

# BACHELORARBEIT

Vorgelegt an der **Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Würzburg-Schweinfurt**  
an der Fakultät **Kunststofftechnik und Vermessung**  
zum Abschluss eines Studiums  
im Studiengang **Vermessung und Geoinformatik**

Thema:

## **Übergang vom Bezugssystem DHDN/GK nach ETRS89/UTM in der bayerischen Vermessungsverwaltung: Möglichkeiten zur Genauigkeitssteigerung und stichprobenartige Untersuchungen zur Genauigkeit**

Angefertigt am: Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung  
Würzburg

Betreuer / Prüfer: Prof. Dr. Rolf Hollmann /  
Dipl.-Ing. (FH) Herbert Schmidt

Abgabetermin: 26.02.2019

**Eingereicht von**

Julian Unertl  
aus Rötz

Matrikelnummer: 6015015  
Würzburg, den 26.02.2019

# ERKLÄRUNG ZUR BACHELORARBEIT

---

Hiermit versichere ich, dass die vorgelegte Bachelorarbeit selbstständig verfasst und noch nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt wurde.

Alle verwendeten Quellen und Hilfsmittel sind angegeben.

Wörtliche und sinngemäße Zitate wurden als solche gekennzeichnet.

Würzburg, den \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Unterschrift des Studierenden*

## **Abstract**

Zum Jahreswechsel 2018/2019 vollzog sich die Umstellung des amtlichen Bezugssystems von DHDN/GK nach ETRS89/UTM in Bayern. Die Vorgehensweise der Bayerischen Vermessungsverwaltung zu diesem Thema im Hinblick auf organisatorische und technische Aspekte wird in dieser Bachelorarbeit erläutert. Dabei erfolgt ein vertiefter Einblick in das ORTRA-Verfahren, welches für die Umformung des Liegenschaftskatasters entwickelt wurde.

Zudem werden anhand eines realen Beispiels die Behandlung und Bearbeitung eines Gebietes mit erhöhten Differenzvektoren aufgezeigt. Ziel ist die Verringerung der Vektorbeträge, um eine möglichst verzerrungsarme Überführung der Katasterdaten in diesem Bereich in das neue Bezugssystem zu erwirken. Nach der Überprüfung der Situation vor Ort sind keine auffälligen Unstimmigkeiten im Kataster gefunden worden. Somit fiel die Entscheidung, den ursprünglichen Zustand des Katasters in diesem Bereich zu belassen. Damit konnte keine Minimierung der Vektorbeträge erreicht werden, wobei mit diesem Vorgehen aber eine möglichst realistische Abbildung der Gegebenheiten vor Ort im Liegenschaftskataster erzielt wurde.

## **Zusammenfassung der Arbeit**

In dieser Bachelorarbeit werden zu Beginn die Unterschiede zwischen den Bezugssystemen DHDN/GK und ETRS89/UTM aufgezeigt, um die Herausforderungen der Umstellung des amtlichen Systems für das Liegenschaftskataster und die Geotopographie und der gleichzeitigen Überführung des Raumbezugs von ALKIS in das neue Bezugssystem in Bayern zu erkennen. Zu diesem Zweck wird ferner auf die intern gegründeten Projekte der Bayerischen Vermessungsverwaltung eingegangen.

Es folgt anschließend eine Behandlung der Überführungsmethoden von bayerischen Geodaten. Hier wird insbesondere der ORTRA-Ansatz für die Umformung des Liegenschaftskatasters näher erläutert. Neben dem intern verwendeten Verfahren werden die Möglichkeiten der Datenumformung für Geodatenutzer und der Ablauf der Übergangsphase der Systemumstellung im Jahr 2019 aufgezeigt.

Der zweite Teil der Arbeit behandelt das Untersuchungsgebiet Rieden im Landkreis Würzburg. Hier lagen die Richtung und Beträge der Differenzvektoren vor der Umstellung in einem auffälligen Bereich. Mithilfe einer Gebietsanalyse und verschiedenen Kontrollmessungen in diesem Gebiet wurde versucht, mögliche Hinweise beziehungsweise Ursachen für diesen Zustand zu eruieren. Die gesammelten Eindrücke und Ergebnisse werden nochmals zusammengefasst.

Abschließend wird ein umfassendes Fazit zur Koordinatensystemumstellung in Bayern zum Jahreswechsel 2018/2019 in Bezug auf organisatorische und technische Aspekte und ein Ausblick für die Zukunft des Liegenschaftskatasters im neuen Raumbezug gegeben.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Unterschiede zwischen den Bezugssystemen .....	2
3	Verwaltungsinterne Organisation .....	6
3.1	Projekt „UTM - Einführung“ .....	6
3.2	Projekt „Kataster nach UTM“ .....	8
4	Überführungsmethoden der Geodaten.....	11
4.1	Überführung der Geotopographie .....	11
4.2	Überführung des Liegenschaftskatasters.....	12
4.2.1	Ablauf der Ausgleichsberechnung.....	13
4.2.2	Beobachtungsarten der Flurstücksausgleichung.....	16
4.2.3	Beobachtungsarten der Gebäudeausgleichung .....	19
4.2.4	Umformung durch Nachbarschaft.....	23
4.3	NTv2 - Datei „BY-KanU“ .....	25
4.4	Online Transformationsdienst .....	27
4.5	Ablauf der Übergangsphase .....	28
5	Untersuchungsgebiet Rieden .....	31
5.1	Gebietsanalyse .....	31
5.2	Kontrollmessungen .....	35
5.2.1	Überprüfung der identischen Punkte .....	35
5.2.2	Überprüfung der Polygonzüge.....	39
5.2.3	Lokale Transformation.....	48
5.3	Ergebnis.....	53
6	Fazit.....	55

Literaturverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Digitale Anlagen .....	X
Plakative Darstellung.....	XI
Danksagung .....	XII

## 1 Einleitung

Mit dem zum Jahreswechsel 2018/2019 vollzogenen amtlichen Bezugssystemwechsel und der gleichzeitigen Überführung des Raumbezugs von DHDN/GK (Bessel-Ellipsoid) nach ETRS89/UTM (GRS80-Ellipsoid) hat der Freistaat Bayern als letztes Bundesland Deutschlands den Schritt hin zu einer einheitlichen Basis für Geodaten in ganz Europa vollzogen. Neben den Beschlüssen der AdV in den Jahren 1991 und 1995 zur Festlegung des deutschlandweit einheitlichen Bezugssystems ETRS89 und der UTM-Projektion wurde mit der „INSPIRE“-Richtlinie des Jahres 2007 eine einheitliche Geodateninfrastruktur innerhalb der Grenzen der Europäischen Union beschlossen. Damit können Geodaten aus unterschiedlichen Quellen zusammengeführt werden und diese großräumig und länderübergreifend genutzt werden.

Durch die Ablösung der heterogenen Systemlandschaft mit historisch gewachsenen nationalen Bezugssystemen können Netzspannungen im Katasternetz minimiert beziehungsweise beseitigt werden. Beim Übergang in das neue einheitliche System ETRS89 kann die hohe Nachbarschaftsgenauigkeit des alten Systems überführt und gleichzeitig eine hohe absolute Genauigkeit hinzugewonnen werden. Mit dem Übergang zur UTM-Projektion verringern sich Meridianstreifenwechsel und es erfolgt eine Angleichung an die Systeme im Rettungswesen und Militär (vgl. Donaubauer, 2016).

Außerdem erleichtert das neue Bezugssystem die praktische Arbeit im Vermessungswesen. Durch die gleichen Ellipsoid-Parameter des ETRS89 zugrunde liegendem GRS80-Ellipsoids und des, bei der Durchführung von GNSS-Messungen verwendeten, WGS84-Ellipsoids entfällt eine Transformation zwischen den Systemen.

Unter Anbetracht der zuvor genannten Gründe vollzog die Bayerische Vermessungsverwaltung die Umstellung des amtlichen Bezugssystems nach ETRS89/UTM zum Jahr 2019.

## 2 Unterschiede zwischen den Bezugssystemen

Zwischen dem alten (DHDN/GK) und neuen (ETRS89/UTM) amtlichen Bezugssystem in Bayern gibt es einige Unterschiede, die für alle Geobasisdatennutzer von Bedeutung sind. So wurde im Jahr 1938 das GK-System zur Ablösung des Soldner-Systems in Deutschland festgelegt, wobei die Umrechnung der Katasterdaten in Bayern bis 1978 andauerte (vgl. Lill, 2018). Mit dem Gauß-Krüger-Bezugssystem vollzog sich der Wechsel von der (Soldner-)Kugel zum (Bessel-)Ellipsoid als Bezugsfläche des Liegenschaftskatasters. Es wurde festgelegt, dass die Meridianstreifen eine Breite von  $3^\circ$  aufweisen und ein Berührzylinder als Projektionsgrundlage fungieren soll (siehe Abbildung 1, linke Graphik).

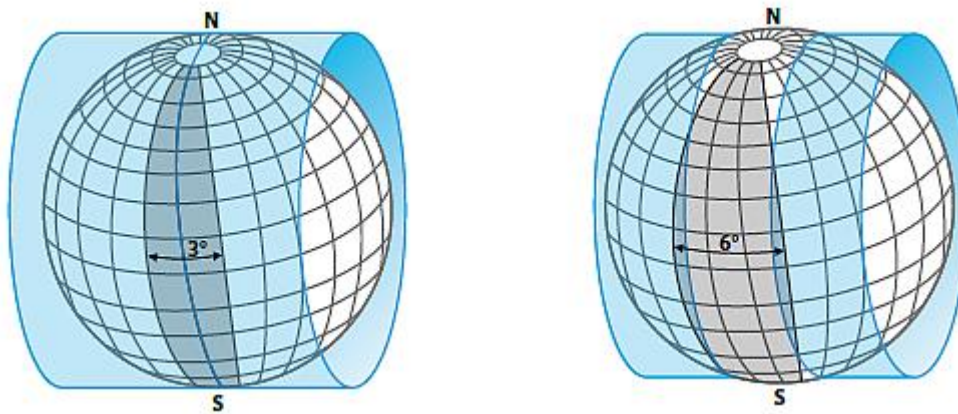


Abbildung 1: GK-Berühr- und UTM-Schnitt-Zylinder

Der Übergang von GK nach UTM für die BRD wurde in den 1990er Jahren von der AdV beschlossen. Somit stand der Wechsel von einem speziell für die Fläche von Deutschland konzipierten Ellipsoid zu einem mittleren Erdellipsoid (GRS80) bevor. Für die Verebnung der Koordinaten wird wie bei GK eine transversale konforme Zylinderabbildung (**U**niverale **T**ransformale **M**ercator-Projektion) verwendet. Es wird aber nun ein Schnittzylinder mit einer Streifenbreite von  $6^\circ$  verwendet (siehe Abbildung 1, rechte Graphik und Abbildung 2).



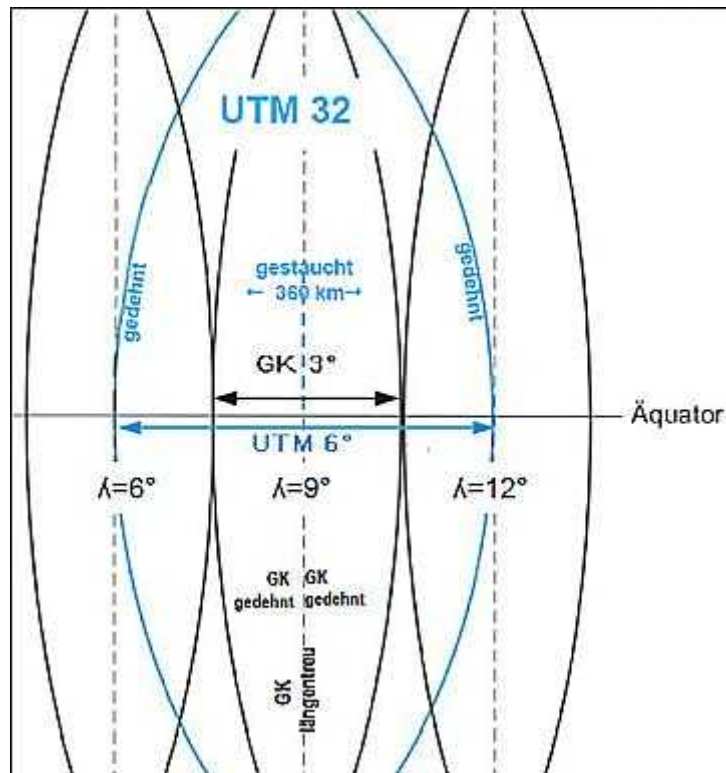


Abbildung 2: Meridianstreifenbreite GK und UTM

Die größere Streifenbreite führt zu größeren Abbildungsverzerrungen beim Übergang von der Ellipsoidoberfläche in die Ebene. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wird ein Maßstabsfaktor von 0,9996 am Mittelmeridian eingeführt. Somit werden Strecken im Bereich zwischen dem Mittelmeridian  $9^\circ$  östliche Länge und dem Durchdringungskreis des Schnittzylinders verkürzt (Stauchung) und Strecken zwischen dem Durchdringungskreis und dem Grenzmeridian  $12^\circ$  östliche Länge verlängert (Dehnung) dargestellt. Der Durchstoßpunkt des Erdellipsoids liegt circa 180 Kilometer östlich beziehungsweise westlich des jeweiligen Mittelmeridians (siehe Abbildung 3).

