfach ist und somit eine geringe Rechenzeit notwendig ist. Ebenfalls fließen die divergierenden Distanzen auch unterschiedlich in die Schätzung mit ein. Ein weiterer Vorteil ist, dass über die Potenz der Einfluss der Distanzen gelenkt werden kann. Ein Nachteil dieser Methode ist der so genannte „Fettaugen-Effekt“, welche kreisförmige Bereiche gleicher Werte um bekannte Punkte sind (Prokoph 2009, S. 30f). Laut Michlmayr (2007, S. 23) entstehen diese, „[...] wenn an Stützstellen stark vom Trend abweichende Werte durch kleinräumige Minima oder Maxima ausgeglichen werden.“

3.2.3 Rubber-Sheeting

Horn (2007, S. 13) erklärt Rubber-Sheeting mit folgendem Beispiel:

Zeichne eine Karte auf eine Holzplatte. Dann nehme eine andere leicht unterschiedliche Karte desselben Gebietes und zeichne sie auf ein durchsichtiges elastisches Tuch. Lege das elastische Tuch auf die Holzplatte. Die beiden Karten werden nicht übereinstimmen. Verschiebe das elastische Tuch so, dass ein Paar von Passpunkten übereinander liegt. Fixiere das Passpunktpaar des elastischen Tuchs und der Holzplatte mit einem Nagel. Dehne das Tuch nun so, dass sich ein weiteres Punktepaar entspricht und fixiere diese Stelle. Fahre weiter so fort und es entsteht eine Karte aus dem elastischen Tuch, die genau der Karte auf der Holzplatte entspricht.

Rubber-Sheeting ist also eine Art elastische Transformation, welche aufgrund einer Unterteilung des Gebietes jeder einzelne Teilbereich anders definiert wird (Horn 2007, S. 13).

Für „*Rubber-Sheeting Transformation*“ gibt es keine einheitliche Definition bzw. mehrere Ansätze. Die Definition von Gillman basiert auf einer Delaunay-Triangulation. Ein weiteres Verfahren wurde von Doytsher entwickelt. Doytsher verwendet Polygone anstatt Dreiecke (bzw. lineare Elemente anstatt Punktelemente) für die Unterteilung des Gebietes. Dabei wird auf die innerhalb des jeweiligen Polygons liegenden Punkte die Transformationsfunktion angewandt. Im Unterschied zum Verfahren nach Gillman, wird ein Gewicht in Abhängigkeit des reziproken Abstandes zwischen einem auf einer Polygonkante liegenden Passpunkt und einem Punkt innerhalb des Polygons eingeführt (Horn 2007). Haunert hat diesen Ansatz erweitert, indem „[...] anstelle einer diskreten Anzahl eine kontinuierliche Anzahl von Vektoren für die Berechnung der Verschiebung verwendet wird“ (Wirries 2007, S. 49). Im Folgenden wird nur auf den Ansatz von Gillman näher eingegangen.

Rubber-Sheeting nach Gillman (1985)

Rubber-Sheeting ist nach Gillman (1985) eine mathematische Transformation, bei der die Topologie bewahrt wird. Sie wird auch als Piecewise Linear Homeomorphism (PLH) bezeichnet und wird unter anderem für die Transformation der Koordinaten digitalisierter Kartendateien verwendet (Gillman 1985, S. 191). Kreßner (2009) beschreibt das Rubber-Sheeting als eine maschenweise Affin-Transformation in Kombination mit der Delaunay-Triangulation. Die Delaunay-Triangulation wird verwendet um das Interpolationsgebiet in Dreiecke zu zerlegen, in denen jeweils eine separate lineare Affin-Transformation durchgeführt wird (Kreßner 2009, S. 65).

Mit dieser Methode wird das Problem der überbestimmten Transformation umgangen, wodurch in den Passpunkten Restklaffungen vermieden werden, d. h. die Passpunkte werden exakt und ohne Abweichungen abgebildet (Kreßner 2009, S. 65; Navratil 2006, S. 151).

Folgende Formeln gelten für die maschenweise Affin-Transformation:

$$\begin{aligned} X_i &= a + cx_i + ey_i \\ Y_i &= b + dx_i + fy_i \end{aligned} \tag{3.4}$$

Aus den Transformationsgleichungen wird ersichtlich, dass bei genau drei Passpunkten (Eckpunkte der Dreiecke) eine eindeutige Bestimmung der sechs Transformationsparameter a bis f möglich ist (Kreßner 2009, S. 65; Navratil 2006, S. 151).

Bei der Rubber-Sheet-Transformation bleibt die Nachbarschaftsbeziehung erhalten. „Zu beachten ist jedoch, dass Linien von einem Dreieck in das nächste Dreieck im Allgemeinen an der Begrenzungslinie (leicht) geknickt werden“ (Navratil 2006, S. 152). Ein weiteres Problem ist die fehlende Kontrolle, d. h. die Parameter werden ohne Überbestimmung geschätzt, wodurch fehlerhafte Passpunkte nicht auffallen (Navratil 2006, S. 152).

4 Praktische Umsetzung

In diesem Kapitel wird kurz das zu untersuchende Gebiet näher beschrieben. Anschließend wird der Vorgang beschrieben, wie die Informationen über die Festpunkte der KG Pilgersdorf gesammelt und diese im Punktverwaltungssystem (PVS) eingetragen wurden (Näheres siehe Kapitel 4.2).

Im Unterkapitel 4.3 wird der Messvorgang beschrieben und dokumentiert, welche Erkenntnisse im Feld gewonnen wurden. Am Ende des Kapitels werden die Schritte der einzelnen Berechnungsmethoden nochmals genauer beschrieben.

4.1 Untersuchungsgebiet

Die Katastralgemeinde Pilgersdorf ist eine von sieben Ortsteilen der Großgemeinde Pilgersdorf. Die Gemeinde liegt im Bezirk Oberpullendorf in Burgenland. Die hügelige Landschaft erklärt sich durch dessen Lage im Zöberntal und die Angrenzung an der Buckligen Welt in Niederösterreich (www.burgenland.info).

Die Größe des Kommassierungsgebietes erstreckt sich über eine Fläche von 398 ha. Im Zuge des Z-Verfahrens wurden 839 Grundstücke und 2.600 Grenzpunkte geschaffen (BEV 1978). Das Gebiet ist in Abbildung 4.1 dargestellt.

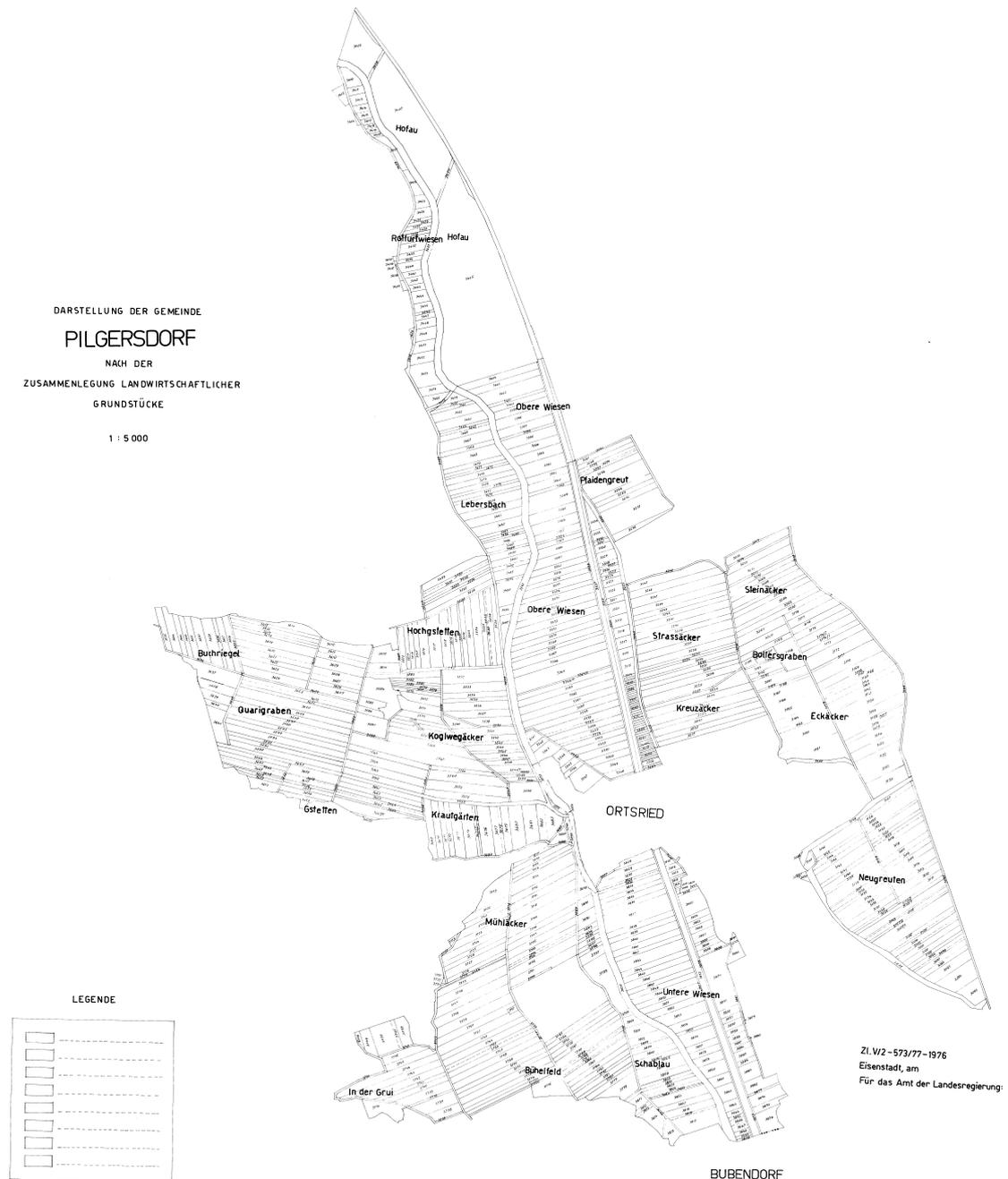
4.2 Daten über das Festpunktfeld

Um einen Überblick über das Kommassierungsgebiet in Pilgersdorf und den dort vorhandenen Festpunkten zu schaffen, wurde mit der „Historisierung“ der Einschaltpunkte begonnen. Dabei wurden die aktuellen sowie historischen Informationen der Festpunkte im Punktverwaltungssystem (PVS) eingetragen. Das PVS ist ein Verwaltungssystem auf Basis einer relationalen Datenbank (Oracle), womit die festpunktbezogenen Daten und die digitalen Punktkarten geführt werden (BEV 2007).

Im Zuge der Diplomarbeit wurden die vorhandenen Punktkarten der Einschaltpunkte im Archiv des BEV in Eisenstadt gesucht und dessen Informationen im PVS eingetragen. In der Datenbank wurden Änderungen einer Stabilisierung bzw. der Koordinaten aufgrund einer Neubestimmung mit einer neuen Auflagennummer versehen. Jede Auflage definiert den zeitlichen Gültigkeitsbereich von Informationen für einen Punkt. Ebenfalls gibt es Auflagenhinweise darüber, ob die Stabilisierung eines Punktes gesperrt, verloren oder

ausgeschieden wurde. Weiters gibt es für jeden Punkt einen Hinweis über die Bestimmungsart der Koordinaten (fotogrammetrische, terrestrische oder GNSS-Bestimmung) (BEV 2007).

Abbildung 4.1: Übersicht des Kommassierungsgebietes Pilgersdorf (Quelle: BEV)



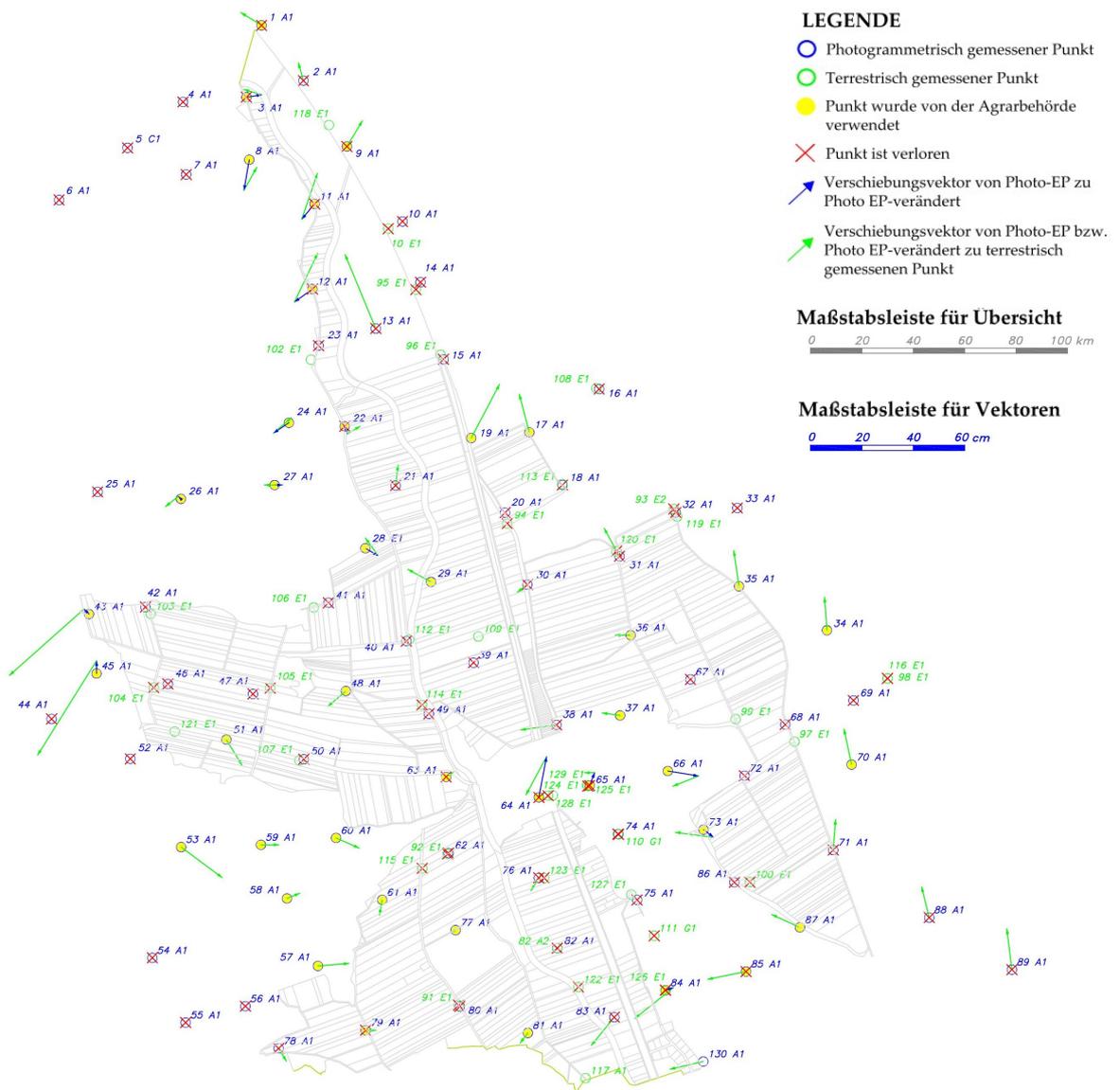
Nach der Historisierung der Einschaltpunkte wurden die gewonnenen Informationen verwendet und die Veränderungen der Koordinaten mittels Vektoren in einer Übersicht dargestellt, dass in Abbildung 4.2 ersichtlich ist. Die Grafik wurde mittels AutoCAD erstellt und die Legende mit PDF ergänzt. In der Abbildung ist die KG Pilgersdorf zu

sehen, dessen KG-Grenze durch die grüne und gelbe Linie gezeigt wird. Grundstücksgrenzen sind nur im Gebiet der Kommassierung eingezeichnet. Aus den Unterlagen der Punktkarten geht hervor, dass die Festpunkte bis EP 90 photogrammetrisch gemessen und die Einschaltpunkte mit höherer Punktnummer terrestrisch gemessen wurden. In der Nähe wichtiger, verloren gegangener Punkte, wurden neue Einschaltpunkte geschaffen. Dies ist in der Übersicht öfters zu beobachten, wie zum Beispiel bei EP 31 und EP 120. Manche Einschaltpunkte wurden im Zuge der Übermessung ausgeschieden. Die Gründe dafür werden nicht angegeben, aber die Vermutung liegt nahe, dass diese Punkte aufgrund ihrer ungünstigen Lage (z. B. im Wald) nicht in Betracht kamen.