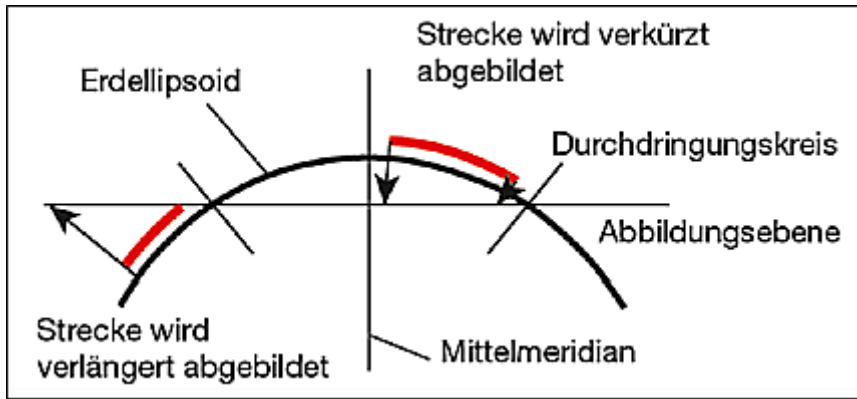


Abbildung 3: Streckung und Stauchung bei UTM-Abbildung

Die erreichbare UTM-Abbildungsreduktion wird in Abbildung 4 deutlich. Wird eine Strecke mit 100,00 m in Würzburg berechnet, so liegt der gemessene Wert vor Ort in Wahrheit bei 100,03 m – 100,04 m. Im östlichsten Teil von Bayern ergibt sich ein gegensätzliches Bild. Eine exakt zu 100,00 m berechnete Strecke wird vor Ort mit 99,90 m gemessen (vgl. Peters, 2018). In Bayreuth ist hingegen keine beziehungsweise eine sehr geringe Streckenverzerrung zu erwarten. In diesem Längengrad schneidet der querliegende Zylinder der UTM-Abbildung das GRS80-Ellipsoid und der Maßstab liegt bei exakt 1.

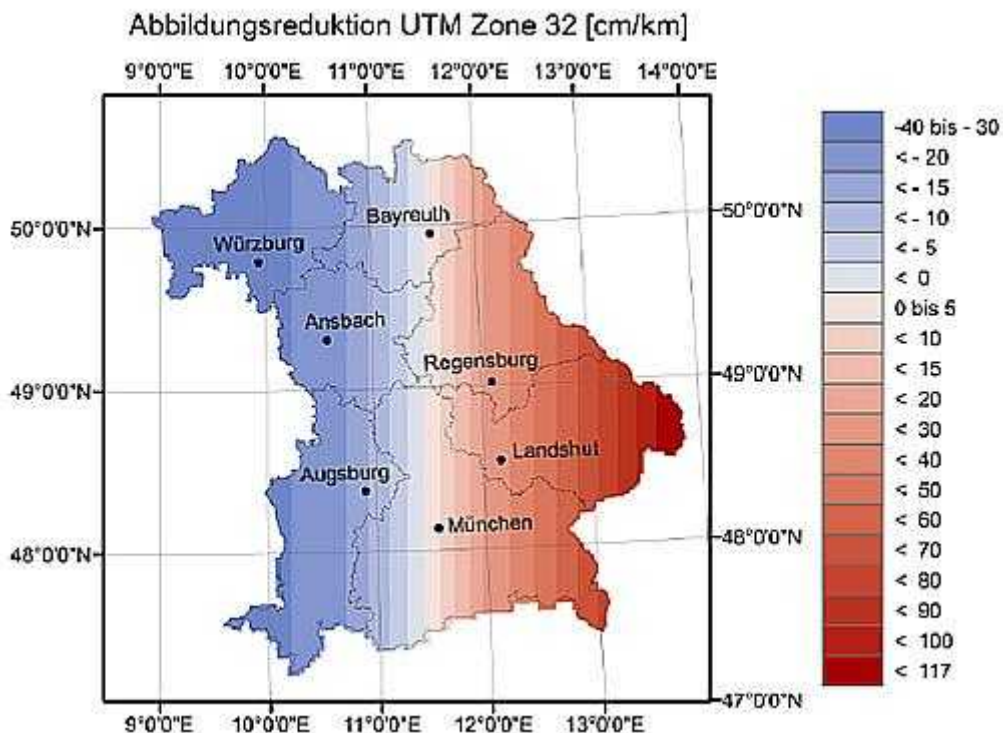


Abbildung 4: Abbildungsreduktion UTM Zone 32 (Bayern)

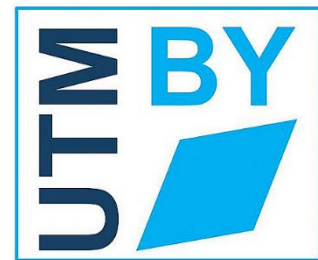


### 3 Verwaltungsinterne Organisation

Zum Jahreswechsel 2018/2019 ist das amtliche Liegenschaftskataster in Bayern vom Bezugssystem DHDN90/GK mit dem Bessel-Ellipsoid nach ETRS89/UTM mit dem GRS80-Ellipsoid umgestellt worden. Dieses Vorhaben stellte für die bayerische Vermessungsverwaltung eine große Herausforderung aufgrund vieler technischer aber auch organisatorischer Aspekte dar. Zu diesem Zweck wurden interne Projekte beziehungsweise Projektgruppen gebildet. Nachfolgend sollen zum einen das Projekt „UTM-Einführung“, welches die Organisation und Koordinierung der Systemumstellung betreut und zum anderen das Projekt „Kataster nach UTM“ vorgestellt werden. Zweiteres beschäftigt sich mit den technischen Abläufen der Lagebezugssystemumstellung.

#### 3.1 Projekt „UTM - Einführung“

Das Projekt „UTM-Einführung“ wurde zum 01.01.2015 eingerichtet, um die zahlreichen Aktivitäten und Projekte zur UTM-Umstellung zu koordinieren. Durch die Umstellung sind einige Bereiche, die interne wie externe Bedeutung haben, betroffen. Der Bezugssystemwechsel hat immense Auswirkungen auf



die reine Produktion von Geobasisdaten, welche wiederum auf die Produkte der BVV unmittelbaren Einfluss haben (z.B. GeodatenOnline, WMS). Aus diesem Grund ist es wichtig, die Kunden ausreichend über die Veränderungen und Konsequenzen der Umstellung zu informieren und Unterstützung anzubieten. Die Aufgaben und erzielten Ergebnisse des Projektes lauten (vgl. Zwerenz et al., 2017):

Nachfolgende Aufgaben sollten innerhalb der Projektgruppe bearbeitet werden:

- Zusammenstellung aller Aufgaben zur UTM-Umstellung
- Erstellung eines Meilensteinplans
- Koordinierung der einzelnen Projekte und Aufgaben sowie Berücksichtigung der Abhängigkeiten
- Controlling des Projektfortschritts bei den beteiligten Fachreferaten

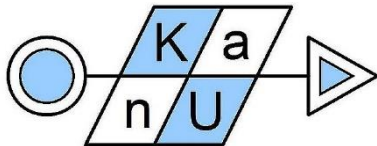
Daraus entstanden die nachfolgenden Ergebnisse:

- Graphische Darstellung der Produktions- und Vertriebsprozesse
- Meilensteinplan für die einzelnen Referate und für die Gesamtumstellung mit enthaltener Prognose und Festlegung des Umstellungszeitpunktes
- Aufgabenlisten zur Anpassung von Software und Produkten bezüglich ihrer UTM-Fähigkeit
- Regelmäßige Controllingberichte an das bayerische Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat

Das Projekt „UTM-Einführung“ bleibt bestehen bis ein reibungsloses Arbeiten mit AL-KIS im Bezugssystem ETRS89/UTM möglich ist und eine vollständige Systemumstellung erreicht wurde.

### 3.2 Projekt „Kataster nach UTM“

Das Projekt KanU (**K**ataster **n**ach **U**TM) wurde im Mai 2012 am damaligen Landesamt für Vermessung und Geoinformation gegründet, um die technischen Aspekte der Systemumstellung vorzubereiten und durchzuführen. Zudem wurden die Bereiche Kataster, Entwicklung, Qualitätssicherung und Kunden durch die Projektgruppe abgedeckt. Noch vor Projekteinrichtung konnten im Herbst 2011 erste Voruntersuchungen zu



möglichen Überführungsmethoden des Liegenschaftskatasters von DHDN/GK nach ETRS89/UTM vollzogen werden.

Innerhalb einer einjährigen internen Projektphase sollte nach Beauftragung durch das damalige Staatsministerium der Finanzen eine geeignete Umformungsmethode des Katasters gefunden werden. Dabei wurde insbesondere auf die „gegebenen Rahmenbedingungen des Bundeslandes unter Beachtung der Realisierung des DHDN/GK und [der] Stand der Vorbereitungsarbeiten“ (Glock, 2018, S. 1) geachtet. So wurden drei Überführungs- bzw. Transformationsverfahren genauer analysiert, welche die gesteckten Ziele und Voraussetzungen erfüllten. Neben dem Festhalten der Koordinaten der identischen Punkte soll die Nachbarschaftsgenauigkeit des Liegenschaftskatasters unter Berücksichtigung der Geometrieerhaltung der Grundrissdaten und der Minimierung der vorhandenen Netzspannungen erhalten bleiben.

#### Punktspezifische Transformation

Als eine der drei Umformungsmöglichkeiten wurde die „punktspezifische Transformation“ konkreter analysiert. Diese Methode wird seit ca. 15 Jahren für lokale GK-/GK-Transformationen in der bayerischen Vermessungsverwaltung verwendet. Dabei handelt es sich um eine Transformationsvariante, welche aufgrund der vorangeschalteten Helmerttransformation in zwei Schritte unterteilt ist. Die Anwendung beschränkt sich auf Gebiete kleiner bis mittlerer Ausdehnung. Bei dieser Transformationsmethode werden die Restklaffungen in den identischen Punkten ermittelt und anschließend „punktspezifisch“ auf jeden vorhandenen zu transformierenden Punkt verteilt. Mit dieser Vorgehensweise ist die Erhaltung der Nachbarschaftsgenauigkeit, aber kein winkel- und streckentreuer Übergang erfüllt.

Aufgrund der zuvor genannten Eigenschaften der Transformationsmethode und der Entstehung von einseitigen Verzerrungen im Katastergrundriss beim Übergang wurde sich gegen die Verwendung der Methode „punktspezifische Transformation“ entschieden.

### **National Transformation Version 2 (NTv2)**

Des Weiteren erfolgte die genauere Untersuchung der „National Transformation Version 2.0“, das in Kanada entwickelt wurde (vgl. Ahrens, Böhmer, 2010). Dabei handelt es sich um ein gitterbasiertes Transformationsverfahren, bei dem für die Schnittpunkte der Gitterlinien Shiftwerte beziehungsweise Verschiebeparameter erzeugt werden. Sie werden als „geographische Koordinatendifferenzen zwischen dem alten Bezugssystem (Bessel-Ellipsoid) und neuen Bezugssystem (ETRS89/GRS80)“ (Glock, Hampp, 2017, S. 108) generiert. Soll nun ein Kleinpunkt transformiert werden, so wird zuerst mithilfe von Koordinaten die Gittermasche ermittelt, in der der Punkt liegt. Anschließend werden zu den Koordinaten des Ausgangssystems des Kleinpunktes die aus den vier nächsten Gitterpunkten interpolierten Shiftwerte hinzuaddiert. Somit erhält man die gewünschten transformierten Koordinaten im Zielsystem.

Letztendlich wurde sich gegen diese Übergangslösung entschieden, weil der Grundsatz „ein Punkt – eine Koordinate“ nicht eingehalten wird. Die Koordinaten der identischen Punkte werden nicht festgehalten und es würden neben den gemessenen Koordinatenwerten zudem berechnete Werte entstehen. Dieser Umstand soll vermieden werden.

### **Umformung durch vermittelnde Ausgleichung**

Als drittes Verfahren wurde die „Umformung durch vermittelnde Ausgleichung“ analysiert. Zuerst erfolgte der Aufbau eines Strecken- und Richtungsnetzansatzes, welcher nach circa einem halben Jahr nicht weiterentwickelt beziehungsweise nicht weiterverfolgt wurde. Dieses Verfahren weist Ähnlichkeiten zu den Homogenisierungsverfahren der 1990er Jahre auf. An dessen Stelle trat der neuartige ORTRA-Ansatz, der „in [der] Projektphase „Methodensuche“ prototypisch in Rapid Prototyping mit [der] Programmiersprache Java JDK aufgebaut [wurde]“ (Glock, 2018, S. 2).

Im Mai 2013 wurde durch den Lenkungsausschuss KanU des Staatsministeriums der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat der Beschluss gefasst, dieses Transformationsverfahren als amtliche Überführungsmethode der bayerischen Liegenschaftskatasterdaten zu verwenden. Ein weiterer Beschluss im Jahr 2015 legte fest, die Methode „Umformung durch Nachbarschaft“ als Übergangsverfahren für die ALKIS-Objektbereiche „Tatsächliche Nutzung“, „Bodenschätzung“ und weiterer nachgeordneter Objektbereiche zu verwenden. Gleichzeitig entschied man sich, den Bezugssystemwechsel und die Homogenisierung der Daten zusammen durchzuführen.

Die nachfolgende Aufzählung zeigt den weiteren chronologischen Ablauf des Projektes KanU in der 2. Projektphase („Kundenphase“) (vgl. Glock, 2018):

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 2. Halbjahr 2013     | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Entwicklung der Software für die Analysetransformation für alle Ämter für Digitalisierung, Breitband und Vermessung</li><li>▪ Schulungsmaßnahmen an ADBVs zur korrekten Interpretation der Ergebnisse der Analysetransformation</li></ul> |
| 2014                 | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Weiterentwicklung der Ablaufautomatisierung der Probestransformation</li></ul>  |
| Ende 2014            | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Beschluss zur Verwendung der NTV2-Methode als Kundentransformationsansatz für Geofachdaten</li></ul>  |
| 2014 – Frühjahr 2016 | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Aufbau des software-technisch komplex aufgebauten Umformungsansatzes für Gebäude</li></ul>  |
| Oktober 2016         | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Erster ALKIS-KanU-Roundtrip</li></ul>   |
| April 2017           | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Beschluss des Zeitpunkts der Systemumstellung (Jahreswechsel 2018/2019)</li></ul>   |
| 1. Halbjahr 2018     | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Letzte Entwicklungsarbeiten</li><li>▪ Abschließende Arbeiten am Ablauf der Umformungen und an der Qualitätssicherung</li></ul>  |
| 2. Halbjahr 2018     | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ 3 weitere ALKIS-KanU-Roundtrips</li></ul>   |



Nachdem das vorangegangene Kapitel den verwaltungsinternen Ablauf in Bezug auf die Projektgruppen und die Auswahl eines Umformungsverfahrens behandelte, folgen nun genauere Erläuterungen zu den Überführungsmethoden, die für die Transformation der Geodaten verwendet wurden.

## 4 Überführungsmethoden der Geodaten

Dazu wird einerseits auf die Umformung der Daten der Geotopographie und andererseits auf die Daten des Liegenschaftskatasters eingegangen. Es wurden zwei unterschiedliche Methoden verwendet, da sich die Anforderungen der beiden Bereiche hinsichtlich geforderter Genauigkeit unterscheiden. Beim Liegenschaftskataster soll die Katastergenauigkeit von drei Zentimetern auch nach der Umstellung erhalten bleiben, wohingegen geotopographische Geofachdaten mit Dezimeter-Genauigkeit umgeformt werden können. Dafür wird die „**Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS 2007**“ (BeTA2007) verwendet.

### 4.1 Überführung der Geotopographie

Die geotopographischen Raster- und Vektordaten, wie z.B. Digitale Topographische Karten und ATKIS, werden mit der „BeTA2007“ von DHDN/GK nach ETRS89/UTM transformiert. Das Verfahren beruht auf der NTV2-Transformation, die zusätzlich an den Ländergrenzen der Bundesländer von Deutschland harmonisiert wurde (vgl. Zwerenz et al., 2017). Dabei fließen die Transformationsansätze der Länder in die Gitterdatei ein. Außerdem führte man eine gewichtete Mittelung für Gitterpunkte an den Ländergrenzen ein, um jeweils nur ein Shiftwertepaar pro Punkt zu generieren. Die Datei schließt die Fläche Deutschlands mit einem Rechteck ein und liefert eine Gitterweite von  $6' \times 10'$  (circa 11 km x 18 km). Die Genauigkeit der Überführungsmethode liegt im Dezimeter-Bereich, wobei diese Genauigkeitsklasse nicht generell gelten muss. Im Inneren eines Bundeslandes ist aufgrund des länderspezifischen Transformationsansatzes durchaus Zentimeter-Genauigkeit erreichbar, wohingegen an den Ländergrenzen abnehmende Genauigkeitswerte aufgrund der Mittelung von Gitterpunkt-Shiftwerten zu erkennen sind (vgl. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder

der Bundesrepublik Deutschland, 2019). Die BeTA2007-Datei für Gesamtdeutschland ist kostenfrei auf der Website der AdV erhältlich. Historische Daten der Bayerischen Vermessungsverwaltung, wie beispielsweise historische Topographische Karten und Daten der Uraufnahme, werden weiterhin im alten Bezugssystem gehalten und können bei der Datenabgabe „on-the-fly“ in das neue ETRS89/UTM-System transformiert werden.

Nachdem im Jahr 2013 beschlossen wurde, das Verfahren „Umformung durch vermittelnde Ausgleichung“ für den Bezugssystemwechsel von DHDN/GK nach ETRS89/UTM zu verwenden, wurde dafür der ORTRA-Ansatz durch die BVV entwickelt, um die bayerischen Liegenschaftskatasterdaten im Zuge der Umstellung zu überführen.

## 4.2 Überführung des Liegenschaftskatasters

Die Daten des Liegenschaftskatasters werden mit dem ORTRA-Ansatz in das neue Lagebezugssystem transformiert. Der **orthogonale Transformationsansatz** stellt ein Homogenisierungsverfahren basierend auf einer vermittelnden Ausgleichung dar, welches elasto-mechanische Analogien aufweist. „Das für die Umformung durch Pseudobeobachtungen aufgebaute Netz befindet sich in einem statischen Gleichgewicht und reagiert nach mechanischen Gesetzen und Energieprinzipien wie dem Prinzip der minimalen Formänderungsenergie“ (Bauer et al., 2019, S. 1). Es wurde zum Zweck der Überführung des Liegenschaftskatasters vom Bezugssystem DHDN/GK nach ETRS89/UTM von der Bayerischen Vermessungsverwaltung entwickelt. Mit diesem Verfahren ist das Verhalten eines elastischen Elements im kompletten System aufgrund berechenbarer, physikalischer Gesetze vorgegeben.

Dabei galt die Vorgabe, dass die Grundrissdaten auch nach der Umformung weiterhin ihre hohe Nachbarschaftsgenauigkeit im Zentimeter-Bereich behalten sollen, um die Voraussetzungen für die Außendienstarbeit der Ämter für Digitalisierung, Breitband und Vermessung im neuen amtlichen Bezugssystem in gewohnter Art und Weise weiterführen zu können.

### 4.2.1 Ablauf der Ausgleichungsberechnung

Seit dem Jahr 2001 wurden Messungen identischer Punkte von allen regionalen ADBVs durchgeführt (vgl. Zwerenz et al., 2017). Somit konnten bis zur Umstellung Ende des Jahres 2018 880.000 Passpunkte mit GNSS bestimmt werden, bei denen somit Koordinatenwerte in den Bezugssystemen Gauß-Krüger und ETRS89 bekannt waren. Bei der durchgeführten Netzausgleichung unter Zwang fließen diese als identische Punkte mit festen, nicht veränderlichen Koordinatenwerten in die Ausgleichung ein. Dies gelingt mit der Zuweisung eines hohen Passpunktgewichts von  $p = 10.000$  im Ausgleichungsalgorithmus (vgl. Bauer et al., 2019). Sie stellen sozusagen das spannungsfreie Grundgerüst des neuen Bezugssystems ETRS89/UTM dar, in die die vorhandenen ALKIS-Katasterdaten im GK-System, die Netzspannungen aufweisen, eingespannt werden. Neben der genannten Ausgleichung unter Zwang wird in einem zweiten Berechnungslauf eine Freie Netzausgleichung durchgeführt. Aus dem Vergleich der beiden Ergebnisse werden die später behandelten Differenzvektoren generiert.

Durch den Bezugssystemwechsel sind unter anderem 10,7 Millionen Flurstücke und 8,6 Millionen Gebäude betroffen. Dabei entstehen circa 2 Milliarden Gleichungen und 840 Millionen Unbekannte, die mithilfe des Ausgleichungsvorgangs gelöst werden sollen. Aus welchen Bestandteilen sich die Daten zusammensetzen, kann aus der Abbildung 6 entnommen werden (vgl. Neugebauer, 2018).

Ausgangsdaten	Ergebnis
ca. 2.000.000.000 Gleichungen	ca. 840.000.000 Unbekannte
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 880.000 identische Punkte</li> <li>2. Pseudobeobachtungen <ul style="list-style-type: none"> <li>– innerhalb von Flurstücken</li> <li>– von Flurstücken zu identischen Punkten</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. UTM-Koordinaten für unbekannte Punkte</li> <li>2. UTM-Koordinaten für identische Punkte bleiben erhalten</li> <li>3. Verschiebevektoren je Punkt</li> </ol>

Abbildung 6: Gegenüberstellung Ausgangsdaten – Ergebnis der Umstellung

Die darin erwähnten Pseudobeobachtungen werden verwendet, um den GK-Grundriss „zu versteifen und Beziehungen zwischen den Objekten aller Objektbereiche in ALKIS herzustellen“ (Unertl, 2018, S. 2). Diese künstlichen Beobachtungen werden unter Zuhilfenahme eines Computeralgorithmus virtuell generiert. Durch die Versteifung kann das Ziel der Geometrieerhaltung des Grundrisses erfüllt werden. Es soll hierbei aber keine zu große Steifigkeit durch ein Übermaß an Pseudobeobachtungen im Netz auftreten.

Der ORTRA-Ansatz mit hierarchischer Netzverdichtung wird mit einer klar definierten, festgelegten Reihenfolge durchgeführt (siehe Abbildung 7). Zuerst wird die Methode „Umformung durch Ausgleichung“ für die ALKIS-Objektbereiche „Angaben zum Flurstück“, „Angaben zum Gebäude“ und „Angaben zum Bauwerk“ angewendet. Es wird mit der Berechnung der Flurstücke begonnen, da diese Daten die höchste rechtliche Relevanz aufweisen. Dabei werden durch Beobachtungen verschiedener Art alle vorhandenen Daten des Objektbereichs exakt nachgebildet und durch weitere künstlich generierte Pseudobeobachtungen eine Versteifung und Fixierung des Grundrisses erreicht. Dies gelingt mit der Bildung von Querverstreibungen innerhalb eines Flurstücks (vgl. Glock, Hampp, 2017).

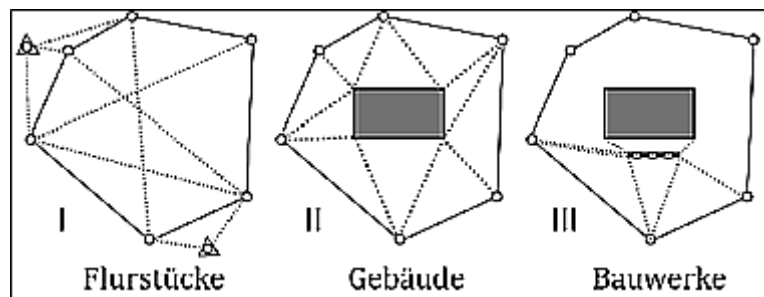


Abbildung 7: Hierarchischer Ablauf des ORTRA-Verfahrens

Für jeden umzuformenden Punkt wird gedanklich ein eigenes Koordinatensystem erstellt, bei dem die Koordinatenachsen parallel zu denen des Ausgangskordinatensystems stehen (siehe Abbildung 8). Beim Übergang in das neue Bezugssystem kann dieses sogenannte ORTRA-Kleinsystem eine Dehnung beziehungsweise Stauchung erfahren. Dabei werden die aus Koordinatendifferenzen gebildeten, orthogonalen Beobachtungen zwischen Punkten auf diese lokalen Kleinsysteme bezogen und miteinander verkettet. Demnach kann der ORTRA-Ansatz auch als eine Verkettung vieler

Helmertransformationen bezeichnet werden. Durch den winkeltreuen Aufbau eines ORTRA-Kleinsystems kann zwangsläufig eine konforme Abbildung des Liegenschaftskataster-Grundrisses im Allgemeinen gewährleistet werden, wobei der Ausgleichsalgorithmus die Winkel zwischen betroffenen Punkten eines Systems von DHDN/GK nach ETRS89/UTM mit geringen Abweichungen (Richtungszuschlägen) überführt. Diese sind in den Restklaffungen begründet (vgl. Bauer et al., 2019). Bei der Berechnung der Koordinatendifferenzen gehen die GK-Koordinaten als bekannte Größen und die UTM-Koordinaten als Unbekannte in den Rechenalgorithmus ein. Die East- und North-Koordinate im Zielsystem stellen gleichzeitig den gesuchten Ursprung des ORTRA-Kleinsystems dar. Zusätzlich werden die Parameter  $a$  und  $o$ , der Drehwinkel  $\phi$  und der Maßstab  $m$  berechnet. Diese Größen sind aber von untergeordneter Bedeutung.

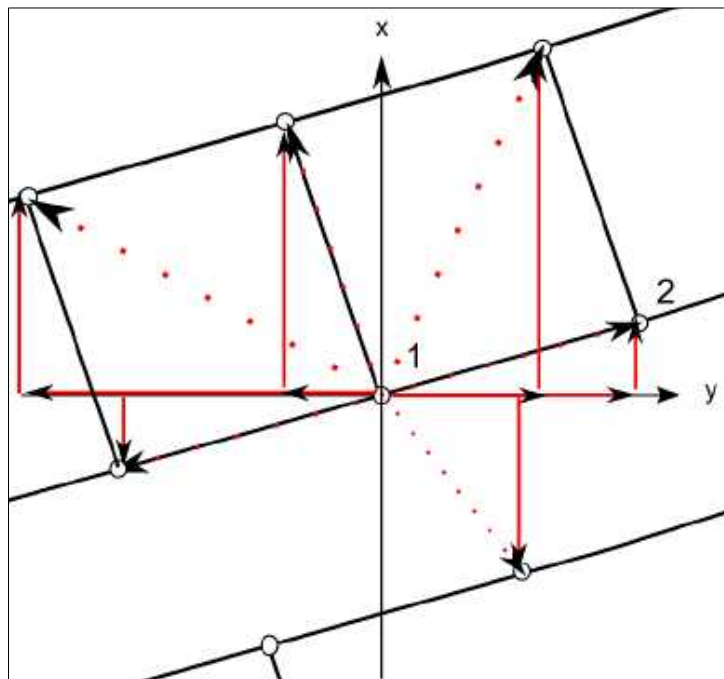


Abbildung 8: ORTRA-Kleinsystem

In den nachfolgenden Kapiteln werden die verschiedenen Arten von virtuell erschaffenen Beobachtungen, sogenannten Pseudobeobachtungen, der jeweiligen Objektbereiche näher erläutert. Dabei wird genauer auf die Ausgleichung der Flurstücke und der Gebäude eingegangen.

## 4.2.2 Beobachtungsarten der Flurstücksausgleichung

Grundlegend können zwei Arten von Pseudobeobachtungen zum Zwecke der Grundrissversteifung im Bereich der Flurstücksausgleichung definiert werden (siehe Abbildung 9).