Im Zuge des Projektes REVUE wurde in 2008 die KG Bubendorf 33001 und im Jahr 2016 die KG Deutsch-Gerisdorf 33002 und Pilgersdorf 33045 übermessen. Die dabei ermittelten Koordinaten der Einschaltpunkte weisen keine Differenzen zu den terrestrischen EP auf. In Pilgersdorf sind unter anderem EP 51 und EP 58 mit APOS übermessen worden.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass einige Einschaltpunkte im Jahr 1975 photogrammetrisch verändert wurden. Diese Veränderungen wurden in der Grafik als blaue Vektoren dargestellt. Ein Vergleich der Koordinaten mit der Koordinatendifferenzliste von Pilgersdorf (siehe Anhang) weist darauf hin, dass die Agrarbehörde die veränderten Koordinaten bei der Kommassierung verwendet hat. Dipl.-Ing. Steinauer hat nach einem Gespräch mit der Agrarbehörde zu der Koordinatendifferenzliste angemerkt, dass diese Koordinaten die originalen Werte der Photo-EP's sind und diese Werte auch im Archiv der Landesregierung erhoben wurden. Laut Dipl.-Ing. Steinauer wurden mit diesen Koordinaten die Polygonzüge der Agrarbehörde berechnet. Aus diesem Grund wurden in der später folgenden Auswertung in der Diplomarbeit nur die veränderten Koordinaten herangezogen. Bei der Analyse der Grafik konnten die Erkenntnisse der Berichte aus 1978 und 1985 bestätigt werden, wonach die Fehlervektoren keine gleichmäßige Verteilung aufweisen.

Abbildung 4.2: Übersicht der vorhandenen EP in KG Pilgersdorf



4.3 Datenakquisition

Im Zeitraum vom 13. bis 29.03.2017 wurden im Z-Gebiet in Pilgersdorf Messungen mit Unterstützung eines Mitarbeiters des Vermessungsamtes (VA) Eisenstadt durchgeführt. Ziel dieser Messkampagne war es, verteilt über das gesamte Kommissierungsgebiet Grenzpunkte zu überprüfen und einzumessen. Zur Datenerhebung wurden das GNSS-Messgerät GS08plus und die Totalstation TS12 der Firma Leica verwendet. Detaillierte Angaben zu den Instrumenten sind den veröffentlichten Datenblättern des Herstellers zu entnehmen.

Zur Orientierung im Messgebiet wurden die Mappenblätter (außer Wald- und Randblätter) von 33045 Pilgersdorf im Maßstab von 1:1000 bestellt. Zur Dokumentation der Messungen wurde für die verschiedenen Aufnahmemethoden je ein Messprotokoll geführt. Bei den GNSS-Aufnahmen wurde die Grenzpunktnummer, der Zeitpunkt der Aufnahme sowie sonstige Anmerkungen zur Messung bzw. zur Stabilisierung der Grenzpunkte dokumentiert. Bei der Aufnahme mit dem Tachymeter wurden der Standpunkt, dessen Zielpunkte sowie weitere Bemerkungen im Protokoll angeführt und eine Skizze angefertigt.

Messvorgang mit Leica GS08plus

Mit dem GNSS-Gerät (siehe Abbildung 4.3) wurden mithilfe des GIS-Grid bestimmte Grenzpunkte aufgesucht. Die Punktbestimmung der gefundenen Grenzsteine erfolgte nach der Erstinitialisierung dreimal hintereinander. Dann wurde neu initialisiert und dieser Vorgang wiederholt. Dabei wurden die Abweichungen der einzelnen Positionslösungen und die Initialisierungszeiten beobachtet und Auffälligkeiten im Protokoll aufgezeichnet. Damit sollte die Lagegenauigkeit von +/- 2 cm der Messung sichergestellt sein.

Abbildung 4.3: verwendete Materialien bei Punktsuche



Messvorgang mit Totalstation

In manchen Teilgebieten konnten aufgrund der Abschattung durch Bäume einige Grenzpunkte nicht mittels GS08plus Leica aufgenommen werden. In ausgewählten Bereichen wurden daher am 29.03.2017 terrestrische Messungen vorgenommen. Pro Messgebiet wurden zuerst drei Standpunkte mittels APOS bestimmt, da wenige Festpunkte in der Umgebung vorhanden waren. Dabei wurde darauf geachtet, dass eine Gegenvisur der Standpunkte zueinander möglich ist und bei mindestens zwei Standpunkten ein Fernziel sichtbar ist. Ebenfalls sollten von mindestens zwei Standpunkten aus die Zielpunkte beobachtbar sein, um eine Kontrolle zu ermöglichen.

Datenaufbereitung

Die Auswertung der beiden Messverfahren erfolgte mittels rmGEO4, eine Software für geodätische Berechnungen der Firma rmDATA. Damit können die Messdaten ausgewertet werden und die berechneten Punkte in verschiedenste Formate exportiert werden (www.rmdata.at).

Die GNSS-Messdaten sind als ETRS89-Koordinaten vorhanden. Die Messdaten wurden mittels des Moduls „GPS-RTK-Transformation“ im Anwenderprogramm rmGEO4 in das Abbildungssystem Gauß-Krüger/MGI transformiert, um sie mit den vorhandenen Grenzpunkten vergleichen zu können. Dabei wurden zuerst die für die Berechnung

benötigten Festpunkte im „BEV Shop PLUS“ auf der Homepage des BEV bestellt und in rmGEO4 importiert. Als nächsten Schritt wurden die gemessenen ETRS89-Koordinaten importiert. Als Transformation wurde die „2-Schritt-Transformation“ angewendet, da die Höhe der Grenzpunkte nebensächlich ist. Dabei wird zuerst mit einem, meist landesweit gültigen, Parametersatz eine grobe Transformation durchgeführt. Im zweiten Schritt erfolgt die Feinanpassung in das Festpunktfeld (BEV o. J.). Diese Art der Berechnung ermöglicht es, die Höhen der Zwangspunkte zu ignorieren. Zwangspunkte haben Koordinaten sowohl im ETRS89-System und im aktuellen Projektionssystem. Bei der Berechnung der Transformationsparameter sollten mindestens drei Passpunkte vorhanden sein und dessen Klaffungen den Wert von 5 cm vorzugsweise nicht überschreiten. Nach der Bestimmung der Parameter erfolgte die Transformation. Bei den terrestrischen Messdaten wurden zuerst die Standpunkte mit der „2-Schritt-Transformation“ transformiert und danach die Polygonzüge berechnet.

Erfahrungen bei Messung

Im Zuge der Vermessung in Pilgersdorf wurde die Erfahrung gemacht, dass viele Grenzsteine entweder schief standen oder bereits verschwunden waren bzw. lagen. Bei den gefundenen Grenzsteinen war ebenfalls das Problem eindeutig eine Aussage treffen zu können, ob der Grenzpunkt für die Messung bzw. Auswertung hilfreich ist. Im Zweifelsfall wurde der Punkt aufgenommen und im Protokoll erfolgte eine Anmerkung. Es wurden 66 Grenzpunkte mittels GNSS und 12 Punkte terrestrisch aufgenommen. Für die Auswertung wurden 73 der 78 gemessenen Grenzpunkte herangezogen, da einige davon grobe Fehler aufwiesen oder Punkte aus späteren Vermessungen (nach der Kommissierung) stammen.

4.4 Auswertung

Die Berechnungen der einzelnen Methoden erfolgten mittels der Software „Matlab R2016b“ des Unternehmens „The MathWorks“. MATLAB (MATrix LABoratory) ist ein Programm um technische und wissenschaftliche Problemstellungen zu lösen. Eder (2008, S. 33) beschreibt die Software wie folgt: *„In einer einfachen, mathematisch orientierten Skriptsprache können, unter Zuhilfenahme umfangreicher Funktionsbibliotheken, relativ komfortabel Problemlösungen für umfangreiche Aufgabenstellungen programmiert werden.“* Für jede Methode wurden eigene Matlab-Skripts und Funktionen erstellt. Für die Visualisierung der Ergebnisse der Berechnungen wurde AutoCAD (www.autodesk.com) verwendet. Microsoft Excel wurde eingesetzt, um die Visualisierung der Daten in AutoCAD zu erleichtern.

Die Ausgangssituation der folgenden Transformationsmethoden entspricht grundsätzlich der klassischen Koordinatentransformation. Im Ausgangskordinatensystem A liegen n

Punkte mit x_i und y_i Koordinaten vor. Im Zielkoordinatensystem B sind davon m (mit $m < n$) X_i und Y_i Koordinaten vorhanden. In dieser Arbeit sind die Ausgangskordinaten die photogrammetrisch gemessenen Einschaltpunkte, die von der Agrarbehörde verwendet wurden und die Zielkoordinaten sind die terrestrisch gemessenen Einschaltpunkte. Die Aufgabe ist es nun, die Transformationsfunktion und die Transformationsparameter zwischen den Koordinatensystemen A und B zu bestimmen. Für die identen Punkte gilt die Transformationsfunktion:

$$(X, Y) = F(x, y) \quad (4.1)$$

Der nächste Schritt ist die Durchführung der Transformation. Die umzurechnenden Punkte sind die Grenzpunkte des Agrarverfahrens.

In den Unterlagen geht hervor, dass 2.600 Grenzpunkte im Zuge der Kommassierung aufgenommen wurden. Jedoch gibt es keine Unterlagen dazu, welche Grenzpunkte es sind. Weiters ist aus dem Bericht von 1978 bekannt, dass einige Punkte photogrammetrisch ermittelt wurden. In den vorhandenen Unterlagen ist nicht ersichtlich wie viele und welche Grenzpunkte so bestimmt wurden. Auf Nachfrage eines Mitarbeiters vom VA in Eisenstadt wurde mir mitgeteilt, dass die Agrarbehörde keine weiteren Unterlagen zur Verfügung hat. Dieser Mitarbeiter hat sich schon mit der Problemstellung auseinandergesetzt. Aus diesem Grund wurden alle Grenzpunkte der Kommassierungsgrundstücke für die folgenden Berechnungsmethoden verwendet, dessen Koordinatenveränderungen nur bis 1978 gingen, was eine Anzahl von 3.182 Grenzpunkte ergibt. Diese Informationen wurden im sogenannten Veränderungshinweis (VHW) entnommen. Im VHW werden alle Änderungen im Kataster dokumentiert. Er besteht aus einem technischen als auch schriftlichen Teil und seit 1969 sind auch Grenzverhandlungsunterlagen enthalten (www.bev.gv.at).

Im Folgenden wird der Vorgang der einzelnen Verfahren genauer beschrieben. Für die genaue Herleitung der Formeln wird auf die Literatur von Navratil (2006) verwiesen.

4.4.1 Affin-Transformation

Für die affine Transformation sind 40 Passpunkte (siehe Anhang) und 3.182 Grenzpunkte vorhanden. Es liegt eine Ausgleichungsaufgabe nach dem Prinzip der kleinsten Quadrate vor. Das Modell der Affin-Transformation wird nochmals dargestellt:

$$\begin{aligned} X &= a + cx - ey \\ Y &= b + dx + fy \end{aligned} \quad (4.2)$$

Im ersten Schritt werden Näherungswerte für die zu bestimmenden Transformationsparameter im Vektor x zusammengefasst:

$$x = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ m_x \cdot \cos\alpha \\ m_x \cdot \sin\alpha \\ m_y \cdot \sin\beta \\ m_y \cdot \cos\beta \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Als nächstes werden die Design-Matrix A bestimmt und der gekürzte Beobachtungsvektor l berechnet. Die Design-Matrix hat folgendes Aussehen:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_1 & 0 & -y_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & x_1 & 0 & y_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Der gekürzte Beobachtungsvektor berechnet sich aus ‚gemessen minus gerechnet‘, also aus der Differenz des Beobachtungsvektors L und des gekürzten Beobachtungsvektors L_0 . In diesem Fall sind L die terrestrisch gemessenen Einschaltpunkte (die Zielkoordinaten). Die sogenannten gerechneten Werte L_0 werden aus den Näherungskordinaten abgeleitet.

$$l = L - L_0 \quad (4.5)$$

Nun kann das Normalgleichungssystem $A^T A x = A^T l$ aufgestellt und aufgelöst werden. Als Ergebnis erhält man die Zuschläge für die Näherungswerte.

$$\hat{x} = (A^T A)^{-1} \cdot A^T l \quad (4.6)$$

Damit können die sechs ausgeglichenen Parametervektoren berechnet werden, womit im nächsten Schritt die affine Transformation der Grenzpunkte erfolgen kann.

4.4.2 Affin-Transformation mit Abstandsgewichte

Das Problem bei überbestimmten Transformationen ist jedoch, dass sich in den identen Punkten Klaffungen ergeben. Oft sollen diese Passpunkte aber ihre Koordinatenwerte beibehalten. Die Berechnung der Abstandsgewichte für nicht-idente Punkte ermöglicht es, die Restklaffungen null werden zu lassen und dabei die Nachbarschaftstreue zu erhalten (Navratil, 2006, S. 152). Aus diesem Grund kommt in dieser Arbeit diese Methode ebenfalls zur Anwendung.

Die Transformation der Grenzpunkte erfolgt wie im vorigen Unterkapitel 4.4.1 beschrieben wurde. Im nächsten Schritt wird für jeden transformierten Grenzpunkt ein Anpassungsbetrag (u_{Xj}, u_{Yj}) als gewichtetes Mittel aus allen Restklaffungen der identischen Punkte (v_{Xi}, v_{Yi}) bestimmt.

$$u_{Xj} = \frac{1}{\sum p_{ij}} \cdot \sum_{i=1}^n (p_{ij} v_{Xi})$$

$$u_{Yj} = \frac{1}{\sum p_{ij}} \cdot \sum_{i=1}^n (p_{ij} v_{Yi})$$
(4.7)

Das Abstandsgewicht p_{ij} wird über den geometrischen Abstand ermittelt, wobei s_{ij} die Strecke zwischen photogrammetrischen Passpunkt i und umzurechnenden Grenzpunkt j ist.

$$p_{ij} = s_{ij}^{-k}$$
(4.6)

Für den Exponenten k können Werte von 1, 1,5 oder 2 angesetzt werden. Bei dieser Berechnung wurde der Wert 1 gewählt, da diese die inverse Distanz zum Stützpunkt i entspricht.

4.4.3 Maschenweise Affin-Transformation

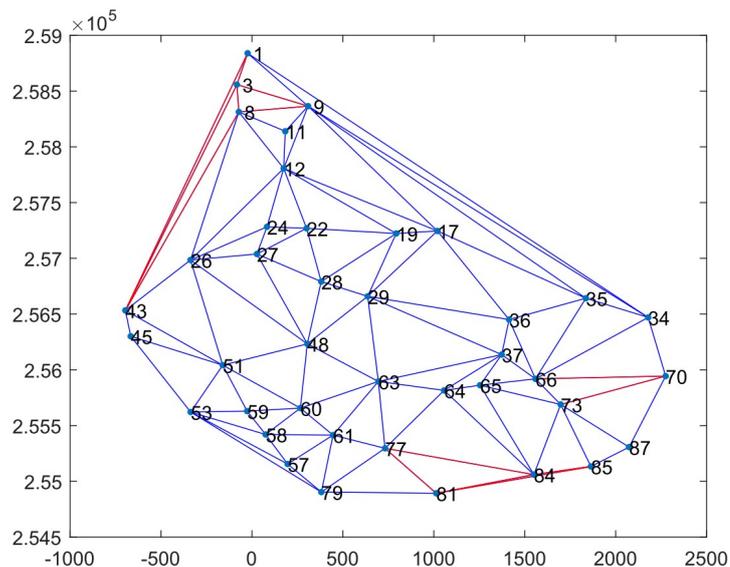
Eine weitere Möglichkeit die Problematik der Überbestimmung zu umgehen ist die Maschenweise Affin-Transformation. Damit werden die Passpunkte ohne Restklaffungen abgebildet.

Mithilfe der Delaunay-Triangulation wurde die Menge der photogrammetrischen Passpunkte (im Ausgangssystem) in Dreiecksmaschen zerlegt. Diese Delaunay-Triangulation erzeugt möglichst gleichseitige Dreiecke, dessen Seiten sich nicht schneiden. Nach Bestimmung des Dreiecksnetzes wurden für jede einzelne Masche die sechs Transformationsparameter eindeutig bestimmt. Mit den Transformationsparametern konnte jeweils eine separate Affin-Transformation der Grenzpunkte durchgeführt werden. Bei der Durchführung der Triangulation wurde für jeden Grenzpunkt geprüft, in welcher Dreiecksmasche er sich befindet. Punkte die sich in keinem Dreieck befanden wurden bei dieser Methode ignoriert.

Damit ein Übergang zwischen den Dreiecksmaschen möglich ist, wird bei den Begrenzungslinien der Dreiecke davon ausgegangen, dass die Restklaffungen null betragen. Somit wird für zwei benachbarte Punkte in den verschiedenen Dreiecken die Nachbarschaft nach der Transformation bewahrt. Es kann aber geschehen, dass die

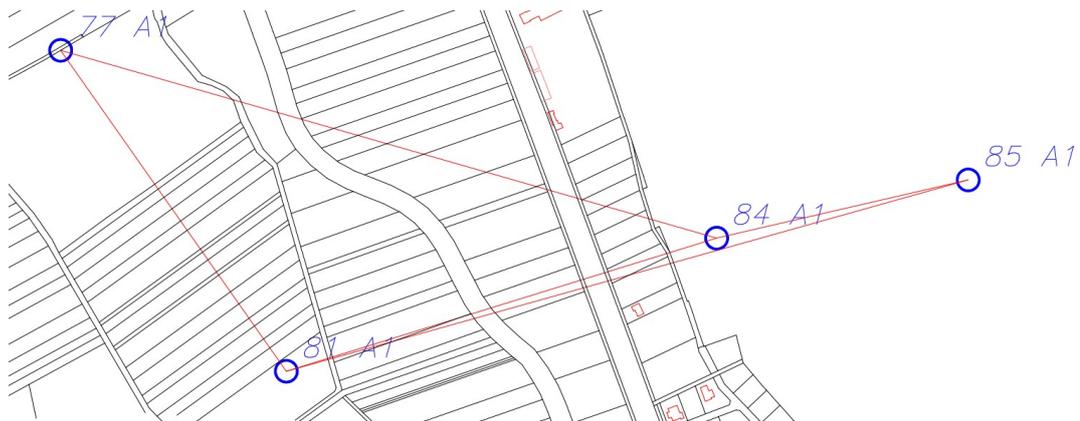
Verbindungsline zwischen diesen zwei Punkten an der Begrenzungslinie geknickt wird (Navratil 2006, S. 151f). Die Schnittpunkte zwischen den Grundstücksgrenzlinien und den Dreieckskanten wurden transformiert, um zu analysieren, ob und wie stark sich diese Linie an der Begrenzungslinie knickt. Ausgewählt wurden drei Gebiete mit einer oder mehreren Dreiecksmasche(n). Es wurden Dreiecke gewählt, die schmal und langgezogen sind und zum direkten Vergleich eher gleichseitige Dreiecke. In Abbildung 4.4 ist das Ergebnis der Delaunay-Triangulation ersichtlich. Bei den rot eingezeichneten Dreiecken wurden die Schnittpunkte erzeugt.

Abbildung 4.4: Dreiecksnetz aufgrund der photogrammetrischen EP. Die roten Linien stellen die verwendeten Dreiecke dar, wo die Schnittpunkte bestimmt wurden.



Für die Bestimmung der Koordinaten der Schnittpunkte wurden zuerst die ausgewählten Dreiecke in AutoCAD erstellt. In Abbildung 4.5 ist ein Ausschnitt des Dreiecks – mit der DKM im Hintergrund – zu sehen. Dort wo sich die Grundstücksgrenzen und die Dreieckslinien kreuzten, wurden die Koordinatenwerte auf fünf Nachkommastellen genau erzeugt. Die ermittelten Schnittpunkte wurden in Matlab importiert und mit der Maschenweise Affin-Transformation umgerechnet.

Abbildung 4.5: Ausschnitt aus der DKM zur Ermittlung der Koordinatenwerte der Schnittpunkte



4.4.3.1 Analyse der transformierten Schnittpunkte

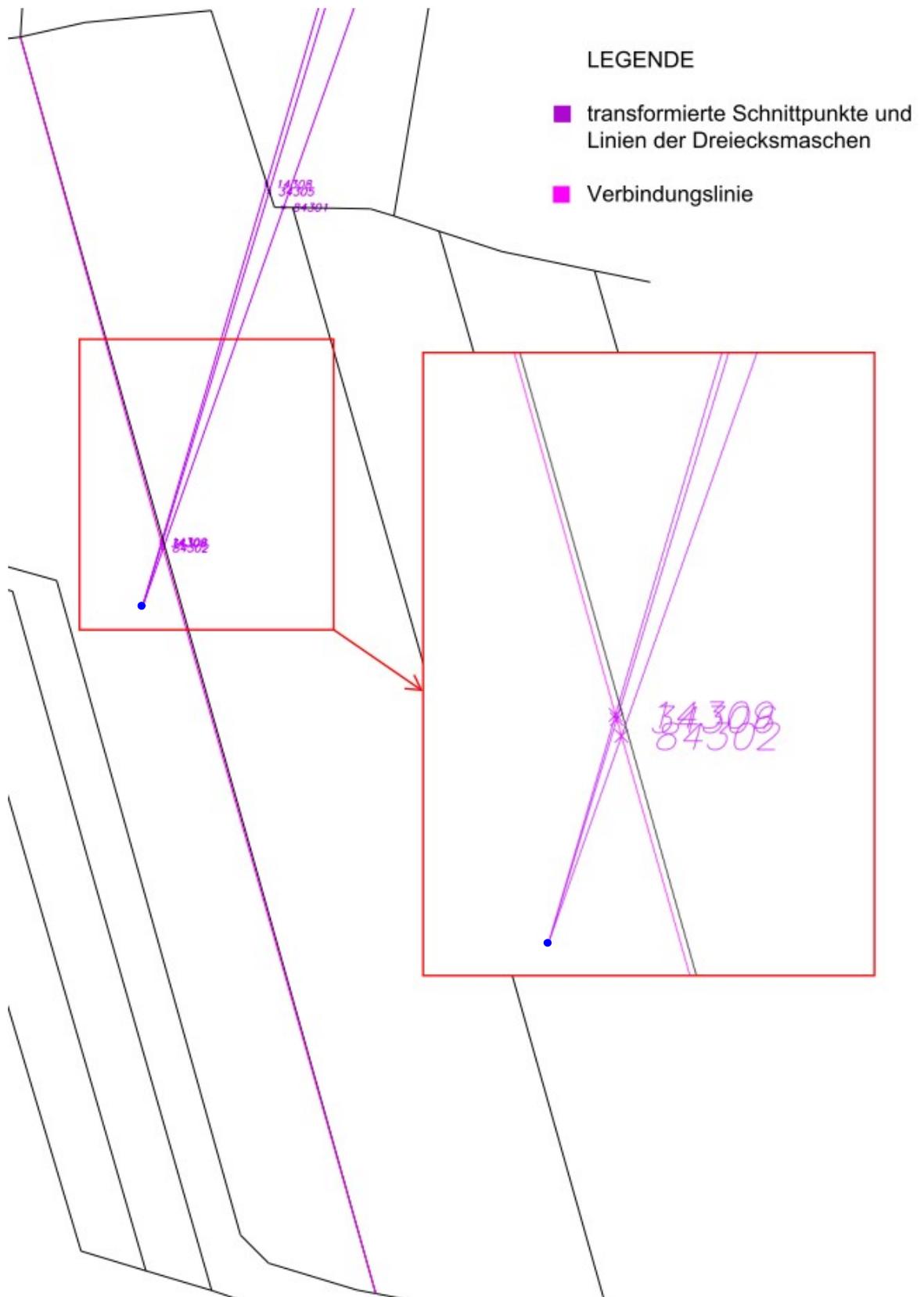
Das Kommassierungsgebiet wurde in der DKM (Digitale Katastralmappe) mittels VTRA (VektorTRAnsfOrmation) interpoliert, um das Ergebnis der Transformation der Schnittpunkte analysieren zu können. VTRA ist ein von BEV entwickeltes Transformationsprogramm, das auf AutoCAD-Basis arbeitet (Eder 2008, S. 71).

Für die Transformation wurde ein Umfahrungspolygon um das Kommassierungsgebiet gezeichnet, damit die restlichen Grundstücke der DKM nicht ebenfalls transformiert werden. Im Laufe der Jahre gab es einige Vermessungen (Teilungen, ...) im Z-Gebiet, wodurch neue Grenzpunkte entstanden. Diese Grenzpunkte, mit neueren VHW, wurden vom terrestrischen und gültigen Festpunktfeld abgeleitet. Aus diesem Grund sollten sie von der Transformation ausgeschlossen werden und bekamen daher einen Nullvektor.

Nach dem Laden aller berechneten Verschiebungsvektoren wurde die Transformation mit VTRA durchgeführt.

Durch die Visualisierung der transformierten DKM mit den neuen Schnittpunktkoordinaten, konnte das Ergebnis untersucht werden. Dabei wurden die Abstände der umgerechneten Schnittpunkte zu den dazugehörigen Grundstücksgeraden gemessen. In Abbildung 4.6 ist ein Ausschnitt aus der DKM zu sehen. In diesem Beispiel wird sichtbar, dass an der Begrenzungslinie des Dreiecks die Grundstückslinie geknickt wird.

Abbildung 4.6: Ausschnitt aus der DKM mit den transformierten Schnittpunkten



In Tabelle 4.1. sind die Abstände der Schnittpunkte zu der Grundstücksgeraden aus Abbildung 4.6 zu sehen, um das Ergebnis zu verdeutlichen. Ebenfalls sind in dieser Tabelle die Differenzvektoren der Schnittpunkte, also der Unterschied der Schnittpunkte vor und nach der Transformation, dargestellt. Auffällig bei diesem Vergleich ist, dass der Abstand zur Geraden in der Nähe des EP sehr groß ist. Die Punkte 014309, 034306 und 084302 haben jeweils einen Vektor von 25 cm, wobei die anderen Punkte geringe Differenzen aufweisen. Die Verschiebungsvektoren haben aber fast dieselben Werte.

Tabelle 4.1: Vergleich der Punktabstände von der Grundstücksgeraden, sowie die Länge der Verschiebungsvektoren der Schnittpunkte (Punkte aus Abb. 4.6)

Punktnummer	Abstand zu Gerade [m]	Vektorlänge [m]
014308	0,04	0,38
014309	0,25	0,39
034305	0,03	0,38
034306	0,25	0,39
084301	0,00	0,38
084302	0,25	0,39

Ein weiteres Beispiel wird in Abbildung 4.7 sowie Tabelle 4.2 gezeigt. Obwohl die Punkte fast gleich lange Verschiebungsvektoren haben, ist der Abstand zur Geraden bei Punkt 778414 größer als bei den anderen Punkten.

Abbildung 4.7: Ergebnis der Transformation der Schnittpunkte auf der Dreiecksgeraden zwischen EP77 und EP84

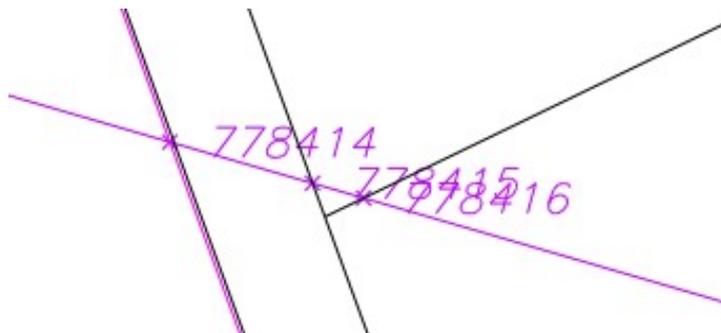


Tabelle 4.2: Vergleich der Punktabstände von der Grundstücksgeraden, sowie die Länge der Verschiebungsvektoren der Schnittpunkte (Punkte aus Abb. 4.7)

Punktnummer	Abstand zu Gerade [m]	Vektorlänge [m]
778414	0,128	0,044
778415	0,000	0,045
778416	0,000	0,046

Die Ursache dafür konnte nicht nachvollzogen werden. Aufgrund der oben ausgesuchten Beispiele wurde vermutet, dass längere Grundstücksgereaden auch größere Abstände zu den Schnittpunkten verursachen würde. Bei anderen Punkten wiederum, wie zum Beispiel in Abbildung 4.8 und Tabelle 4.3 zu sehen ist, waren die Abstände der Schnittpunkte sowohl zu langen als auch zu kurzen Grundstücksgereaden klein.