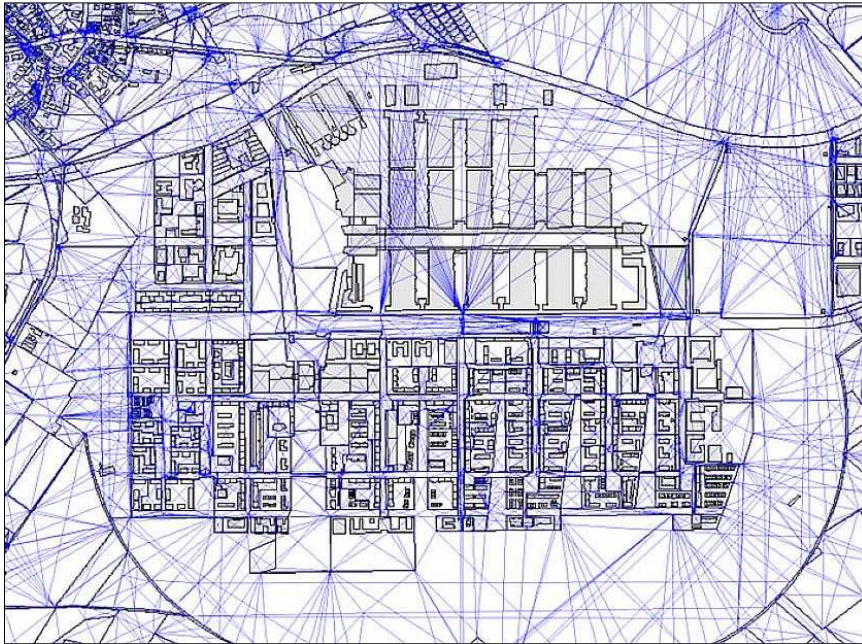


Abbildung 9: Pseudobeobachtungen des Flurstückgrundrisses

Einerseits werden künstliche Beziehungen – ausgehend von einem Flurstücksgrenzpunkt – zu jedem angrenzenden Grenzpunkt definiert (siehe Abbildung 10). Dazu werden die vom Ursprung des lokalen Kleinsystems, das der Lage des betroffenen Punktes entspricht, abgehenden Grenzlinien verfolgt, bis der jeweils nächstgelegene Flurstücksgrenzpunkt erreicht wird. Es wird eine Beobachtung zwischen Anfangspunkt (ausgewählter, umzuformender Grenzpunkt) und Endpunkt (gefunden, in nächster Nachbarschaft liegender Flurstücksgrenzpunkt) generiert und sozusagen ein Vor- und Rückblick entlang der vom betroffenen Punkt abgehenden Grenzlinien durchgeführt. Mit diesem Vorgehen werden alle bestehenden Flurstücksgrenzen des Liegenschaftskatasters berührt und die gewünschte exakte Nachbildung des Katastergrundrisses erzielt. Zusätzlich werden weitere Pseudobeobachtungen definiert, welche die Versteifung und Geometrierhaltung herbeiführen. Dies gelingt mit der Einführung einer Win-



Andererseits erfolgt die Generierung von Pseudobeobachtungen zu identischen und trigonometrischen Punkten, welche keine Verbindung zu Flurstücksgrenzen aufweisen. Den größten Teil der identischen Punkte stellen hier Katasterfestpunkte dar (KFP in Abbildungen 10 und 11). Diese können auch als „isolierte“ Punkte bezeichnet werden. Es wird überprüft, ob im Umkreis von 30 m Flurstücksgrenzpunkte liegen. Falls dies zutrifft, so werden Beobachtungen dorthin eingeführt. Falls keine Punkte gefunden wurden, wird der empirisch ermittelte Grenzwert verworfen und es werden Pseudobeobachtungen zu allen Grenzpunkten des Flurstücks, in dem der betroffene isolierte Punkt liegt, generiert. Dabei ist der Abstand zwischen den beiden Punkten nunmehr irrelevant. So wird sichergestellt, dass in jedem Fall Beziehungen zu einem isolierten Punkt aufgebaut werden (vgl. Glock, Birkenbeul, 2018).

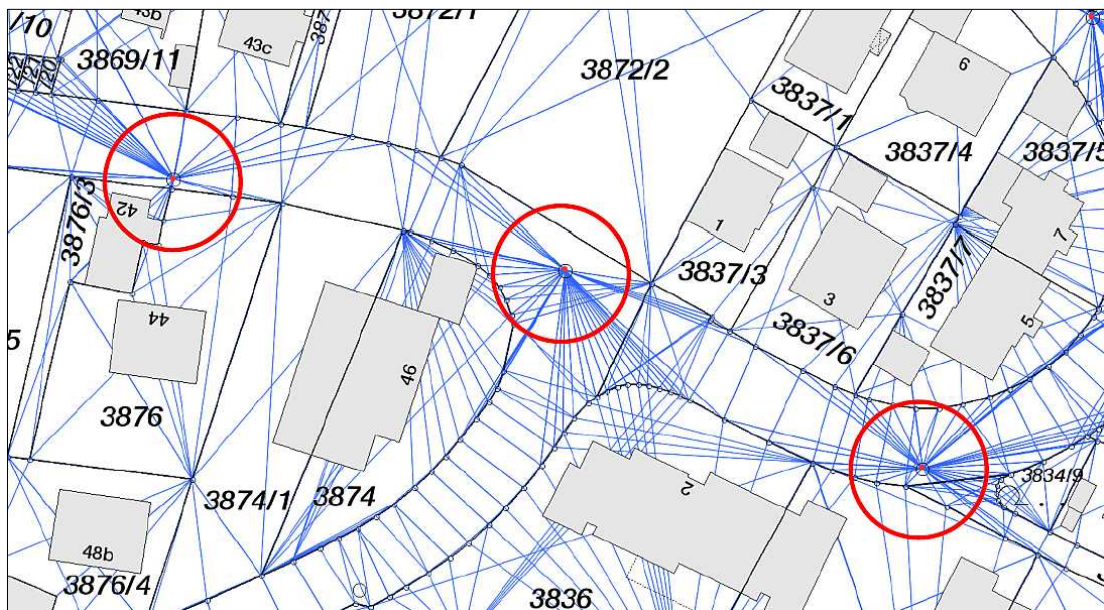


Abbildung 11: Definition von Pseudobeobachtungen der identischen Punkte



### 4.2.3 Beobachtungsarten der Gebäudeausgleichung

Nach der Ausgleichung der Flurstücke, welche von höchster rechtlicher Relevanz sind, wird mit der Überführung der Daten der Objektbereiche „Angaben zum Gebäude“ und „Angaben zum Bauwerk“ fortgefahren. Der zuletzt genannte Bereich beinhaltet beispielsweise Mauern und Denkmäler. Der rechentechnische Ablauf zwischen den beiden Bereichen unterscheidet sich – mit Ausnahme von Überdachungen – nicht. Während dieses Berechnungsschrittes kann auf die in beiden Bezugssystemen gegebenen Koordinaten der identischen Punkte sowie auf die zu diesem Zeitpunkt bereits umgeformten Daten des Objektbereichs „Angaben zum Flurstück“ zurückgegriffen werden. Diese wurden im vorherigen Berechnungslauf generiert. Somit besteht ein homogenisierter Grundrissrahmen aus identischen Punkten und Flurstücksgrenzpunkten im neuen amtlichen Bezugssystem ETRS89/UTM32, in den die Gebäude- und Bauwerksdaten eingespannt werden können.

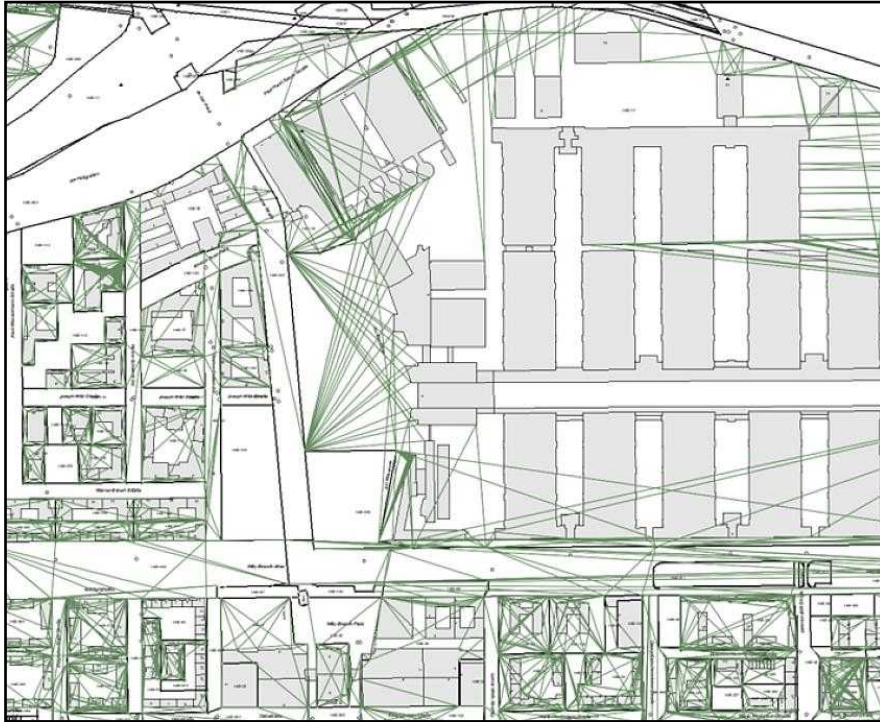
Bei der Ausgleichung der Gebäude bestehen folgende Forderungen an die Geometrie der Gebäude (Glock, Hampp, 2017, S. 117):

- Eine vorhandene Netzspannung in der Umgebung des Gebäudes soll homogen durch eine vermittelnde Ausgleichung der Gebäude innerhalb des Flurstücks weiterverteilt werden.
- Bei der Verteilung der Netzspannungen durch Ausgleichung soll die Form der Gebäude möglichst gut erhalten bleiben.

Der Berechnungsalgorithmus der Gebäude ist in mehrere Teilbereiche aufgeteilt, um einen ausreichend differenzierten Übergang zu ermöglichen. Nachfolgend wird auf jeden der drei Methoden exakter eingegangen.

#### **Gebäudeaußenvernetzung**

Einen dieser Bereiche stellt die Gebäudeaußenvernetzung dar, mit der der Bezug des Gebäudes zum umgebenden Flurstück erschaffen wird. Dieses Vorhaben gelingt – wie bei der Flurstücksausgleichung – mit der Definition von Pseudobeobachtungen (siehe Abbildung 12).



**Abbildung 12: Gebäudeaußenvernetzung der Messehallen Riem in München**

Der Anfangspunkt der Beobachtung befindet sich im Gebäudepunkt; der Endpunkt liegt wiederum in einem Grenzpunkt des Gebäude einschließenden Flurstücks. Dazu werden die beiden Gebäudelini­en, die sich im betroffenen Gebäudepunkt treffen bis zur nächsten Flurstückgrenze verlängert und jeweils zwei künstlich generierte Beobachtungen zu den Anfangs- und Endpunkten der Grenzlinie definiert. Dabei sollen die (numerischen) Abstände zwischen Gebäude und Grenze im Zuge der Bezugssystemumstellung möglichst erhalten bleiben. Außerdem ist darauf zu achten, keine neuen, nicht der Realität entsprechenden Überbauten zu erzeugen. Es darf im System ETRS89/UTM kein Gebäude, welches in DHDN/GK komplett von einem Flurstück umschlossen war, über einer Grenze liegen und dieses somit schneiden. Außerdem ist der Rechenalgorithmus dahingehend programmiert, dass eine Pseudobeobachtung nur dann erzeugt wird, wenn diese kein weiteres Gebäude schneidet oder berührt (vgl. Glock, Hampp, 2017).

Falls dieser Umstand eintritt, so wird die Generierung einer Beobachtung der Kategorie „Gebäudeaußenvernetzung“ abgebrochen und stattdessen eine Gebäudezwischenvernetzung veranlasst. Mit dieser Vorgabe wird jedes Gebäude entweder außen- oder zwischenvernetzt.

### Gebäudezwischenvernetzung

Die erste Aufbaumöglichkeit einer Gebäudezwischenvernetzung wurde bereits im vorangegangenen Abschnitt genannt. Trifft gedanklich eine Pseudobeobachtung auf ihrem „Weg“ vom Gebäudepunkt zum angezielten Flurstücksgrenzpunkt auf eine andere Gebäudelinie, wird die Außenvernetzung revidiert. Andernfalls wird ausgehend vom betroffenen Gebäudepunkt im Umkreis von empirisch ermittelten 30 m die Suche nach Punkten und Linien anderer Gebäude initiiert. Eine Pseudobeobachtung der Kategorie „Gebäudezwischenvernetzung“ wird durchgeführt und abgeschlossen, falls sie nicht das eigene oder fremde Gebäude schneidet. Bei der Überführung der Liegenschaftskatasterdaten ist auf die möglichst unveränderte Erhaltung der Gebäudezwischenabstände (auch bei vorhandenen Netzspannungen) und dem unbedingten Entgegenwirken von ungewollten Gebäudeüberlagerungen zu achten (vgl. Glock, Hampp, 2017). In Abbildung 13 sind Pseudobeobachtungen von Gebäudezwischenvernetzungen am Beispiel der Messehallen Riem in München dargestellt.

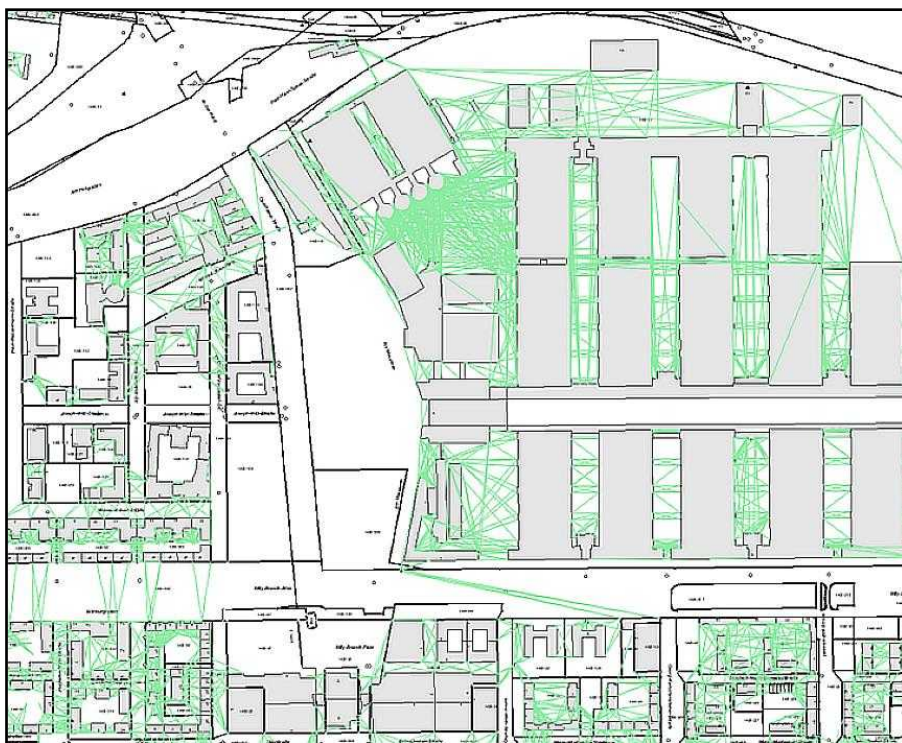


Abbildung 13: Gebäudezwischenvernetzung der Messehallen Riem in München

Nachdem nun bereits der Bezug zwischen Gebäude und umgebenden Flurstück (Gebäudeaußenvernetzung) und den Gebäuden zueinander erläutert wurde, wird nachfolgend die Aufstellung von Beziehungen eines Gebäudes in sich vertieft.