Abbildung 4.8: Ergebnis der Transformation der Schnittpunkte auf der Dreiecksgeraden zwischen EP77 und EP84

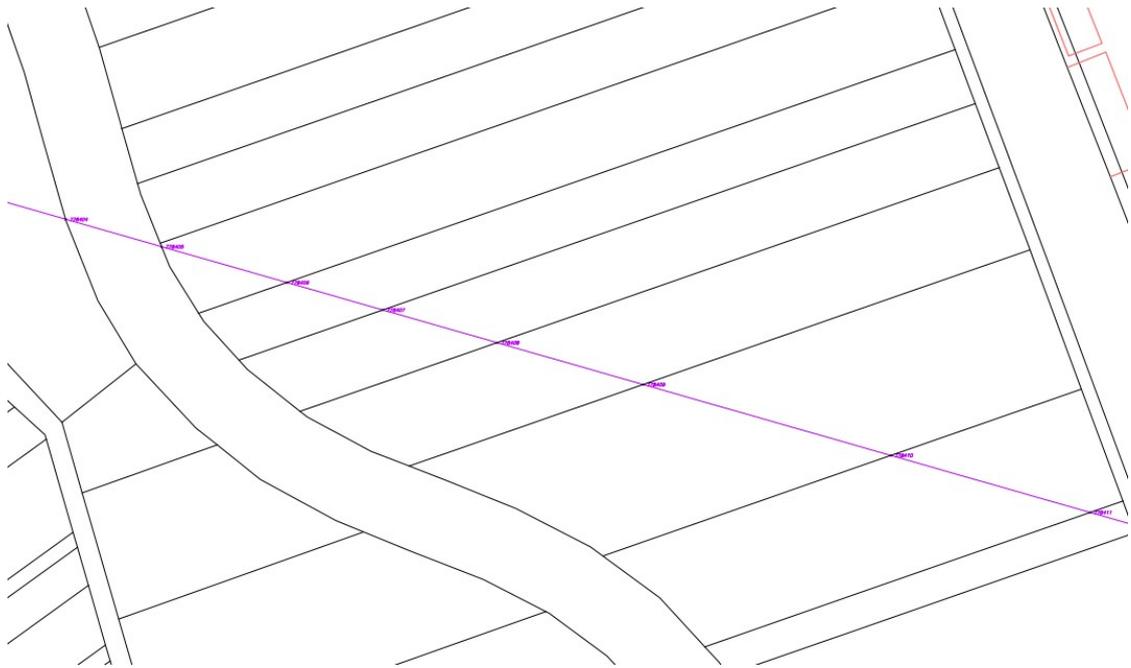


Tabelle 4.3: Vergleich der Punktabstände von der Grundstücksgereaden, sowie die Länge der Verschiebungsvektoren der Schnittpunkte.

Punktnummer	Abstand zu Gerade [m]	Vektorlänge [m]
778404	0,000	0,078
778405	0,000	0,085
778406	0,001	0,093
778407	0,002	0,099
778408	0,004	0,107
778409	0,007	0,116
778410	0,012	0,132
778411	0,001	0,145

Mit den Beispielen kann auf das Problem der Knickpunkte an den Dreiecksgeraden hingewiesen werden, die durch die zwei verschiedenen affinen Transformationen auf den beiden Seiten der Maschengrenze erzeugt werden.

4.4.4 Inverse Distance Weighted Methode

Bei der Interpolationsmethode wurde wie bei Unterkapitel 4.4.2 die Formel für die Berechnung der Abstandsgewichte herangezogen. Der Anpassungsbetrag wurde aber an die Grenzpunkte direkt angebracht und nicht an die transformierten Grenzpunkte. Die Anzahl der „*benachbarten*“ Stützwerte kann individuell festgelegt werden. In dieser Arbeit wurden alle Stützwerte bei der Berechnung verwendet.

5 Vergleich der Ergebnisse

Die im vorigen Kapitel näher beschriebenen Transformations- bzw. Interpolationsmethoden liefern neue Koordinaten der Grenzpunkte. Die Koordinaten werden mit den Werten der DKM verglichen, um eine Aussage über sie treffen zu können. Die resultierenden Verschiebungsvektoren wurden danach grafisch mittels AutoCAD dargestellt. Die Vektoren wurden um einen Faktor 1.000 vergrößert, damit dessen Richtungen besser ersichtlich sind.

Im nächsten Unterkapitel werden die Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte zwischen den Berechnungsmethoden verglichen. Als Erstes wird ein grober Überblick über einige statistische Größen der berechneten Vektorlängen angeführt. Daraufhin werden mittels Histogrammen die Längen der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte sowie dessen Häufigkeit des Auftretens analysiert. Im Unterkapitel 5.2 werden die Unterschiede bzw. Ähnlichkeiten der Methoden grafisch verglichen. Ebenfalls werden die gemessenen Grenzpunkte analysiert. Am Schluss werden noch Beispiele für die Transformation mittels VTRA dargestellt und eventuelle Probleme bei den Koordinatenänderungen besprochen.

5.1 *Vergleich der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte*

Die Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte wurden als Erstes gegenübergestellt, um sich einen ersten Überblick über die Methoden zu verschaffen und Vergleiche anstellen zu können. Dabei wurden die statistischen Größen wie Mittelwert, Median und Maximum der Vektorlängen ermittelt. Das Ergebnis ist aus der Tabelle 5.1 zu entnehmen. Anhand dieser Tabelle ist ersichtlich, dass Mittelwert sowie Median der Verschiebungsvektoren der Berechnungsmethoden keine Ähnlichkeiten aufweisen. Bei der Affin-Transformation beträgt die maximale Abweichung 15,2 cm, sie weist damit das geringste Maximum aller Methoden auf. Die maschenweise Affin-Transformation zeigt das höchste Maximum von 40 cm auf. Diese Methode besitzt ebenfalls den größten Mittelwert und den größten Median. Die Eckpunkte (Passpunkte) einzelner Dreiecksmaschen haben große Verschiebungsvektoren. Das könnte eine mögliche Ursache für den hohen Mittelwert bzw. Median sein. Außerdem gibt es an den Ranggebieten des Dreiecksnetzes einige spitzwinkelige Dreiecksmaschen (siehe Abbildung 4.4), die das Ergebnis beeinflussen könnten. Weshalb die Affin-Transformation mit Abstandsgewichten größere Werte als die Affin-Transformation aufweist, ist nicht ganz deutlich. Möglich ist, dass Grenzpunkte in

der Nähe der Passpunkte mit hohen Verschiebungsvektoren höhere Anpassungsbeträge bekommen und dadurch auch die statistischen Werte höher ausfallen. Die Interpolationsmethode IDW hat hingegen die kleinsten Werte beim Mittelwert und Median, jedoch ein Maximum von 30,4 cm.

Tabelle 5.1: Vergleich der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte

Vergleichsvektor GP	Mittelwert [m]	Median [m]	Maximum [m]
DKM - Affin-Transformiert	0,067	0,062	0,152
DKM - Affin-Transformiert mit Abstandsgewichtung	0,072	0,067	0,313
DKM - Maschenweise Affin-Transformiert	0,089	0,081	0,400
DKM - IDW	0,043	0,038	0,304

Anhand dieser Tabelle werden die maximalen Koordinatenverschiebungen der einzelnen Methoden angeführt. Es ist darin nicht ersichtlich, wie viele Grenzpunkte hohe Abweichungen haben. Aus diesem Grund wurde für jede Methode ein Histogramm erstellt. Es soll veranschaulichen, wie viele Grenzpunkte eine gewisse Länge der Verschiebungsvektoren besitzen. Für diesen Vergleich wurden die Vektoren auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Obwohl beim Vergleich die Transformations- bzw. Interpolationsmethoden kaum Ähnlichkeiten zeigen, fällt das Histogramm der maschenweisen Affin-Transformation in Abbildung 5.3 sofort auf. Die Methode weist nicht nur auf das Maximum der Verschiebungsvektoren (siehe Tabelle 5.1) hin, sondern auch, dass viele Grenzpunkte große Differenzen aufweisen. Aus dem Histogramm ist ebenfalls zu entnehmen, dass 379 Grenzpunkte eine Verschiebung von 0 cm haben. Diese Punkte befinden sich außerhalb der Dreiecksmaschen. Man könnte diese Punkte anhand des Parametersatzes des nächstgelegenen Dreieckes transformieren. In der Diplomarbeit wurde dieser Lösungsansatz nicht angewandt, da die Ergebnisse der Analyse nicht zufriedenstellend waren.

Das Histogramm der IDW in Abbildung 5.4 zeigt, dass die Maximallänge der Vektoren von 30,4 cm ein Einzelfall ist. Insgesamt 42 der 3.182 haben einen Wert über 15 cm. Im Gegensatz dazu gibt es viele Werte unter 5 cm. Am Häufigsten haben die Vektoren eine Länge von 3 cm, nämlich 792 Grenzpunkte.

Abbildung 5.1: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Affin-Transformation

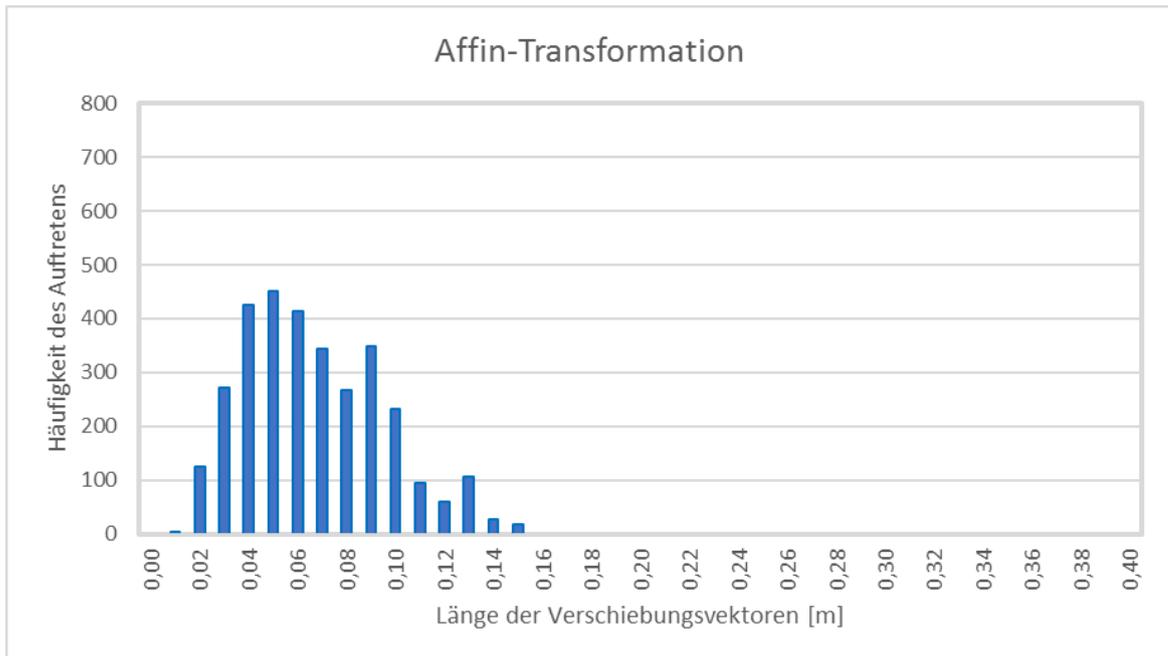


Abbildung 5.2: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Affin-Transformation mit Abstandsgewichtung

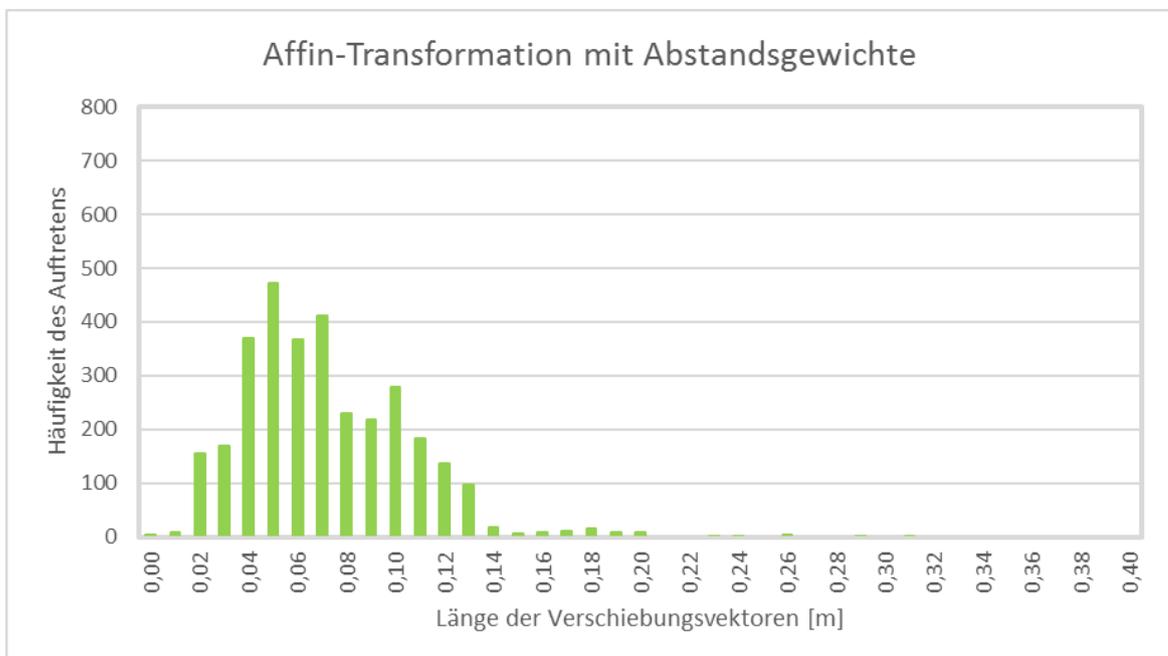


Abbildung 5.3: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Maschenweise Affin-Transformation

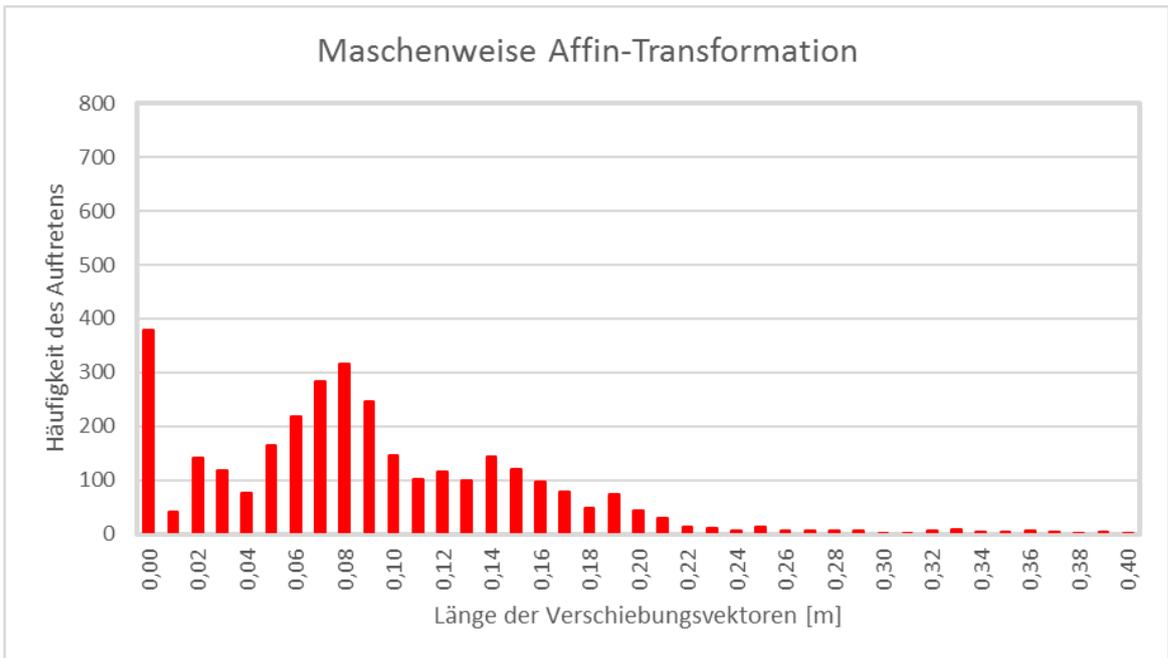
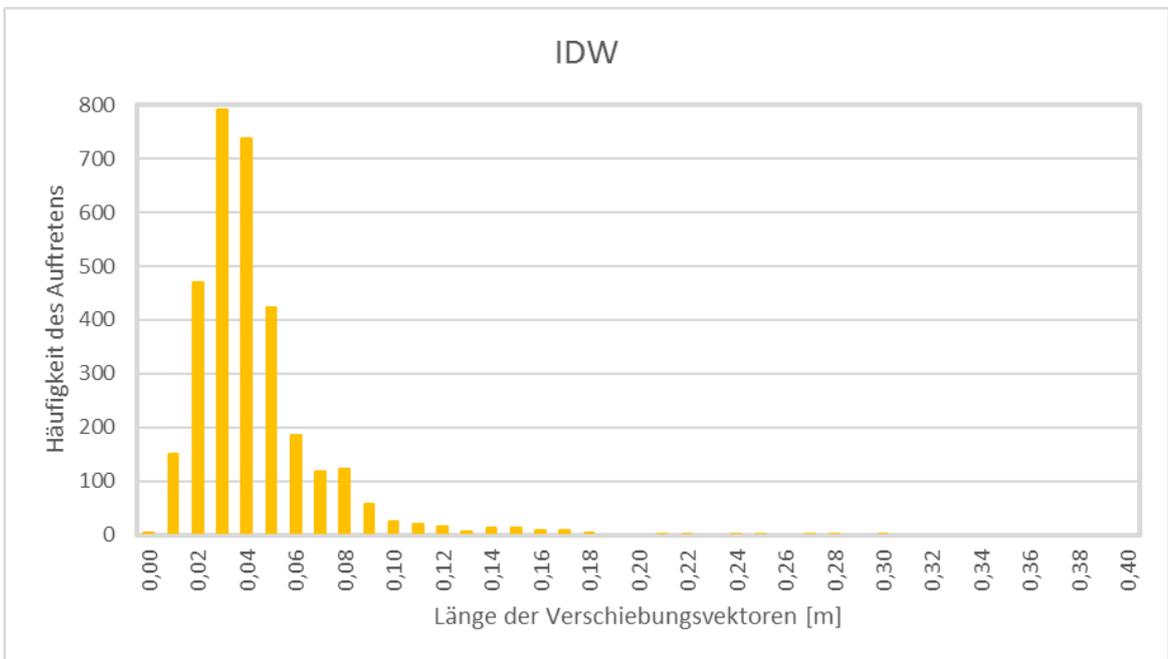


Abbildung 5.4: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Inverse Distance Weighted Methode

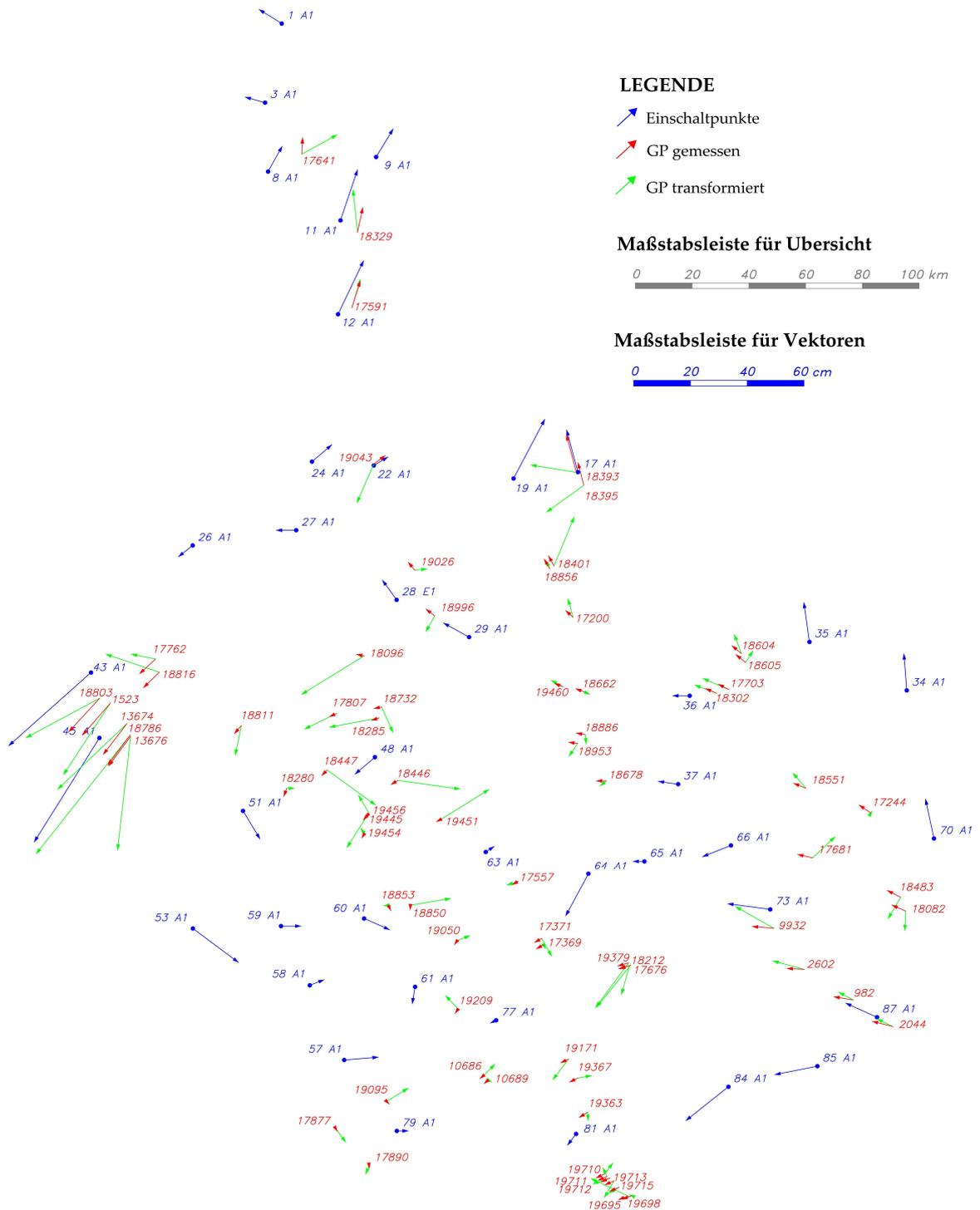


5.2 Vergleich transformierte und APOS-gemessene Grenzpunkte

Eine weitere Vergleichsmöglichkeit ist die grafische Gegenüberstellung der Verschiebungsvektoren. In der Grafik werden sowohl die Einschaltpunkte mit den transformierten bzw. APOS gemessenen Grenzpunkten als auch die transformierten mit den gemessenen Grenzpunkten gegenübergestellt. Aus den insgesamt 3.182 umgerechneten Grenzpunkten wurden diejenigen herausgefiltert, die ebenfalls im Feld gemessen und ausgewertet wurden, damit der Vergleich übersichtlich dargestellt werden kann.

In Abbildung 5.5 sind die Verschiebungsvektoren der Einschaltpunkte, der gemessenen Grenzpunkte und der nach der Shepard-Methode neu berechneten Grenzpunkte dargestellt. Aus der Grafik ist zu entnehmen, dass die Verschiebungsvektoren der gemessenen Grenzpunkte (in Abbildung 5.5 in Grün dargestellt) oft eine andere Richtung aufweisen als die Einschaltpunkte. Im Folgenden werden Ausschnitte aus der Übersicht entnommen und dessen Vektoren analysiert und mit den Ergebnissen der anderen Methoden verglichen.

Abbildung 5.5: Vergleich zwischen den Verschiebungsvektoren der Einschaltpunkte, der gemessenen Grenzpunkte und der transformierten Grenzpunkte (IDW)



In Abbildung 5.6 und Tabelle 5.2 ist erkennbar, dass sich der Grenzpunkt 17641 bei allen Methoden von der Richtung und Größe kaum ändert. Jedoch zeigt der Vektor des gemessenen Grenzpunktes in eine andere Richtung als der des berechneten Grenzpunktes.

Bei den beiden unteren Punkten in Abbildung 5.6 sind jedoch schon Unterschiede zwischen den Methoden erkennbar. Bei der maschenweisen Affin-Transformation besitzt der Punkt 17591 einen Verschiebungsvektor von 20 cm und weist in die gleiche Richtung wie EP 12. Im Vergleich dazu enthält dieser Grenzpunkt bei der Affin-Transformation einen Vektor von 7 cm. Ebenfalls ist bei dieser Methode (siehe Abbildung 5.6) eine abweichende Richtung in Bezug auf EP 12 bzw. zu den anderen Berechnungsmethoden erkennbar. Die Verschiebungsvektoren des Grenzpunktes 18329 haben bei der Affin-Transformation und IDW eine Länge von 9 cm, zeigen aber in einen etwas anderen Verlauf. Auffallend bei Punkt 18329 ist ebenfalls der gemessene Grenzpunkt. Er weist in eine andere Richtung als die Einschaltpunkte in seiner Gegend. Die Stabilisierung des Grenzpunktes wirkte bei der Messung nicht beschädigt. Der Boden war jedoch etwas locker und in der Nähe wurde ein Hochspannmast errichtet. Das könnte die Stabilisierung beeinflusst haben und somit die Vektorlänge von 15 cm erklären.

Abbildung 5.6: Vergleich der Berechnungsmethoden. Von links nach rechts: Affin-Transformation, Affin-Transformation mit Abstandsgewichte, Maschenweise Affin-Transformation und IDW

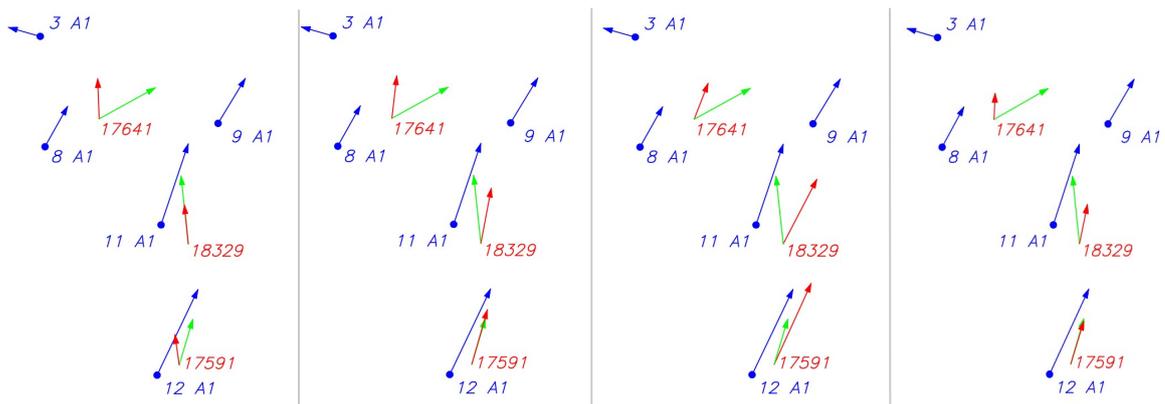


Tabelle 5.2: Länge der Verschiebungsvektoren aus Abbildung 5.6

GP-Nummer	Vektorlänge [m]				
	Affin-Transformation (AT)	Affin-Transformation m. Abstandsgewichte (ATmG)	Maschenweise Affin-Transformation (MAT)	IDW	GP gemessen (APOS)
17591	0,07	0,13	0,20	0,10	0,11
17641	0,09	0,09	0,09	0,06	0,14
18329	0,09	0,12	0,16	0,09	0,15

Bei der nächsten Gegenüberstellung (siehe Abbildung 5.8) ist der Ausschnitt mit den längsten Verschiebungsvektoren der Einschaltpunkte abgebildet. In diesem Bildausschnitt

sind die beiden Grenzpunkte 17762 und 18816 mittels APOS gemessen und die restlichen fünf Grenzpunkte mit der Totalstation aufgenommen.

In der Übersicht sind klar die Unterschiede der Methoden zu erkennen. Die Vektoren, die mit der affinen Transformation ermittelt wurden, weisen bei allen Grenzpunkten die geringste Länge auf. Sie zeigen aber in eine etwas andere Richtung als die Verschiebungsvektoren der Einschaltpunkte sowie die der anderen Berechnungsmethoden. Auffällig ist wieder das Ergebnis der maschenweisen Affin-Transformation. Anhand der Tabelle 5.3 ist zu erkennen, dass die berechneten Verschiebungsvektoren eine Länge von 20 cm (bei Grenzpunkt 18816) bis zu 39 cm (bei Grenzpunkt 18803) haben. Die Vektoren besitzen einen ähnlichen Verlauf wie die der Einschaltpunkte. Die Methoden Affin-Transformation mit Abstandsgewichten und IDW zeigen ähnliche Ergebnisse, wobei die Abweichungen der IDW immer um 3 cm bzw. 4 cm geringer sind als die der Affin-Transformation mit Abstandsgewichten.