### **Gebäudeinnenvernetzung**

Als dritte Art der Gebäudevernetzung wird die Gebäudeinnenvernetzung für „eine möglichst verzerrungsfreie Überführung der Gebäudeform“ (Glock, Birkenbeul, 2018, S. 27) in das neue amtliche System verwendet (siehe Abbildung 14). Die Vorgehensweise ist identisch mit der Erzeugung von virtuell generierten Beobachtungen der Flurstücksausgleichung. In diesem Fall werden aber die Gebäudelinien anstatt den Flurstückslinien nachgebildet. Auch hier werden zur Versteifung des Gebäudes Winkelhalbierende definiert, die ausgehend vom Schnittpunkt auf der gegenüberliegenden Seite des betroffenen Gebäudes mithilfe eines Vor- und Rückblicks den dort nächstgelegenen Gebäudeeckpunkt ausfindig machen und diesen als Endpunkt der neu definierten Pseudobeobachtung festlegen.



**Abbildung 14: Gebäudeinnenvernetzung der Messehallen Riem in München**

Bis zu dieser Stelle wurde ausschließlich über den Berechnungsablauf der Objektbereiche „Angaben zum Flurstück“, „Angaben zum Gebäude“ und „Angaben zum Bauwerk“, der die Methode Umformung durch Ausgleichung verwendet, berichtet. Nachdem die Bearbeitung der zuvor genannten Bereiche abgeschlossen ist, kann nunmehr mit der zweiten Datenüberführungsmethode begonnen werden. Diese lautet Umformung durch Nachbarschaft und wird für alle nachfolgenden Objektbereiche, wie beispielsweise „Tatsächliche Nutzung“ und „Bodenschätzung“ verwendet.

#### **4.2.4 Umformung durch Nachbarschaft**

Es handelt sich hierbei um ein Verfahren, welches die Daten der zu diesem Zeitpunkt bereits durchgeführten Ausgleichungen verwendet, um Punkte des ausgewählten Objektbereichs durch Interpolation in das ETRS89/UTM-System zu überführen. Mit dieser Methode werden nur Punktgeometrien angesprochen. Das bedeutet, dass Linien und Flächen nicht als solche Geometrien transformiert werden, sondern auch hier ausschließlich Punkte verwendet werden. Dabei gibt es mehrere Möglichkeiten, wie diese umgeformt werden können.

Zu Beginn des Überführungsvorgangs eines Punktes N der zuvor genannten Objektbereiche wird geprüft, ob ein Punkt mit gleicher GK-Koordinate in einem anderen Bereich hinterlegt ist (1. Stufe). Falls dieser Umstand zutrifft, wird dem Grundrisspunkt die korrespondierende UTM-Koordinate zugeordnet und die Umformung ist mit diesem Schritt abgeschlossen.

Ist keine Punktidentität für N festzustellen, so wird mit der Suche nach der nächstgelegenen Linie zum Punkt fortgefahren (2. Stufe). Wird diese ausfindig gemacht, kann ausgehend von einem Endpunkt der Linie ein lokales Koordinatensystem angelegt werden (siehe Abbildung 15). Die damit generierten Abszissen- und Ordinatenwerte zum zu transformierenden Punkt werden in das neue Bezugssystem überführt.

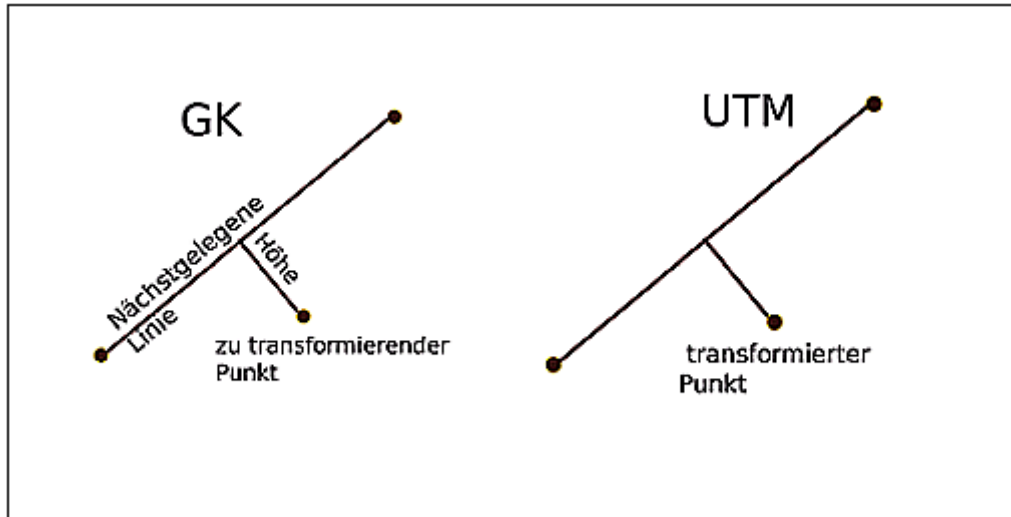


Abbildung 15: Nachbarschaft zur nächsten Linie

Als letzten Schritt wird nach Punkten aller Art in der näheren Umgebung gesucht, falls für N weder eine Punktidentität noch eine nächste Linie gefunden werden konnte (3. Stufe). Sodann wird mithilfe einer internen, ebenen Transformation mit Passpunkten in den gefundenen nachbarschaftlichen Punkten der Grundrisspunkt N nach ETRS89/UTM überführt. Die entstehenden Restklaffungen werden punktspezifisch verteilt (vgl. Glock, Hampp, 2017).

Die bis zu dieser Stelle erläuterten Verfahren und Methoden dienen ausschließlich der Umformung von Geobasisdaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung. Im nächsten Kapitel wird auf die Überführung von anwenderspezifischen Geofachdaten eingegangen. Dazu wurde eine Transformationsdatei „BY-KanU“ entwickelt und den Nutzern von Fachdaten mit Raumbezug zum Zeitpunkt der Systemumstellung bereitgestellt.

### 4.3 NTV2 - Datei „BY-KanU“

Der Kundentransformationsansatz „BY-KanU“ beinhaltet eine engmaschige NTV2-Datei mit identischer Bezeichnung. Die Gitterweite entspricht einer Bogensekunde (Gittermasche mit circa 30 m x 30 m Ausdehnung). Die Entwicklung der NTV2-Methode geht auf die kanadische Landesvermessung im Jahr 1996 zurück. In den folgenden Jahrzehnten etablierte sich das Verfahren in zahlreichen GIS-Anwendungen und stellte somit die idealen Voraussetzungen für eine Verwendung im Fall der Transformation von bayerischen Geofachdaten mit der erforderlichen Genauigkeit dar. Es handelt sich um ein gitterbasiertes 2D-Transformationsverfahren, das Verschiebevektoren, sogenannte Shiftwerte, für Gitterpunkte definiert. Somit sind keine globalen Transformationsparameter notwendig. Daraus entsteht der Vorteil, dass lokalen Spannungen im Kataster entgegengewirkt wird. Außerdem können große Datenmengen mit verhältnismäßig geringem Speicher- und Arbeitsaufwand transformiert werden.

Es wird ein rechteckiges und regelmäßiges Gitter definiert, mit dem das komplette Gebiet des Freistaates Bayern abgedeckt ist. Dies gelingt durch die Definition von Eckpunkten, welche außerhalb der Bundeslandgrenzen liegen. Die enthaltenen Gitterpunkte werden „aus den Ergebnissen [eines Ausgleichungsansatzes] der ORTRA-Transformation der Flurstücke, Gebäude und Bauwerke abgeleitet“ (Glock, Birkenbeul, 2018, S. 29). Zusätzlich fließen die umgeformten Daten des Objektbereichs „Angaben zum Netzpunkt“ in die Generierung der Gitterpunkte ein. Dazu werden Pseudobeobachtungen vom betroffenen, umzuformenden NTV2-Gitterpunkt zu den umliegenden, bereits nach UTM transformierten Punkten der oben genannten Objektbereiche definiert. Die Suche erfolgt in den vier umliegenden Gittermaschen, wobei mindestens fünf Beobachtungen realisiert werden müssen. Mithilfe eines Ausgleichungsdurchlaufs können die benötigten UTM-Koordinaten der Gitterpunkte bestimmt werden. Daraus werden Shiftwerte für diese Punkte berechnet. Diese „sind konkret für die Transformation von GK nach UTM (und umgekehrt) aufgebaute Differenzen in Bogensekunden in den geographischen Koordinaten der Gitterpunkte zwischen Ausgangs-Koordinatensystem DHDN (Bessel-Ellipsoid) und Ziel-Koordinatensystem ETRS89“ (Glock, Hampp, 2017, S. 124).

Stehen die Shiftwerte der Gitterpunkte zur Verfügung, kann ein Punkt mithilfe der NTv2-Datei BY-KanU vom Bezugssystem DHDN/GK nach ETRS89/UTM durch bilineare Interpolation überführt werden (siehe Abbildung 16 und 17). Dazu wird die Gittermasche, in welcher der umzuformende Punkt liegt, mithilfe der vorliegenden Koordinaten lokalisiert. Sodann erfolgt die Berechnung des individuellen Shiftwertes, indem die Werte der Verschiebevektoren der vier umliegenden Gitterpunkte interpoliert werden. Das Ergebnis wird zu den umgerechneten GK-Koordinaten (geographische Koordinatenwerte) addiert. Nachdem diese Werte durch eine Abbildungsregel verebnet wurden, stehen die gewünschten Koordinaten im ETRS89 in der UTM-Abbildung zur Verfügung (vgl. Glock, Birkenbeul, 2018).

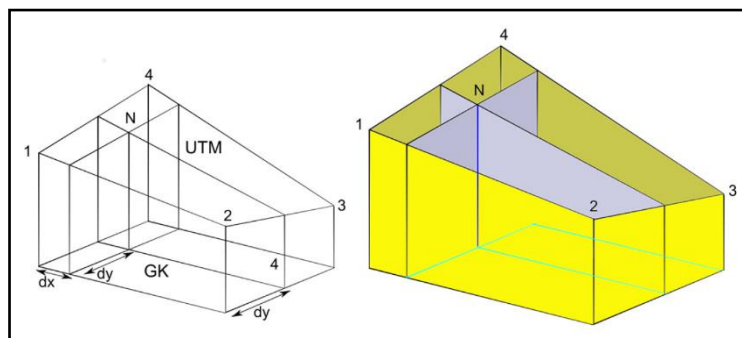


Abbildung 16: Bilineare Interpolation

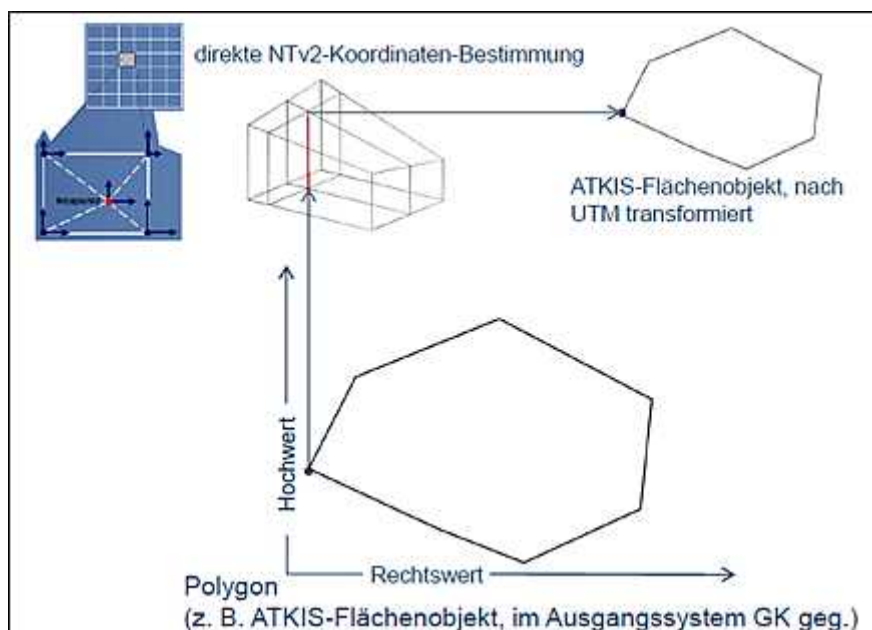


Abbildung 17: NTv2 Transformation von Vektordaten



Vor Realisierung der Umstellung zum Jahreswechsel 2018/2019 standen Testdateien zum Download auf der Homepage der bayerischen Vermessungsverwaltung bereit. Diese konnten für die Einarbeitung in das Thema Bezugssystemwechsel von allen Gebasisdatennutzern kostenfrei bezogen werden. Im Jahr 2019 sind nun endgültige Dateien vorhanden. Dabei gibt es eine „Gitterdatei 1“ Bayern“ für die komplette Fläche Bayerns mit einer Dateigröße von circa drei Gigabyte und sieben weitere Dateien, welche das Gebiet der einzelnen Regierungsbezirke abdecken (circa 450 Megabyte). Um die korrekte Implementierung der NTV2-Datei BY-KanU zu überprüfen, steht dem Nutzer zusätzlich eine Datei mit 110 gleichmäßig über Bayern verteilten Punkten zur Verfügung. Darin sind Punkte im alten und neuen Bezugssystem enthalten.