Die Vektoren der gemessenen Grenzpunkte 17762 und 18816 weisen eine andere Richtung als die Einschaltpunkte auf. Die Verschiebungsvektoren der terrestrisch aufgenommenen Punkte zeigen in ähnlicher Richtung der Einschaltpunkte. Die unterschiedlichen Aufnahmemethoden haben vermutlich keinen bzw. minimalen Einfluss auf das Ergebnis, wenn man die Lage der Grenzpunkte in Betracht zieht. Der Grenzpunkt 17762 ragt mehr als 20 cm aus der Erde und befindet sich direkt neben einem Waldweg (siehe Abbildung 5.7). Der Punkt wurde trotzdem aufgenommen, da die Stabilisierung noch sehr fest war und der Stein optisch gerade aussah. Die Grenzpunkte 1523, 13674, 13676, 18786 und 18803 stehen im Wald. Im Wald ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass in den letzten Jahrzehnten nichts mit den Stabilisierungen der Punkte geschehen ist. Aus der Tabelle 5.3 ist zu entnehmen, dass die terrestrisch gemessenen Grenzpunkte – ebenfalls wie die Einschaltpunkte – hohe Abweichungen aufweisen. Der Grenzpunkt 18786 hat den höchsten Wert mit 54 cm.

Abbildung 5.7: Grenzpunkt 17762



Abbildung 5.8: Vergleich der Berechnungsmethoden. Von links nach rechts: Affin-Transformation, Affin-Transformation mit Abstandsgewichte, Maschenweise Affin-Transformation und IDW

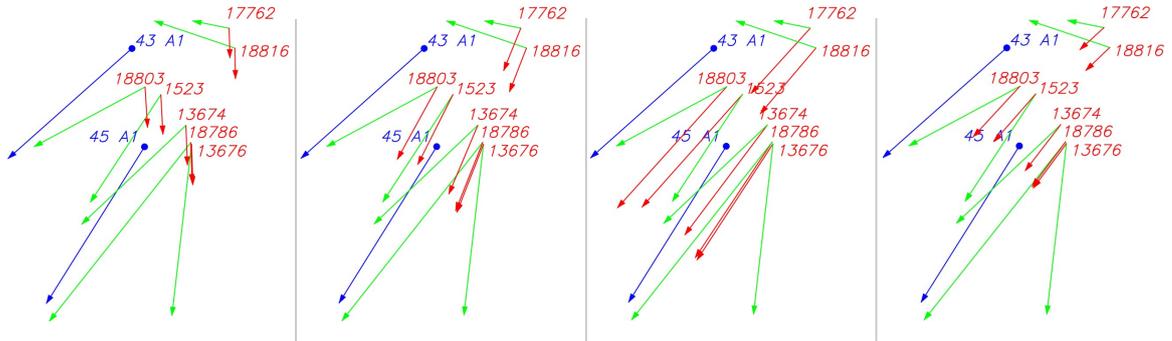


Tabelle 5.3: Länge der Verschiebungsvektoren aus Abbildung 5.7

GP-Nummer	Vektorlänge [m]				
	AT	ATmG	MAT	IDW	APOS
1523	0,09	0,18	0,36	0,15	0,30
13674	0,09	0,18	0,32	0,14	0,34
13676	0,10	0,17	0,33	0,13	0,41
17762	0,07	0,11	0,21	0,08	0,09
18786	0,10	0,17	0,33	0,13	0,54
18803	0,10	0,20	0,39	0,16	0,30
18816	0,07	0,11	0,20	0,08	0,20

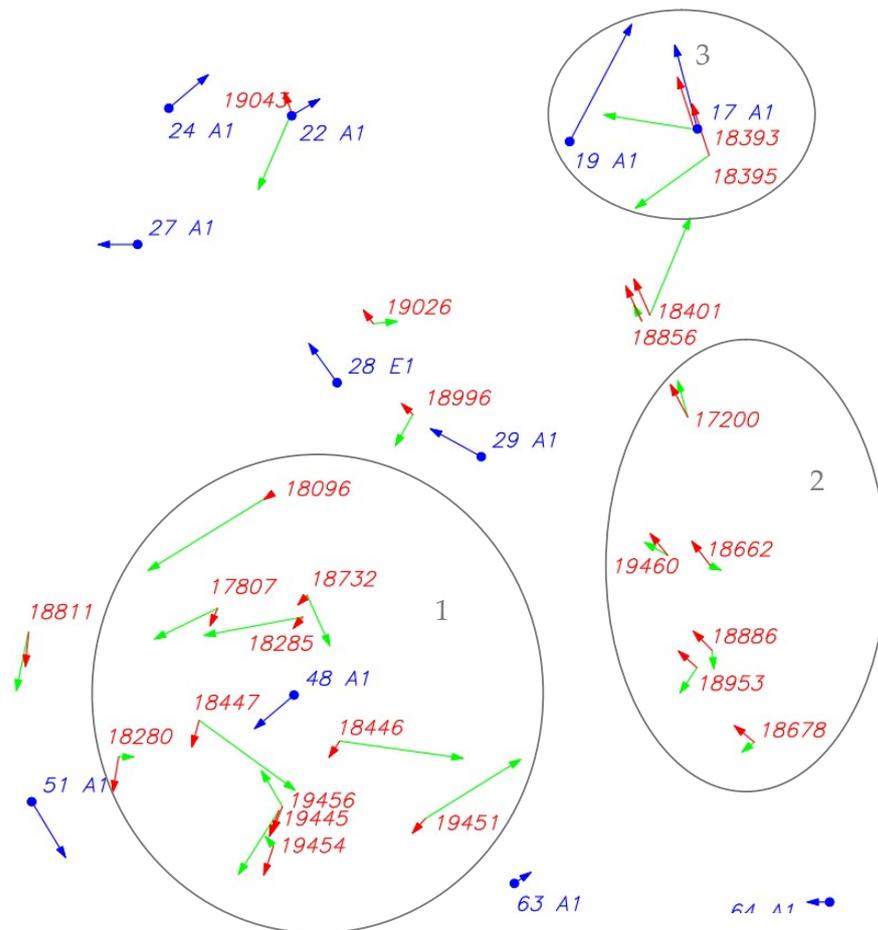
In der folgenden Grafik (siehe Abbildung 5.10) werden nur die gemessenen Punkte untersucht, um die Problematik der Stabilisierungen der Grenzpunkte hervorzuheben. Im ersten Augenblick fallen sofort die vielen (grünen) Verschiebungsvektoren auf, die in den verschiedensten Richtungen blicken. Die in der Ellipse 1 gefundene und gemessene Grenzpunkte liegen in einem Gebiet mit vielen Ackergrundstücken. Ebenfalls wurde der Radweg neu asphaltiert, entlang dessen sich einige Grenzpunkte befanden. In diesem Gebiet wurden auch viele liegende Grenzsteine gefunden. In Ellipse 2 wiederum ist ein Bereich mit vielen kleinen, privaten Gemüsegärten. Dort wurden viele, optisch gut erhaltene Stabilisierungen gefunden, was sich in diesem Ergebnis widerspiegelt. In Ellipse 3 wurden zwei Grenzpunkte gefunden, die sich am Rand des Feldweges befanden. Abbildung 5.9 zeigt einen der beiden Grenzpunkte. Im Bild ist zu erkennen, dass sich die Stabilisierung am Rand des Feldweges und am Anfang eines Hanges befindet. Ebenfalls ist ersichtlich, dass beim

Abbildung 5.9: Grenzpunkt 18395



angrenzenden Grundstück eine große Biogasanlage errichtet wurde. Weiters ist in der Abbildung ein Zaun in der Nähe des Grenzpunktes zu sehen. Diese Umstände könnten Auswirkungen auf den Grenzpunkt 18395 – aber auch auf den Grenzpunkt 18393 – gehabt haben.

Abbildung 5.10: Darstellung der Verschiebungsvektoren (Affin-Transformation). Die Ellipsen 1, 2 und 3 dienen zum besseren Vergleich



5.3 Analyse bei Kommassierungsgrenze

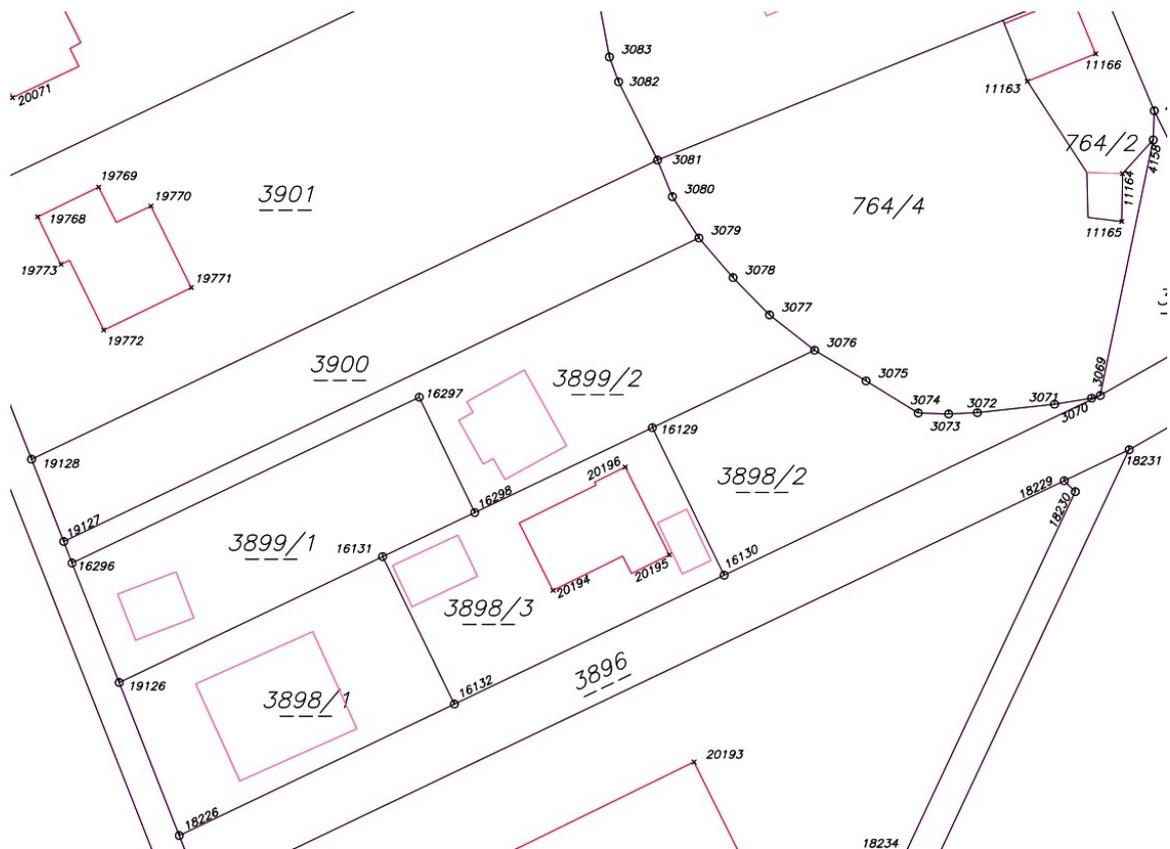
Anhand ausgewählter Beispiele wird auf die möglichen Problemstellungen beim Nachziehen der Grenzpunkte hingewiesen, die vor Ausführung der Koordinatenänderungen geklärt werden sollten.

In der Abbildung 5.11 ist zu entnehmen, dass bei den aus der Kommassierung entstandenen Grundstücken 3898 und 3899 in den späteren Jahren eine Teilung durchgeführt wurde. Die Grenzpunkte 16129 bis 16132 von Grundstück 3898 bekamen einen Veränderungshinweis in 1979. Dies bedeutet nicht sofort, dass die Vermessung

tatsächlich in 1979 stattgefunden hat. Bei Nachforschungen im Archiv konnte aber festgestellt werden, dass diese Grenzpunkte in 1979 vermessen wurden. Die Grenzpunkte 16296 bis 16298 haben einen Geschäftsfall (VHW) von 1988. Ebenfalls wurde das Haus im Grundstück 3898/3 nach der Kommassierung eingemessen. Die Vermutung liegt nahe, dass die Punkte für die Teilung sowie die Punkte für die Hauseinmessung auf Basis der terrestrisch eingemessenen Einschaltpunkte entstanden sind, da das Festpunktfeld in 1975 neu bestimmt wurde. Die restlichen Grenzpunkte der Grundstücke 3898 und 3899 basieren auf die photogrammetrisch geschaffenen Einschaltpunkte.

Nun stellt sich die Frage, wie mit den Punkten innerhalb des Z-Gebietes, die nach der Kommassierung eingemessen wurden, umgegangen werden soll. Im Prinzip sollen die Grenzpunkte auf Basis der photogrammetrischen EP nachgezogen werden, die Grenzpunkte auf Basis der terrestrisch eingemessenen Einschaltpunkte jedoch nicht. Vermutlich werden dann aber die nicht neu berechneten Grenzpunkte auch nicht mehr auf der Grundstücksgeraden liegen.

Abbildung 5.11: Ausschnitt aus dem mittels IDW-Interpolation veränderte DKM

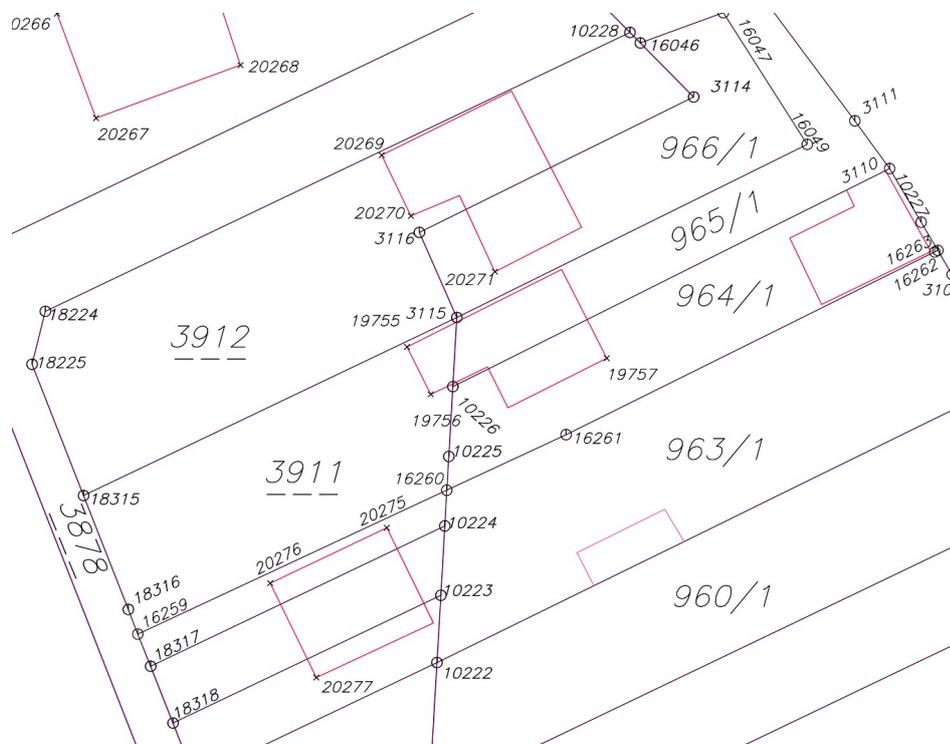


Mit dem Beispiel in Abbildung 5.12 wird die Problematik mit den Gebäuden diskutiert. Die Grenzpunktkoordinaten des Grundstückes 3912 stammen aus der Zeit der Kommassierung. Lediglich das Gebäude wurde in den späteren Jahren vermessen, das

sowohl auf dem Grenzkatastergrundstück 3912 (von der Kommassierung) als auch auf dem Grundsteuerkatastergrundstück 966/1 steht. Bei einer Neuberechnung der Grenzpunkte aus dem Agrarverfahren könnte das Gebäude verzerrt bzw. geknickt werden, oder das Verhältnis des Gebäudes zum Grundstück stimmt nicht mehr. Bei Grundstück 3911 kommt noch hinzu, dass es zusätzlich eine Teilung gegeben hat. Die Punkte 16259 und 16260 haben nämlich einen VHW aus 1987.