Neben der Nutzung einer dieser Dateien für die Umformung von Koordinaten steht eine weitere katastergenaue Übergangsmethode bereit. Der Online-Transformationsdienst der BVV kann ebenso über die Website benutzt werden. Dabei liegt dem Dienst die NTV2-Datei BY-KanU zugrunde.

#### **4.4 Online Transformationsdienst**

Es besteht die Möglichkeit entweder durch eine direkte Eingabe von maximal zehn Punkten oder durch einen Upload einer einfach strukturierten Koordinatenliste mit maximal 10.000 Punkten, Daten von DHDN90/GK nach ETRS89/UTM oder umgekehrt zu transformieren. Wird beispielsweise eine Koordinatendatei mit Gauß-Krüger Koordinaten angegeben, so muss der Datensatz dem EPSG-Code 5678 entsprechen, damit die Umformung durchgeführt wird. Im nächsten Schritt folgt eine Datenanalyse, um die Anzahl der Punkte und das Start-Koordinatensystem zu ermitteln. Außerdem wird um die Eingabe des Ziel-Koordinatensystems gebeten. Im zuvor genannten Beispiel kann nun zwischen verschiedenen Ausgabearten von UTM-Koordinaten gewählt werden. Danach wird die Freigabe der Eingabedaten erteilt. Nachdem alle Einstellungen nochmals überprüft worden sind, wird der Transformationsprozess angestoßen. Das Ergebnis ist eine Textdatei mit dem Namen „tm\_output.txt“, in der die von DHDN/GK nach ETRS89/UTM umgeformten Koordinaten mit Zentimeter-Genauigkeit enthalten sind.

Nachdem nun in den vorangegangenen Kapiteln über das interne ORTRA-Verfahren zur Überführung des bayerischen Liegenschaftskatasters sowie die externen Umformungsmöglichkeiten für Geodatennutzer informiert wurde, soll der geplante Ablauf der Übergangsphase bezüglich zeitlichem Fortgang erläutert werden. Außerdem wird die Haltung aller Daten(-formate) der BVV im Jahr 2019 aufgezeigt.

#### **4.5 Ablauf der Übergangsphase**

Aus Abbildung 18 lässt sich erkennen, dass ab der abgeschlossenen, flächendeckenden ALKIS-Einführung an allen ADBVs zum Ende des Jahres 2015 die bisherigen SQD-, Shape- und DXF-Daten der Digitalen Flurkarte (DFK) und das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB) ausschließlich im GK-System angeboten werden können. Diese Datenformate im nunmehr alten amtlichen Bezugssystem werden ab dem Zeitpunkt der UTM-Umstellung zum Jahreswechsel 2018/2019 ein Jahr weitergeführt und können von Geobasisdatennutzern erworben werden. Ab dem Jahr 2020 entfallen diese sogenannten Altformate. Die ALKIS-NAS-, Tatsächliche Nutzungs- und Bodenschätzungs-Daten im Shape-Format in DHDN/GK4 sind zum Zeitpunkt des Systemwechsels eingestellt und durch ALKIS-NAS mit NBA, ALKIS-Shape und ALKIS-DXF im ETRS89/UTM-System ersetzt worden. Diese stehen somit nur in UTM zur Verfügung. Außerdem steht nach dem Jahreswechsel die endgültige Transformations-Datei für die Umformung von Geodaten zur Verfügung (vgl. Bayerische Vermessungsverwaltung, 2017).

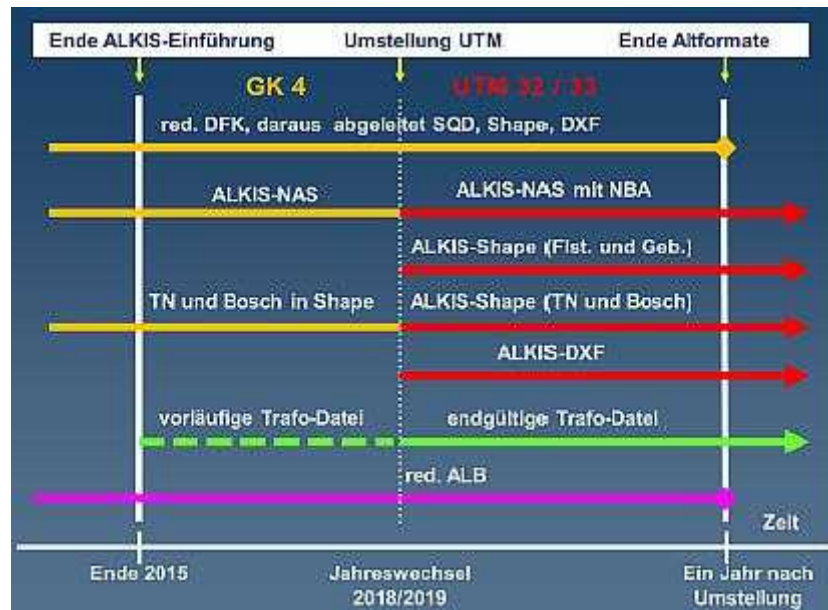


Abbildung 18: Zeitplan der Formate

Die zuvor genannten Erkenntnisse können auch aus den beiden nachfolgenden Abbildungen 19 und 20 gezogen werden. Dabei ist zusätzlich ersichtlich, dass Hauskoordinaten und -umringe in den Jahren 2018 und 2019 in UTM und GK, aber ab 2020 nur in UTM erhältlich waren beziehungsweise sind. Gleiches gilt für Topographische Karten, Digitales Orthophoto, Digitales Oberflächenmodell und Digitales Geländemodell. 3D-Gebäudemodelle in LoD1 oder LoD2 konnten 2018 nur in GK und können 2020 nur in UTM bezogen werden, wohingegen 2019 Daten in beiden Systemen erhältlich sind (vgl. Neugebauer, 2018).

Nach der Umstellung auf das ETRS89/UTM-System soll in Bayern die gesamte Produktpalette der bayerischen Vermessungsverwaltung in UTM erhältlich sein. Ausgenommen sind hierbei die Altformate im DHDN/GK-Bezugssystem.

	2018		2019		2020	
	UTM	GK	UTM	GK	UTM	GK
ALKIS (NAS, NBA) TN, Bosch (shape)	X	✓	✓	X	✓	X
ALKIS (shape, dxf) Punktkoord. (csv)	X	X	✓	X	✓	X
reduzierte DFK (SQD, shape, dxf)	X	✓	X	✓	X	X
Hauskoordinaten	✓	✓	✓	✓	✓	X
Hausumringe	✓	✓	✓	✓	✓	X
3D-Gebäudemod. (LoD1, LoD2)	X	✓	✓	✓	✓	X

Abbildung 19: Zeitplan für Katasterprodukte

	2018		2019		2020	
	UTM	GK	UTM	GK	UTM	GK
Topographische Karten (DOK, DTK, Basis-DLM)	✓	✓	✓	✓	✓	X
DGM, Schummerung Laserpunkte, HL-Karte	✓	✓	✓	✓	✓	X
DOP	✓	✓	✓	✓	✓	X
DOM	✓	✓	✓	✓	✓	X

Abbildung 20: Zeitplan für Produkte der Landesvermessung

Es wird nun im zweiten Teil der Bachelorarbeit auf die Bearbeitung und Vorgehensweise eines Gebietes im Landkreis Würzburg eingegangen, bei dem vor der endgültigen Umstellung des amtlichen Bezugssystems in Bayern versucht wurde, die Grundrissdaten des Liegenschaftskatasters bezüglich ihrer Lageveränderung, hervorgerufen durch die Anwendung des ORTRA-Verfahrens, zu optimieren. Dies erfolgte in Kooperation mit dem zuständigen Beamten für den Systemwechsel am Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Würzburg.

## 5 Untersuchungsgebiet Rieden

Das zu bearbeitende Gebiet im Rahmen dieser Arbeit liegt am nördlichen Rand des Landkreises Würzburg, angrenzend an den Landkreis Schweinfurt. Der Ortsteil Rieden gehört zur Gemeinde Hausen bei Würzburg und zählt circa 750 Einwohner (siehe Abbildung 21) (vgl. Gemeinde Hausen bei Würzburg, 2019).



Abbildung 21: Lage der Ortschaft Rieden

### 5.1 Gebietsanalyse

Zuerst erfolgte die Bewertung des Status Quo im betroffenen Gebiet Rieden bezüglich den vorhandenen Netzspannungen und Differenzvektoren im Programm „QuantumGIS“. Es wurde das Ergebnis der Anlysetransformation aus dem Monat Juli 2018 betrachtet. Darin sind alle, sich im Amtsbezirk Würzburg befindlichen Flurstücksgrenzen des Liegenschaftskatasters enthalten. Außerdem werden die identischen Punkte angezeigt, die in der Ausgleichsberechnung verwendet werden. Diese sind ausgewählte Katasterfestpunkte und Flurstücksgrenzzeichen. Zusätzlich zeigen vier unterschiedlich belegte Layer die Differenzvektoren und ihre zugehörigen Vektorlängen –

abhängig vom ermittelten Zahlenwert aus dem Ergebnis des Vergleichs der beiden Transformationsläufe für diesen Punkt – mit einer Überhöhung um den Faktor 200 an (siehe Abbildung 22).



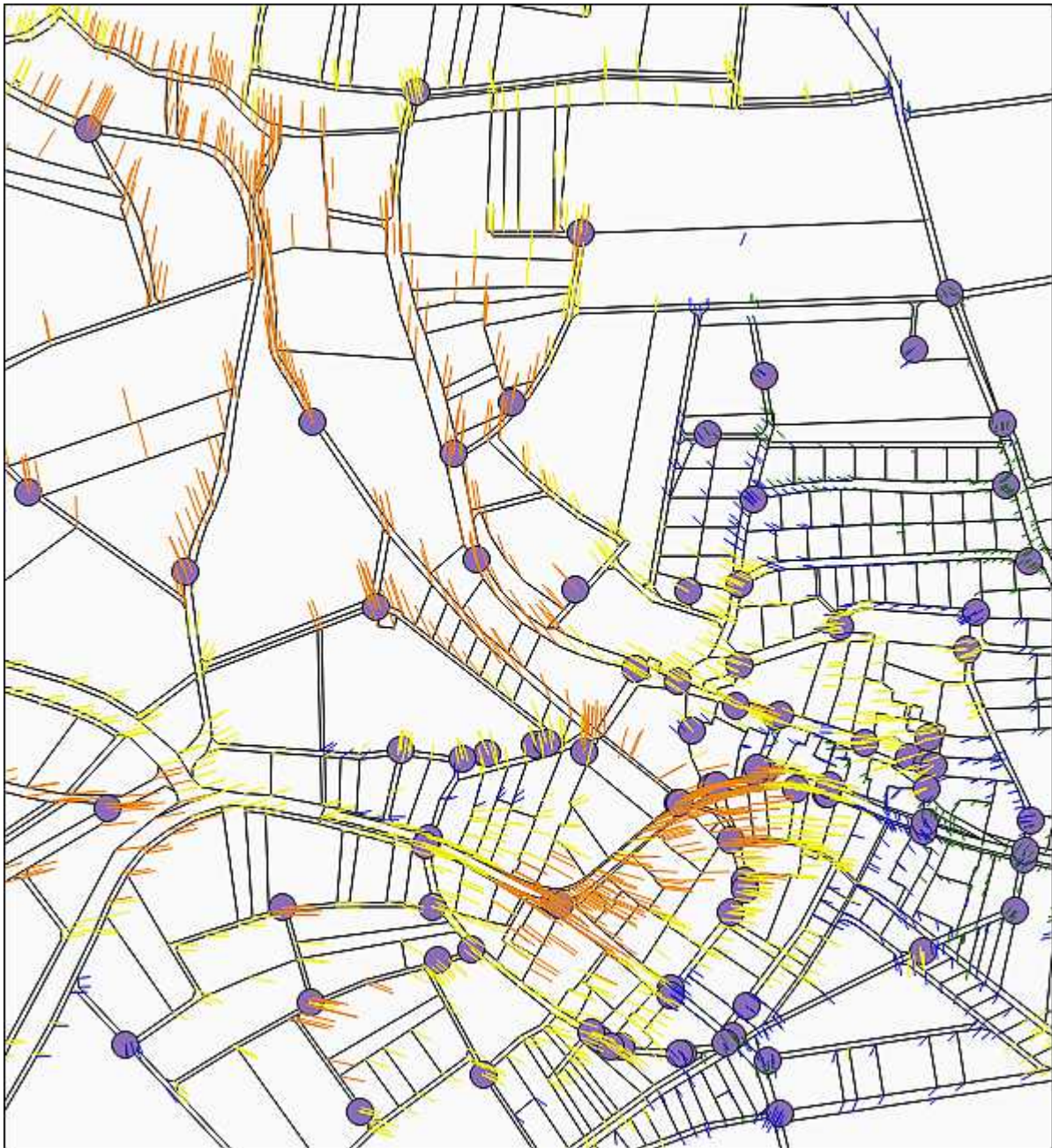
Abbildung 22: Layerstruktur in QGIS

Nachfolgend werden die Klassengrenzen der Differenzvektoren aufgeführt:

- Grün: 0 – 3 cm
- Blau: 3 – 5 cm
- Gelb: 5 – 10 cm
- Orange: 10 – 20 cm
- Rot: > 20 cm

Mithilfe dieser Informationen kann eine exakte Gebietsabgrenzung erfolgen.

Aus Abbildung 23 wird ersichtlich, dass entlang der Hauptstraße und im Norden der Ortschaft Bereiche mit orangenen Differenzvektoren bestehen. Die Vektorbeträge liegen somit in einem Bereich von 10 – 20 Zentimetern, was große Verzerrungen im Liegenschaftskataster nach der Bezugssystemumstellung bedeuten würde. „Das Ziel besteht nicht darin, dass alle Vektoren im grünen „Bereich“ liegen. Vielmehr sollten die örtlichen Gegebenheiten so realistisch wie möglich abgebildet werden“ (Unertl, 2018, S. 9).



**Abbildung 23: Situation bezüglich Differenzvektoren vor Projektstart**

Diese beiden Forderungen der verhältnismäßig geringen Vektorbeträge und der realistischen Abbildung der Situation sind nicht in jedem Fall ohne Kompromisse vereinbar. Vor allem in Anbetracht der Tatsache, dass mehrere teilweise nicht mehr nachvollziehbare Einflussfaktoren auf den aktuellen Zustand des Katasters eingewirkt haben beziehungsweise wirken. Aufgrund von einer differierenden Entstehungsgeschichte können größere Spannungen zwischen zwei benachbarten Gebieten entstehen, welche wiederum in sich eine hohe Nachbarschaftsgenauigkeit aufweisen. Liegt

solch ein Fall vor, ist die Erfahrung des Vermessungsgruppenleiters von großer Bedeutung. Er kennt die Verhältnisse im Außendienst und kann die jeweilige Situation richtig einschätzen.

Weitere Einflussfaktoren sind Punktverwechslungen und eine inhomogene Verteilung der identischen Punkte, welche als Transformationspunkte für die Ausgleichsrechnung verwendet werden. Diese können zusätzlich ein Grund für erhöhte Differenzvektoren im Analysetool sein. Eine Punktverwechslung wird „entweder durch eine falsche Identifikation eines Punktes in der Örtlichkeit oder durch die Eingabe einer falschen Punktnummer bei der Messung hervorgerufen“ (Unertl, 2018, S. 5). Im Vektorbild ist diese Art von Beeinflussung des Katasters offensichtlich, da innerhalb eines kleinen Bereichs die Beträge der Differenzvektoren unverhältnismäßig hoch sind und in eine Richtung zeigen. Die Vektorbeträge umliegender identischer Punkte liegen weit darunter. Für eine realistische Wiedergabe der Gegebenheiten vor Ort sollte auf eine homogene Punktverteilung der identischen Punkte geachtet werden. So können Verzerrungen im Katastergrundriss vermieden werden. Ein einzelner größerer Differenzvektor „kann zu einer weiträumigen Wirkung (...) auf die Umgebung führen, da sich der Fehler eines Punktes ohne Einfluss anderer Messungen auf repräsentativen GK-Altunkten auf das Umfeld auswirken kann“ (Unertl, 2018, S. 7). Nur durch die Beachtung dieses Umstandes ist sichergestellt, dass das Kataster in ALKIS die tatsächlichen Verhältnisse realitätsnah widerspiegelt.

Die Beschreibung des ersten Schritts im Außendienst zur Bearbeitung des Gebietes Rieden folgt im nachfolgenden Kapitel. Dort wird auf die Kontrolle der zu Projektbeginn bereits vorhandenen identischen Punkte eingegangen. Außerdem wird der Versuch erläutert, durch Nachmessung alter Polygonzüge eine weitere Fehlerquelle auszuschließen. Diese haben Einfluss auf das Katasterwerk in der heutigen Form, da viele Anschlussmessungen auf diesem Grundlagentnetz aus Punkten basieren.



## 5.2 Kontrollmessungen

### 5.2.1 Überprüfung der identischen Punkte

Zu Beginn des Projekts wurden bereits vorhandene identische Punkte, die verteilt um die Ortschaft Rieden liegen, ausgewählt und mithilfe einer Leica GNSS-Ausrüstung auf die Lagerichtigkeit überprüft. Dabei handelt es sich ausschließlich um Katasterfestpunkte mit unterschiedlichen Vermarkungsarten. Es erfolgte die Aufnahme von Meißelzeichen, Eisennägeln und unterirdisch liegenden Granitsteinen und Tonrohren (siehe Abbildungen 24 – 28).



Abbildung 25: Verwendetes GNSS-Gerät



Abbildung 24: Vorgefundenes Meißelzeichen



Abbildung 26: Vorgefundener Nagel



Abbildung 28: Vorgefundener Stein



Abbildung 27: Vorgefundenes Eisenrohr

Dadurch soll sichergestellt werden, dass die tatsächliche Punktlage in der Örtlichkeit mit den in ALKIS gespeicherten Koordinaten übereinstimmt. Durch die Aufnahme der Punkte im RTK-Modus in Verbindung mit SAPOS kann eine für diesen Zweck ausreichende Lagegenauigkeit von 1 – 3 cm erreicht werden. Letztendlich wurden 34 Katasterfestpunkte ausgewählt und im Gauß-Krüger-System (12°-Streifen) abgesteckt und ihre Koordinaten erfasst. Nach dem Vergleich von generierten und im ALKIS-Archiv hinterlegten Koordinaten wurde festgestellt, dass teilweise enorme Differenzbeträge zwischen den Koordinatenpaaren auftreten (siehe Tabelle 1, digitale Anlage „Vergleich\_Archiv\_Gemessen\_GK“). Diese sind auf die Verwendung des zuvor genannten Bezugssystems zurückzuführen. Dadurch entstehen Verzerrungen, die zu Abweichungen in den Koordinatenwerten führen. Aus Tabelle 1 ist erkennbar, dass der Differenzwert im Rechtswert des Punktes 1319 bei 4,1 cm liegt. Dieser Wert ist – unter Berücksichtigung des eigentlichen Zwecks der Kontrollmessung – akzeptabel. Es soll die tatsächliche Lage des Punktes in der Örtlichkeit mit den im System gespeicherten Koordinaten verglichen und überprüft werden. Zudem liegt der Wert im Genauigkeitsbereich, der für die Messung mit SAPOS erwähnt wurde. Im Gegensatz dazu liegt der Differenzwert zwischen den Koordinaten aus dem ALKIS-Archiv und gemessenen Daten im Rechtswert des Punktes 10001 bei -15,2 cm und im Hochwert bei 10,9 cm. Diese Werte übersteigen die erreichbare Genauigkeit bei dieser GNSS-Messung deutlich. Somit kann eine Punktverwechslung nicht ausgeschlossen werden. Aus theoretischer Sicht kann eine Verzerrung auf das Kataster in diesem Bereich wirken, welche in der Realität nicht gegeben ist. Um diesen Umstand auszuschließen, wurden weitere Messungen durchgeführt.

Hinweis zu Punktnummern(-vergabe):

Es erfolgte die Verwendung vorhandener Punktnummern aus ALKIS, sofern sie vorhanden waren. Andernfalls wurden eigene Punktnummern eingeführt; beginnend bei 10001. Weitere Punkte ohne hinterlegter Punktnummer wurden inkrementell festgelegt. Diese dienen ausschließlich dem Zweck der Bearbeitung der Bachelorarbeit und sind nicht in ALKIS zugewiesen.

Pkt.Nr.	ALKIS-Archiv		Gemessen		Differenz	
	RW	HW	RW	HW	$\Delta$ RW	$\Delta$ HW
<b>1319</b>	4359795,830	5535601,570	4359795,789	5535601,576	0,041	-0,006
<b>10001</b>	4359660,730	5535420,500	4359660,882	5535420,391	-0,152	0,109

**Tabelle 1: Koordinatenvergleich ALKIS-Archiv – Gemessen (RW/HW)**

Es wurden zusätzlich einige identische Punkte im geozentrischen WGS84-System bestimmt und mit Archivkoordinaten verglichen. Diese decken das Gebiet mit erhöhten Differenzvektoren um das Dorf ausreichend ab. Es wurden nunmehr keine signifikanten Koordinatendifferenzen festgestellt (siehe Tabellen 2 und 3, digitale Anlage „Vergleich\_Archiv\_Gemessen\_XYZ“). Der höchste Differenzwert liegt im Punkt 5620 in Z bei 3,9 cm. Die weiteren Werte liegen allesamt darunter und bewegen sich im geringen Zentimeterbereich. Die zuvor getroffene Annahme wird durch diese Tatsache untermauert. Aufgrund des zuvor verwendeten Bezugssystems und der damit verbundenen Abbildung entstanden die hohen Differenzwerte. Mit diesem Ergebnis kann nun eine Punktverwechslung bei der Erstaufnahme der identischen Punkte ausgeschlossen werden. Die archivierten Koordinatenwerte in ALKIS stimmen – unter Berücksichtigung der zu erreichenden Genauigkeit bei der Messung mit GNSS in Verbindung mit SAPOS – mit der realen Lage der ausgewählten Punkte überein.

Pkt.Nr.	ALKIS-Archiv			Gemessen		
	X	Y	Z	X	Y	Z
<b>10006</b>	4050229,112	717236,577	4858668,392	4050229,132	717236,569	4858668,387
<b>7</b>	4050317,869	717402,187	4858568,508	4050317,860	717402,179	4858568,509
<b>1319</b>	4050091,756	717444,706	4858761,614	4050091,771	717444,709	4858761,620
<b>5897</b>	4050008,518	717208,392	4858852,068	4050008,498	717208,367	4858852,036
<b>5617</b>	4049696,319	716665,595	4859176,817	4049696,335	716665,587	4859176,797
<b>5620</b>	4049875,199	716900,622	4859000,191	4049875,161	716900,620	4859000,152

Tabelle 2: Koordinaten ALKIS-Archiv – Gemessen (XYZ)

Pkt.Nr.	Differenz		
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$
<b>10006</b>	-0,020	0,008	0,005
<b>7</b>	0,009	0,008	-0,001
<b>1319</b>	-0,015	-0,003	-0,006
<b>5897</b>	0,020	0,025	0,032
<b>5617</b>	-0,016	0,008	0,020
<b>5620</b>	0,038	0,002	0,039

Tabelle 3: Differenzen ALKIS-Archiv – Gemessen (XYZ)

Nachdem die Überprüfung der korrekten GNSS-Aufnahme der identischen Punkte (erste Mess-Session) im Gebiet Rieden erfolgreich durchgeführt worden ist, bestand eine weitere potentielle Fehlerquelle, welche ungewollte und nicht realistische Verzerrungen im Liegenschaftskataster verursachen könnte. Diese lag in den Polygonzügen, die durch und um die Ortschaft gelegt und gemessen wurden.

## 5.2.2 Überprüfung der Polygonzüge

Für die Überprüfung der Polygonzüge in Rieden wurde ALKIS mit dem Katastererfassungstool (KatEr) verwendet. Dabei fiel die Wahl auf zwei der vier dokumentierten Polygonzüge. Polygonzug 4 liegt im Norden des Dorfes auf einer asphaltierten Verbindungsstraße, wohingegen der Zug mit der Nummer 1 sich direkt im Ort befindet. Eine Überprüfung der anderen beiden Polygonzüge wurde nicht durchgeführt, da diese im Westen von Rieden liegen und sich dort eine entspanntere Situation der Differenzvektoren aufzeigt. Ein negativer Einfluss der Züge 2 und 3 kann mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Genauigkeitsklasse aller verwendeten Punkte war  $\leq 3\text{cm}$ . Das bedeutet, dass die erforderliche Genauigkeit für Messungen im Liegenschaftskataster ( $\leq 3\text{ cm}$ ) eingehalten wird.

### Polygonzug 1

Es handelt sich konkret um zwei Züge. Davon liegt ein Polygonzug zentral im Ortsgebilde, in der Lindenstraße. Er entstand im Jahr 1977 und verläuft über den Anfangspunkt 5743 über 5742 auf den Endpunkt 5741. Als Anschlussrichtung wurde der Punkt 5228 angezielt, wohingegen die Riedener Kirchturmspitze (5210) als Abschlussfernziel Verwendung fand (siehe digitale Anlage „Beobachtungsplan\_Polygonzug 1“). Keiner der zuvor genannten Punkte konnte aufgefunden werden – ausgenommen ist hierbei der Kirchturm mit der Punktnummer 5210. Aus diesem Grund war vor der Überprüfung des Zuges die Wiederherstellung der Punkte notwendig.

### **Punkt wiederherstellung**

Dies wurde mithilfe eines Leica TS15-Tachymeters in Verbindung mit einem Feldrechner mit der ALKIS-Anwendung durchgeführt. Hierbei musste stets auf den nachbarschaftlichen Bezug geachtet werden. So können die Punkte und der Polygonzug möglichst realitätsnah – wie er im Jahr 1977 bestanden hatte – nachgebildet werden. Deswegen wurden im Rissarchiv des Amtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Würzburg Nachforschungen zur Entstehungsgeschichte der Punkte angestellt. Daraus ging die Erkenntnis hervor, dass die Punkte 5741 – 5743 im Jahr 1976, während der Aufnahme der damals neugebauten Hauptstraße entstanden sind. Im Gegensatz dazu

existierte der Punkt 5228 schon zuvor. Aus den verfügbaren Unterlagen konnte dessen Entstehung nicht mehr rekonstruiert werden.

Zuerst erfolgte die temporäre Vermarkung der Punkte 5228 und 5743 in der Örtlichkeit. Dazu wurde eine Stationierung über die Anschlusspunkte mit den Arbeitsnummern 11 und 14 – 18 erstellt, wobei ausschließlich Punkte Verwendung fanden, die einen Bezug zu den wiederherzustellenden Punkten haben (siehe Abbildung 29, digitale Anlagen „Projektprotokoll\_Punkt wiederherstellungen\_Polygonzüge“ / „Übersicht\_Stationierung\_5228\_5743“). Dieser konnte in diesem Fall mithilfe einer Messungslinie in der Lindenstraße zwischen 5228 und 5743, auf die alle Grenzzeichen und Gebäudeecken aufgewinkelt wurden, bewerkstelligt werden (siehe digitale Anlagen „FR 206“, „FR 216“). Außerdem achtete man – so gut es die örtlichen Gegebenheiten zuließen – auf die bekannten Regeln bei der freien Stationierung. Neben den tatsächlich in die Standpunkteinpassung einbezogenen Punkten erfolgte die Anzielung weiterer Anschlusspunkte und die anschließende Integration in den Ansatz. Da die Restklaffungen ( $dx$ ,  $dy$ ) zu hohe Werte ( $> 4$  cm) annahmen, mussten diese im Nachgang wieder daraus entfernt werden. Des Weiteren wurde bei der Einpassung auf eine homogene Punktverteilung der Anschlusspunkte geachtet. Der Abdeckungsbereich dieser Punkte schließt die neu abgesteckten Punkte mit ein. Damit sind diese kontrolliert. Nach der Absteckung wurde 5743 (Arbeitspunktnummer 22) mit Kreide auf der Asphaltstraße und 5228 (APN 21) mithilfe eines Plastikmörchens (siehe Abbildung 30) temporär vermarkt. Zur Kontrolle der Stationierung erfolgte die Anzielung des Katasterfestpunktes 11 zum Abschluss.