Bei den letzten beiden Beispielen (Abbildung 5.11 und 5.12) wurde eine Grenzänderung vorgenommen. Bei einer Teilung muss eine Grenzverhandlung durchgeführt werden, wo die betroffenen Eigentümer den Verlauf der Grenze zustimmen sollen. Bei solchen Fällen soll die rechtliche Frage geklärt werden, ob die Grenzpunkte auf Basis der photogrammetrischen EP verändert bzw. welcher Punkt transformiert werden dürfen.

Abbildung 5.12: Ausschnitt aus dem mittels IDW-Interpolation veränderte DKM



Die beiden Grundstücke 3643/2, 3558 und 3559 wurden ebenfalls näher untersucht, die in Abbildung 5.13 zu sehen sind. Bei diesem Beispiel soll auf die Problematik der entstehenden Flächendifferenzen hingewiesen werden. In Tabelle 5.4 wird die Fläche der Grundstücke vor und nach der Transformation dargestellt. Die beiden Grundstücke 3643/2 und 3558 erfahren die meisten Flächendifferenzen, da einige Grenzpunkte einen VHW nach 1978 haben und daher nicht in die Transformation eingebunden wurden. Bei Grundstück 3559 wurden alle Grenzpunkte neu bestimmt, weshalb hier wohl keine Koordinatendifferenzen auftreten.

Abbildung 5.13: Ausschnitt aus dem mittels IDW-Interpolation veränderte DKM

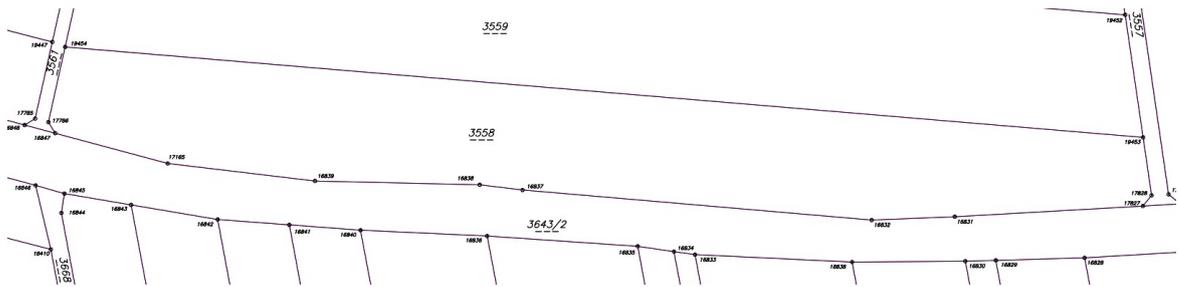


Tabelle 5.4: entstehende Flächendifferenz nach der Interpolation nach IDW

GST-Nummer	Fläche vor Trafo [m ²]	Fläche nach Trafo [m ²]	Flächendifferenz [m ²]
3643/2	18.995	19.000	5
3558	9.542	9.546	4
3559	11.075	11.075	0

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass neben der Auswahl eines geeigneten Transformationsalgorithmus auch weitere Aspekte, wie die in Unterkapitel 5.3 zum Beispiel angeführt sind, beachtet werden sollten.

6 Diskussion

Die im Zuge der Diplomarbeit gemessenen Grenzpunkte zeigen oft eine willkürliche Richtung. Dafür gibt es eine Vielzahl von möglichen Gründen, die im Anschluss näher diskutiert werden:

- Fehler bei der Vermarkung
- Verschobene oder falsch wiederhergestellte Grenzmarkierungen
- Unklarheit über Aufnahmetechnik

Auf Nachfrage eines Mitarbeiters beim VA in Oberpullendorf konnte in Erfahrung gebracht werden, dass beim Agrarverfahren die Grenzpunkte zuerst mit Pflöcken abgesteckt wurden. Erst im Anschluss wurden die Grenzsteine gesetzt. Bei dieser Vorgangsweise können sich viele Fehler eingeschlichen haben.

Die Problematik besteht schon seit vielen Jahrzehnten. Im Zuge der Vermessung wurde die Erfahrung gemacht, dass viele Grenzpunkte entweder schief waren, im Acker lagen oder überhaupt nicht gefunden wurden. Oft war auch die Entscheidung schwierig, eine Aussage über die Qualität der Stabilisierung der gefundenen Grenzsteine zu treffen, d. h. eindeutig sagen zu können, ob der Grenzstein schief oder gerade ist. Ursache der verschwundenen bzw. schiefen Grenzpunkte ist zum Beispiel die Wegverbreiterung und Einsatz der Maschinen im Ackerland. Ebenfalls sind aufgrund der Veränderung des Verlaufes des Zöbernbaches bzw. durch dessen Stabilisierung viele Grenzpunkte verschwunden.

Einige Grenzpunkte sind photogrammetrisch aufgenommen worden. Jedoch gibt es keine Unterlagen darüber, wie viele bzw. welche Grenzpunkte mit dieser Aufnahmetechnik gemessen wurden. Damit ist keine Beziehung mehr herstellbar.

Aus diesen Gründen kann keine vernünftige Aussage über die Qualität der Messergebnisse getroffen werden. Weitere Vermessungen würden für eine Aussage wenig Sinn machen. Am Waldrand bzw. im Wald befinden sich noch einige gut erhaltene Grenzsteine, für dessen Aufnahme jedoch ein großer Aufwand betrieben werden müsste, da sie nicht mit GNSS gemessen werden können. Eine generelle Neuaufnahme der Grenzpunkte ist damit ausgeschlossen.

Die Ergebnisse der Transformations- bzw. Interpolationsmethoden zeigen einige Unterschiede auf. Obwohl die maschenweise Affin-Transformation die Forderung nach einer nachbarschaftstreuen Transformation erfüllt, sind dessen Ergebnisse nicht zufriedenstellend, denn viele der transformierten Grenzpunkte haben große Verschiebungsvektoren. Des Weiteren kommt es entlang der Begrenzungslinien der Dreiecke zu Bruchkanten der Grundstücksgrenzen, was die Analyse der transformierten Schnittpunkte in Unterkapitel 4.4.3.1 bestätigt. Außerdem ist wegen der fehlenden Überbestimmung keine Kontrolle des Ergebnisses möglich. Die größte Koordinatenverschiebung bei der Affin-Transformation ist 15,2 cm. Der große Vorteil dieser Methode ist, dass die Geradlinigkeit und Parallelität bestehen bleibt. Jedoch bleibt die Nachbarschaftsbeziehung im transformierten Koordinatensatz nicht erhalten. Mit der zusätzlichen Berechnung der Abstandsgewichte wird die Nachbarschaftstreue gewahrt. Wie aus den Grafiken und Histogrammen in Kapitel 5 zu entnehmen ist, ergeben sich aber einige Unterschiede bei den Ergebnissen der beiden Methoden. Welche davon besser für die Problematik geeignet wäre, konnte im Zuge dieser Arbeit nicht festgestellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Shepard-Methode den geringsten Mittelwert sowie Median aufweist. Würde man nur aufgrund der Erkenntnisse des statischen Vergleiches der Größen Mittelwert und Median gehen, sowie sich die Histogramme ansehen, wäre diese Methode am geeignetsten für die Umrechnung der Grenzpunkte. Die Nachbarschaftstreue wird jedoch nicht gewahrt. Dafür fließen aber die divergierenden Distanzen unterschiedlich in die Schätzung mit ein.

Wichtig zu klären ist ebenfalls, welche Grenzpunkte nachgezogen werden dürfen. In dieser Diplomarbeit wurden alle Grenzpunkte berechnet, die einen VHW unter 1979 aufwiesen. Es wäre aber sinnvoll sich die Pläne der VHW genauer anzusehen. Ebenfalls sollten die Gebiete entlang der Kommassierungsgrenze näher analysiert werden. Im Unterkapitel 5.3 wurden mögliche Schwierigkeiten bei der Transformation untersucht. Es gibt einige Grenzkatastergrundstücke, die am Z-Gebiet anschließen. Es soll vor allem rechtlich geklärt werden, ob die Grenzpunkte zwischen den beiden Grundstücken verändert werden dürfen.

Ein wirklich zufriedenstellendes Fazit konnte bei dieser Untersuchung nicht gezogen werden. Eine Möglichkeit für weitere Untersuchungen ist, für die IDW-Methode einen festen Suchradius oder nur eine bestimmte Anzahl der in die Berechnung mit einfließenden Einschaltpunkte zu wählen. Ebenfalls können verschiedene Exponenten eingesetzt und die resultierenden Ergebnisse verglichen werden.

Das Problem scheint zu sein, dass die räumliche Autokorrelation der Abweichungen durch andere Fehlereinflüsse (Baumaßnahmen, landwirtschaftliche Nutzung, ...) sehr stark überlagert ist. Daher funktionieren Methoden, die auf der räumlichen Autokorrelation aufbauen, nur sehr begrenzt. Denkbar wäre aber eine kontinuierliche

Verbesserung der Grenzpunkte mit der Shepard-Methode bei jeder neuen Detailvermessung.

Literaturverzeichnis

ABART G., ERNST J., TWAROCH C. (2011). "Der Grenzkataster. Grundlagen, Verfahren und Anwendungen." NWV, Wien.

ABART G., ERNST J., TWAROCH C. (2017). "Der Grenzkataster. Grundlagen, Verfahren und Anwendungen." NWV, Wien.

BEV (o.J.). „Leitfaden „GPS-RTK-Trafo“.“ Version 1.1, Schulungshandbuch (nicht veröffentlicht), Wien.

BEV (1949). „Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich, I. Teil: Die Entwicklung bis zum ersten Weltkrieg.“ Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen (ÖZfV), Sonderheft 9, Wien.

BEV (1978). „Bericht über die im Vermessungsamt Oberpullendorf am 24. Mai 1978 stattgefundene Dienstbesprechung durch OR Dipl.-Ing. Barth.“ Bericht (nicht veröffentlicht), Wien.

BEV (1985). „Bericht technisches Operat KG Deutsch Gerisdorf (GZ: 66/85).“ Bericht (nicht veröffentlicht), Wien.

BEV (2007). „VL620301 Führung der Einschaltpunkte im PVS.“ Verfahrensanweisung (nicht veröffentlicht), Wien.

BEV (2016). „Projekt: Pilgersdorf – „G“-Grundstücke aus Foto-EP.“ Zusammenfassung, Version 2016-11-29 (nicht veröffentlicht), VA Eisenstadt.

BINDER B. & TRAUNER G. (2014). „Öffentliches Recht – Grundlagen.“ Lehrbuch, 3. Auflage, Linde Verlag, Wien.

EDER R. (2008). „Nachbarschaftstreue Koordinatentransformation mit geometrischen Bedingungen am Beispiel der österreichischen Digitalen Katastralmappe.“ Diplomarbeit, TU Graz.

GILLMAN D. W. (1985). "Triangulations for Rubber-Sheeting." In: Auto-Carto Proceedings, Digital Representations of Spatial Knowledge, Band 7, S. 191-199, Washington, D.C.

HÖGGERL N. (2012). „Vom terrestrischen Festpunktfeld zu APOS, dem Austrian Positioning Service.“ Präsentation im Rahmen des VoGIS-Fachforum in Feldkirch, BEV, Wien.

- HORN M. (2007).** „Conflation zur Erzeugung von Fußgängernavigationsdaten.“ Diplomarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- IMREK E. & MÜCK W. (2010).** „Bereitstellung von Transformationsflächen zur Umrechnung zwischen den Systemen MGI und ETRS89.“ In: BEV – Leistungsbericht 2010, S. 25-26, Wien.
- IMREK E., HÖGGERL N., RUESS D., ZAHN E. (2011).** „Grundlagen.“ Version 3.3. Skriptum für die interne Ausbildung im BEV (nicht veröffentlicht), Wien.
- IMREK E. (2012).** „Homogenisierung des Festpunktfeldes.“ In: Grintec News, S. 7, Graz.
- IMREK E. (2014).** „Geodätische Grundlagen als Voraussetzung für die Landesaufnahmen.“ Präsentation zu Festsymposium 250 Jahre Landesaufnahme. BEV, Wien.
- KLOIBER O. & SCHWARZINGER K. (1983).** „100 Jahre Führung des Katasters 1883-1983.“ Festschrift BEV, Wien.
- KRAUS R. (1997).** „Kommassierung gestern - heute - morgen: Hintergründe und Problematik der Agrarverfahren mit besonderer Berücksichtigung Niederösterreichs.“ WWF Österreich, Wien.
- KRESSNER L. (2009):** „Digitale Analyse der Genauigkeit sowie der Erfassungs- und Darstellungsqualität von Altkarten aus Mecklenburg-Vorpommern – dargestellt an den Kartenwerken von Wiebeking (ca. 1786) und Schmettau (ca. 1788)“. Dissertation, Universität Rostock.
- LEGO K. (1967).** „Geschichte des Österreichischen Grundkatasters.“ BEV, Wien
- LIEBEL G., FARASIN K., MAYRHOFER P., SCHAWERDA P. (1986).** „Flurbereinigung und Landschaftspflege.“ UBA-Monographien, Band 2, Wien.
- MANSBERGER R. (2008).** „Vermessung für Studierende des Bakkalaureatsstudiums Kulturtechnik und Wasserwirtschaft.“ LVA-Skriptum Version 2008.4, Wien.
- MANSBERGER R., ERNST J., NAVRATIL G., TWAROCH C. (2016).** „Kataster E³ – Entstehung, Evidenzhaltung und Entwicklung des Franziszeischen Katasters.“ Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 104. Jg., Heft 4, S. 178-186, Wien.
- MAYRHOFER W. (1988).** „Wandel der Grundzusammenlegung; Landschaftsplanung, dargestellt am Beispiel der Zusammenlegung Pötting.“ Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie 76, Heft 1, S.110–119, Linz.
- MICHMAYR G. (2007).** „Simulation von Schnee- und Eisschmelzprozessen im hochalpinen Raum.“ Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- NAVRATIL G. (1998).** "An object-oriented model of a cadaster." Diplomarbeit, TU Wien.

- NAVRATIL G. (2006).** „Ausgleichsrechnung II.“ Lehrmaterial, Institute for Geoinformation, TU Wien.
- NAVRATIL G. (2011).** „Quality Assessment for Cadastral Geometry.“ Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Quality, S. 115-120, In: C. Fonte, L. Goncalves, G. Goncalves (ed.); INESC Coimbra, Portugal.
- NELL D. (2009).** „Methoden der Genauigkeitsanalyse historischer Karten- am Beispiel der Gradkartenblätter 1:25.000 Innsbruck und Lienz der Dritten Österreichischen Landesaufnahme.“ Diplomarbeit, Universität Wien.
- NEUBAUER A. (2012).** „Einfluss von Grundzusammenlegungen auf die Wirtschaftlichkeit der Pflanzenproduktion.“ Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- OTTER J., HÖGGERL N., IMREK E., STANGL G., ZAHN E. (2015).** „3-D Referenzsysteme in Österreich.“ V2.0, BEV, Wien.
- PROKOPH A. (2009).** „Aufbereitung, Analyse und Visualisierung von Fächersonardaten des Ritscher Canyons, Antarktis.“ Bachelorarbeit, Fachhochschule Technikum Kärnten, Studienbereich Geoinformation, Villach.
- RAMMER L. (2015).** „Ist der österreichische Kataster auf Katastrophen vorbereitet?“ Diplomarbeit, TU Wien.
- SCHULZ E. (2009).** „Anwendung von geostatistischen Methoden im ArcGIS zur Regionalisierung von Grundwasseranalysen am Beispiel eines Benzol-Grundwasserschadens.“ Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.
- SEHER W. & MANSBERGER R. (2014).** „Landmanagement in Österreich.“ zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 139, Heft 3, S. 141-150, Wien.
- SEHER W. (2015).** „Potenziale der Grundzusammenlegung als Instrument des Flächenmanagements in ländlichen Räumen Österreichs.“ zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 140, Heft 6, S. 365-372, Wien.
- SEHER W. (2014).** „Die Grundzusammenlegung als Instrument des Flächenmanagements in ländlichen Räumen.“ Präsentationsfolien, Eisenstadt.
- SODOUDI S. (2004).** „Verifikation der EZMW Niederschlagsprognose für den Iran.“ Dissertation. Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin.
- 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, S. 52-61, Wien.
- TWAROCH C., HIERMANSIEDER M., MANSBERGER R., NAVRATIL G. (2016).** „Der Weg zum Grundsteuerpatent.“ Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, 104. Jg., Heft 3, S. 118-127, Wien.

ZEGER J. (1992). „Die historische Entwicklung der staatlichen Vermessungsarbeiten (Grundlagenvermessung) in Österreich.“ Band I: Verschiedene Arbeiten vom Altertum bis zum Ersten Weltkrieg. Wien.

ZEGER J. (1991). „Die historische Entwicklung der staatlichen Vermessungsarbeiten (Grundlagenvermessung) in Österreich.“ Band II: Triangulierungen für Katasterzwecke. Wien.

ZEGER J. (1993). „Die historische Entwicklung der staatlichen Vermessungsarbeiten (Grundlagenvermessung) in Österreich.“ Band IV, Teil II: Neutriangulierung (Abschnitte 13 – 46), Wien.

ZEGER J. (1979). „Durchführung von Triangularungsarbeiten. Die in der Triangularungsabteilung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien geltenden Vorschriften, verwendeten Berechnungsmethoden und Formeln.“ Wien.

Web-Quellen:

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG (2017). Land und Forstwirtschaft, Agrarstruktur & Bodenreform, URL: <http://noe.gv.at/Land-Forstwirtschaft/Agrarstruktur-Bodenreform/Zusammenlegungs-Flurbereinigungsverfahren.html>. Letzter Abruf: Februar 2017.

BMJ (O. J.). Bundesministerium für Justiz. URL: www.justiz.gv.at. Letzter Abruf: März 2017.

BMLFUW (2014). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Bodenreform, URL: www.bmlfuw.gv.at/service/recht/bodenreform.html. Wien. Letzter Abruf: Februar 2017.

BMLFUW (2013). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Begutachtungsentwürfe, „Bodenreformgesetze Änderungen 2013 Vorblatt und Erläuterungen“. URL: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Begut/BEGUT_COO_2026_100_2_851336/COO_2026_100_2_851399.html. Letzter Abruf: Februar 2017.

BURGENLAND TOURISMUS GMBH (O. J.). URL: <http://www.burgenland.info/de/ort/2512/pilgersdorf.html>. Letzter Abruf: Juli 2017.

RMDATA GMBH (2017). URL: www.rmdata.at. Letzter Abruf: Juli 2017.

AK WIEN & BAIK (2017). Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien & Bundeskammer für Architekten und Ingenieurkonsulenten. URL: www.meingrundstueck.at. Letzter Abruf: März 2017.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Mappe des Franziszeischen Kataster im Bereich Villach (Quelle: www.bev.gv.at)	5
Abbildung 2.2: Aufbau der Grundstücksdatenbank (Quelle: Abart et al. 2011, S. 219).....	7
Abbildung 2.3: Strukturverbesserungsmaßnahmen durch Zusammenlegung (Quelle: Mayrhofer 1988, S. 111)	11
Abbildung 2.4: Koordinatensysteme der österreichischen Katastralvermessung (Quelle: Lego 1967, S. 32).....	19
Abbildung 2.5: langwellige und kurzwellige Inhomogenitäten (Quelle: Otter et al. 2015, S. 49)	22
Abbildung 2.6: Gauß-Krüger-Abbildung (Quelle: Imrek et al. 2011, S. 11).....	25
Abbildung 2.7: Permanentstationen des BEV, den nationalen Betreibern (KELAG, ÖAW) und die der Nachbarländer (Quelle: Titz et al. 2010, S. 55).....	26
Abbildung 2.8: Mittelmeridiane von GK und UTM in Österreich (Quelle: Otter et al. 2015, S. 47)	28
Abbildung 2.9: funktionales Modell für den Zusammenhang zwischen dem System MGI (GK) und dem System ETRS89 (UTM) (Quelle: Otter et al. 2015, S. 49).....	29
Abbildung 4.1: Übersicht des Kommassierungsgebietes Pilgersdorf (Quelle: BEV).....	38
Abbildung 4.2: Übersicht der vorhandenen EP in KG Pilgersdorf	40
Abbildung 4.3: verwendete Materialien bei Punktsuche	41
Abbildung 4.4: Dreiecksnetz aufgrund der photogrammetrischen EP. Die roten Linien stellen die verwendeten Dreiecke dar, wo die Schnittpunkte bestimmt wurden.....	46
Abbildung 4.5: Ausschnitt aus der DKM zur Ermittlung der Koordinatenwerte der Schnittpunkte.....	47
Abbildung 4.6: Ausschnitt aus der DKM mit den transformierten Schnittpunkten	48

Abbildung 4.7: Ergebnis der Transformation der Schnittpunkte auf der Dreiecksgeraden zwischen EP77 und EP84	49
Abbildung 4.8: Ergebnis der Transformation der Schnittpunkte auf der Dreiecksgeraden zwischen EP77 und EP84	50
Abbildung 5.1: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Affin-Transformation.....	54
Abbildung 5.2: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Affin-Transformation mit Abstandsgewichtung.....	54
Abbildung 5.3: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Maschenweise Affin-Transformation.....	55
Abbildung 5.4: Histogramm der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte durch die Inverse Distance Weighted Methode	55
Abbildung 5.5: Vergleich zwischen den Verschiebungsvektoren der Einschaltpunkte, der gemessenen Grenzpunkte und der transformierten Grenzpunkte (IDW).....	57
Abbildung 5.6: Vergleich der Berechnungsmethoden. Von links nach rechts: Affin-Transformation, Affin-Transformation mit Abstandsgewichte, Maschenweise Affin-Transformation und IDW.....	58
Abbildung 5.7: Grenzpunkt 17762	59
Abbildung 5.8: Vergleich der Berechnungsmethoden. Von links nach rechts: Affin-Transformation, Affin-Transformation mit Abstandsgewichte, Maschenweise Affin-Transformation und IDW.....	60
Abbildung 5.9: Grenzpunkt 18395	60
Abbildung 5.10: Darstellung der Verschiebungsvektoren (Affin-Transformation). Die Ellipsen 1, 2 und 3 dienen zum besseren Vergleich	61
Abbildung 5.11: Ausschnitt aus dem mittels IDW-Interpolation veränderte DKM.....	62
Abbildung 5.12: Ausschnitt aus dem mittels IDW-Interpolation veränderte DKM.....	63
Abbildung 5.13: Ausschnitt aus dem mittels IDW-Interpolation veränderte DKM.....	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Anzahl der Festpunkte im MGI – Stand 05/2015 (Quelle: Otter et al. 2015, S. 7)	21
Tabelle 2.2: mit APOS erzielbare Genauigkeit unter optimale Bedingungen (Quelle: www.bev.gv.at)	27
Tabelle 2.3: Gegenüberstellung MGI – ETRS89.....	28
Tabelle 4.1: Vergleich der Punktabstände von der Grundstücksgeraden, sowie die Länge der Verschiebungsvektoren der Schnittpunkte (Punkte aus Abb. 4.6).....	49
Tabelle 4.2: Vergleich der Punktabstände von der Grundstücksgeraden, sowie die Länge der Verschiebungsvektoren der Schnittpunkte (Punkte aus Abb. 4.7).....	49
Tabelle 4.3: Vergleich der Punktabstände von der Grundstücksgeraden, sowie die Länge der Verschiebungsvektoren der Schnittpunkte.	50
Tabelle 5.1: Vergleich der Verschiebungsvektoren der Grenzpunkte	53
Tabelle 5.2: Länge der Verschiebungsvektoren aus Abbildung 5.6	58
Tabelle 5.3: Länge der Verschiebungsvektoren aus Abbildung 5.7	60
Tabelle 5.4: entstehende Flächendifferenz nach der Interpolation nach IDW.....	64

Anhang

KOORDINATENDIFFERENZ PILGERSDORF

EP	T 1975			L 1961		L-T		V	
	y	x		y	x	Δy	Δx		
1	-	23,78	258.838,99	-	23,70	258.838,94	+ 0,08	- 0,05	0,094
3	-	82,68	258.557,89	-	82,61	258.557,87	+ 0,07	- 0,02	0,073
8	-	72,01	258.313,10	-	72,06	258.313,01	- 0,05	- 0,09	0,103
9	+	308,95	258.365,01	+	308,89	258.364,91	- 0,06	- 0,10	0,117
10									
11	+	183,44	258.139,83	+	183,38	258.139,65	- 0,06	- 0,18	0,190
12	+	174,73	257.806,42	+	174,64	257.806,23	- 0,09	- 0,19	0,210
17	+	1019,81	257.245,53	+	1019,85	257.245,38	+ 0,04	- 0,15	0,155
19	+	793,38	257.223,11	+	793,27	257.222,90	- 0,11	- 0,21	0,237
22	+	300,55	257.269,04	+	300,50	257.269,01	- 0,05	- 0,03	0,058
24	+	82,85	257.282,54	+	82,78	257.282,48	- 0,07	- 0,06	0,092
26	-	337,61	256.984,68	-	337,56	256.984,72	+ 0,05	+ 0,04	0,064
27	+	27,33	257.038,80	+	27,40	257.038,80	+ 0,07	0,00	0,070
28	+	381,01	256.791,48	+	381,06	256.791,41	+ 0,05	- 0,07	0,086
29	+	636,45	256.659,22	+	636,54	256.659,17	+ 0,09	- 0,05	0,103
34	+	2178,75	256.470,09	+	2178,76	256.469,96	+ 0,01	- 0,13	0,130
35	+	1836,12	256.642,27	+	1836,14	256.642,13	+ 0,02	- 0,14	0,144
36	+	1413,96	256.450,87	+	1414,02	256.450,87	+ 0,06	0,00	0,060
37	+	1373,34	256.136,73	+	1373,41	256.136,72	+ 0,13	- 0,01	0,130
43	-	696,13	256.533,06	-	695,84	256.533,32	- 0,29	+ 0,26	0,390
45	-	666,52	256.300,79	-	666,29	256.301,16	+ 0,23	+ 0,37	0,436
48	+	304,57	256.232,60	+	304,64	256.232,66	+ 0,07	+ 0,06	0,092
51	-	160,33	256.041,82	-	160,39	256.041,92	+ 0,06	+ 0,10	0,117
53	-	336,61	255.621,29	-	336,77	255.621,41	+ 0,16	+ 0,12	0,200
57	+	196,53	255.155,20	+	196,41	255.155,19	- 0,12	- 0,01	0,120
58	+	75,42	255.419,99	+	75,37	255.419,97	- 0,05	- 0,02	0,054
59	-	26,27	255.629,97	-	26,34	255.629,97	+ 0,07	0,00	0,070
60	+	266,58	255.656,75	+	266,49	255.656,79	- 0,09	+ 0,04	0,099
61	+	446,09	255.414,33	+	446,10	255.414,39	+ 0,01	+ 0,06	0,061
63	+	695,24	255.895,66	+	695,21	255.895,64	- 0,03	- 0,02	0,036
64	+	1056,78	255.815,54	+	1056,86	255.815,69	+ 0,08	+ 0,15	0,170
65	+	1254,28	255.862,35	+	1254,32	255.862,35	+ 0,04	0,00	0,040
66	+	1559,07	255.918,98	+	1559,17	255.919,02	+ 0,10	+ 0,04	0,108
70	+	2274,79	255.943,88	+	2274,82	255.943,74	+ 0,03	- 0,14	0,143
73	+	1697,69	255.689,15	+	1697,84	255.689,13	+ 0,15	- 0,02	0,151
77	+	731,92	255.296,00	+	731,94	255.296,01	+ 0,02	+ 0,01	0,022
79	+	381,84	254.903,70	+	381,80	254.903,70	- 0,04	0,00	0,040
81	+	1013,44	254.892,99	+	1013,47	254.893,03	+ 0,03	+ 0,04	0,050
84	+	1550,12	255.060,07	+	1550,27	255.060,19	+ 0,15	+ 0,12	0,192
85	+	1863,85	255.133,23	+	1864,00	255.133,26	+ 0,15	+ 0,03	0,153
87	+	2073,75	255.306,94	+	2073,86	255.306,89	+ 0,11	- 0,05	0,121