**Abbildung 29: Standpunkt zur Wiederherstellung von 5228 und 5743**



**Abbildung 30: Vermarkung 5228**

Die Wiederherstellung der Punkte 5741 (APN 35) und 5742 (APN 34) konnte durch eine zweite Tachymeteraufstellung gewährleistet werden (siehe Abbildung 31). Als Anschlusspunkte für die Stationierung fungierten die Punkte 22, 23, 25, 27, 29, 30 und 33 (siehe digitale Anlagen „Projektprotokoll\_Punkt-wiederherstellungen\_Polygonzüge“/ „Übersicht\_Stationierung\_5742\_5741“). Dabei wurde wieder auf den nachbarschaftlichen Bezug geachtet, indem ausschließlich Punkte für die Einpassung Verwendung fanden, die entweder auf die Messungslinie zwischen 5742 und 5743 oder zwischen 5741 und 5742 aufgewinkelt wurden (siehe digitale Anlagen „FR 202“, „FR 207“, „FR 216“). Die Vermarkung von 5742 erfolgte durch einen Nagel, wohingegen 5741 mit Kreide auf der Straße gekennzeichnet wurde. Nach Abschluss aller geplanten Messungen konnte die Stationierung nochmals durch Anzielung des Meißelzeichens mit Arbeitspunktnummer 30 kontrolliert werden.



**Abbildung 31: Standpunkt zur Wiederherstellung von 5742 und 5741**

Nachdem alle benötigten Punkte wiederhergestellt waren, erfolgte der nächste Schritt im Außendienst. Es sollte der im Jahr 1977 entstandene Polygonzug durch die Lindenstraße nachgemessen und somit auf mögliche Messfehler/-abweichungen überprüft werden.

### **Nachmessung des Polygonzugs**

Es wurde mithilfe der ALKIS-Anwendung „Polygonzug“ gearbeitet. Die Aufstellung des beidseitig richtungs- und koordinatenmäßig angeschlossenen Zuges konnte anhand der verfügbaren Unterlagen rekonstruiert werden. Erster Tachymeterstandpunkt war 5743 mit Anzielung des Anschlusspunktes 5228. Der Beobachtungsplan sah die Ermittlung der Strecke und des Brechungswinkels zwischen Anschluss- und nächstem Polygonpunkt (5742) in zwei Fernrohrlagen vor. Der weitere Messablauf funktionierte nach demselben Prinzip. Nachdem die Messung auf dem zweiten Polygonpunkt abgeschlossen war, erfolgte der Abschluss des Zuges mit dem letzten Standpunkt (5741). Als Endpunkt (Fernziel) wurde die Helmstange der Sankt Ottilia Kirche in Rieden mit Punktnummer 5210 angezielt.

Bei der Analyse der Ergebnisse gibt es keine Auffälligkeiten, die auf jegliche Art von (Mess-)Fehler bei der Erstaufnahme des Polygonzugs 1 hinweisen würden. Der Vergleich von Strecke und Brechungswinkel des im Jahr 1977 gemessenen Zuges und der neu generierten Daten zeigt keine auffälligen Differenzen auf (siehe Tabellen 4 und 5). Die Differenzen der Winkel liegen im Zentigon-Bereich, was mit Berücksichtigung der Entstehung der Polygonpunkte zufriedenstellend ist. Gleiches gilt für den Vergleich der Strecken zwischen den Punkten. Hier ergeben sich keine Differenzen zwischen Uraufnahme und Nachmessung. Werden die Strecken mit den vorhandenen Werten aus den Fortführungsrissen von 1976 verglichen, so ergeben sich auch hier keine nennenswerten Abweichungen (siehe digitale Anlage „FR 207“). Die Strecke zwischen den Polygonpunkten 5743 und 5742 wurde vor 43 Jahren zu 89,83 m gemessen. Dies ergibt eine Differenz von 0,02 m zwischen Orthogonalaufnahme und Polygonzugerst- und Zweitaufnahme. Zwischen 5742 und 5741 können exakt identische Werte festgestellt werden. Diese liegen bei allen drei Aufnahmen bei 77,71 m. Außerdem ergibt der Vergleich der Strecke zwischen 5228 und 5743 eine Differenz eines Zentimeters. Der im Jahr 2018 durch einen orthogonalen Helmertansatz gene-



rierte Wert liegt bei 112,62 m (siehe digitale Anlage „Projektprotokoll\_Punkt wiederherstellungen\_Polygonzüge“). Wird das kontrollierte Endmaß der Messungslinie zwischen 5228 und 5633 (108,84 m) mit dem Spannmaß zwischen 5633 und 5743 (3,77 m) addiert, so ergibt sich die Strecke zwischen 5228 und 5743 zu 112,61 m (siehe digitale Anlage „FR 206“, „FR 216“).

Pkt.Nr.	Winkel_alt [gon]	Winkel_neu [gon]	$\Delta$ Winkel [gon]
5743	102,0005	102,0071	-0,0066
5742	143,9374	143,9024	0,0350
5741	286,9777	287,0089	-0,0312

Tabelle 4: Vergleich Winkel\_alt und Winkel\_neu von Polygonzug 1

Pkt.Nr	Strecke_alt [m]	Strecke_neu [m]	$\Delta$ Strecke [m]
5743 – 5742	89,81	89,81	0,00
5741 – 5742	77,71	77,71	0,00

Tabelle 5: Vergleich Strecke\_alt und Strecke\_neu von Polygonzug 1

### Polygonzug 4

Der zweite Polygonzug befindet sich nördlich von Rieden auf der Grundstraße Richtung Mühlhausen. Das Entstehungsjahr des ursprünglichen Zuges lässt sich auf 1973 zurückverfolgen. Ursprünglich verlief der komplette Zug von Anfangspunkt 5614 über 5616 bis zu 5623. Als Anschlusspunkt diente 5424. Die Kirchturmspitze (5210) wurde wiederum als Abschlusspunkt angezielt (siehe digitale Anlage „Beobachtungsplan\_Polygonzug 4“). Nach der Überprüfung der Gegebenheiten im Außendienst konnte festgestellt werden, dass für die Punkte 5614, 5616, 5619, 5622 und 5623 keine Vermarkung mehr vorzufinden war.

Es wurde der Beschluss gefasst, 5619 wiederherzustellen und den Polygonzug zwischen den Punkten 5617 und 5621 nochmals zu messen. Mit dieser Vorgehensweise kann der Zug in seiner ursprünglichen Gestalt ohne unwirtschaftlich hohen Zeitaufwand überprüft werden.

## Punkt wiederherstellung

Dazu sollte zuerst der Punkt 5619 wiederhergestellt werden. Es erfolgte eine Stationierung mit den Anschlusspunkten 2, 3, 4, 6 und 9 (siehe Abbildung 32, digitale Anlage „Projektprotokoll\_Punkt wiederherstellungen\_Polygonzüge“ / „Übersicht\_Stationierung\_5619“). Auch hier wurde versucht, auf den nachbarschaftlichen Bezug und die Regeln zum Setzen einer freien Stationierung zu achten. Deswegen bezog man den Polygonpunkt 5620 (APN 3) in den Helmertansatz ein. Außerdem wurden umliegende Katasterfestpunkte und Gebäudeecken für die Einpassung verwendet. Es sollten weitere KFPs und Grenzsteine dafür verwendet werden, wobei diese aufgrund zu hoher Restklaffungen in X- und Y-Richtungen wieder aus dem Ansatz entfernt werden mussten. Nach der Freigabe des Helmertansatzes konnte der Punkt 5619 (APN 10) abgesteckt und mit einem Nagel wiederhergestellt werden. Der Tachymeterstandpunkt wurde mit einer Kontrollmessung auf Katasterfestpunkt 2 abgeschlossen.



Abbildung 32: Standpunkt zur Wiederherstellung von 5619

## Nachmessung des Polygonzugs

Da nun alle benötigten Polygonpunkte vorhanden waren, konnte mit der Durchführung der Zugmessung begonnen werden. Auch hier handelt es sich – wie bei Polygonzug 1 – um einen Zug mit beidseitigem Richtungs- und Koordinatenabschluss. Der erste Tachymeterstandpunkt befindet sich auf dem Polygonpunkt 5618 (APN 1) mit Blick auf Anschlusspunkt 5617 (APN 37) und auf den nächsten Punkt mit Nummer 5619 (APN 10), welcher zuvor wiederhergestellt wurde. Nachdem die Messungen auf diesem temporär vermarkten Punkt abgeschlossen waren, konnte der letzte Zugstandpunkt 5620 (APN 3) realisiert werden. Hier erfolgte wiederum die Anzielung von 5619 und als Abschlusspunkt 5621 (APN 38). In den nachfolgenden Tabellen 6 und 7 können die vorhandenen und generierten Werte entnommen werden. Bei der Analyse der Daten fällt auf, dass der Polygonzug 4 im Jahr 1973 ursprünglich in Altgrad entstanden ist (siehe

digitale Anlage „Berechnungsband\_Polygonzug 4“). Im Nachgang wurden die Ergebnisse in Neugrad umgerechnet. Zu den Umständen der Umrechnung von Alt- nach Neugrad ist nichts Genaueres bekannt. Dieser Rechenschritt wurde nochmals mit der Formel

$$\text{Winkel (Altgrad)} \div 0,9 = \text{Winkel (Neugrad)}$$

wiederholt. Dabei fiel auf, dass die in den Unterlagen vermerkten Werte „Neugrad\_1973 (gegeben)“ nicht mit den generierten Werten „Neugrad\_2018 (gerechnet)“ übereinstimmen. Die Differenzen liegen im Bereich eines Dezi-Gons (siehe Tabelle 6).

Pkt.Nr.	Altgrad_1973 (gegeben)	Neugrad_1973 (gegeben)	Neugrad_2018 (gerechnet)	$\Delta$ Neugrad
<b>5618</b>	166,1830	184,7833	184,6478	0,1355
<b>5619</b>	151,1750	168,1018	167,9722	0,1296
<b>5620</b>	160,1130	177,9870	177,9033	0,0837

Tabelle 6: Vergleich der Brechungswinkel Neugrad\_1973 (geg.) – Neugrad\_2018 (ger.)

Im nächsten Schritt werden die Brechungswinkel in den Punkten 5618 – 5620 zwischen den gegebenen Daten aus dem Jahr 1973 in Neugrad und den gemessenen Werten aus dem Jahr 2018 verglichen (siehe Tabelle 7). Die Differenzwerte liegen in allen drei Punkten bei circa 6 cgon. Aufgrund unterschiedlicher Einflussfaktoren kann dieses Resultat als zufriedenstellend charakterisiert werden.

Pkt.Nr.	Neugrad_1973 (gegeben)	Neugrad_2018 (gemessen)	$\Delta$ Neugrad
<b>5618</b>	184,7833	184,7184	0,0649
<b>5619</b>	168,1018	168,1666	-0,0648
<b>5620</b>	177,9870	177,9245	0,0625

Tabelle 7: Vergleich der Brechungswinkel Neugrad\_1973 (geg.) – Neugrad\_2018 (gem.)

Nachdem die Messwerte mit den gegebenen Neugrad-Winkelwerten verglichen wurden, wird nun ein Vergleich zwischen gemessenen Brechungswinkeln und den selbst umgerechneten Werten aus dem Jahr 1973 durchgeführt (siehe Tabelle 8). Die Differenzen in den Polygonpunkten 5618 und 5620 liegen im Zenti-Gon-Bereich, wohingegen knapp zwei Dezi-Gon das Ergebnis der Differenzbildung der beiden Winkelwerte im Punkt 5619 ist. Dieser Wert liegt deutlich höher als bei allen anderen Polygonpunkten. Der Grund hierfür könnte die erneute Wiederherstellung von 5619 sein, obwohl bei der Einpassung auf den nachbarschaftlichen Bezug geachtet wurde.

<b>Pkt.Nr.</b>	<b>Neugrad_2018 (gerechnet)</b>	<b>Neugrad_2018 (gemessen)</b>	<b><math>\Delta</math>Neugrad</b>
<b>5618</b>	184,6478	184,7184	-0,0706
<b>5619</b>	167,9722	168,1666	-0,1944
<b>5620</b>	177,9033	177,9245	-0,0212

**Tabelle 8: Vergleich der Brechungswinkel Neugrad\_2018 (ger.) – Neugrad\_2018 (gem.)**

Der Rohdatenvergleich wird mit dem Ergebnis der nachfolgenden Tabelle 9 abgeschlossen. Hier werden die Strecken aus dem Jahr 1973 mit den selbst generierten Distanzen abgeglichen. Die Differenz der Strecke 5618 – 5619 liegt bei einem Zentimeter. Die Strecke zwischen 5619 und 5620 wurde im Jahr 2018 um acht Zentimeter länger gemessen als vor 45 Jahren. Dieser Umstand könnte abermals mit der zuvor genannten Wiederherstellung von 5619 zusammenhängen. Zudem wird an dieser Stelle die über der Fehlergrenze liegende Winkelabweichung von 0,0521 gon im Polygonzug 4 erwähnt (siehe digitale Anlage „Projektprotokoll\_Punkt wiederherstellungen\_Polygonzüge“).

<b>Pkt.Nr</b>	<b>Strecke_1973 [m]</b>	<b>Strecke_2018 [m]</b>	<b><math>\Delta</math>Strecke [m]</b>
<b>5618 – 5619</b>	93,73	93,72	0,01
<b>5619 – 5620</b>	99,46	99,54	-0,08

**Tabelle 9: Vergleich der Strecken 1973 – 2018**

Abschließend kann zur Überprüfung der beiden Polygonzüge 1 und 4 Folgendes gesagt werden: Die Erstaufnahme der Züge erfolgte ohne erkennbaren Messfehler (z.B. falsches Fernziel), welcher einen großen Einfluss auf die anschließend entstandenen Katasterfestpunkte und darauf aufbauenden Messungen hätte, wie beispielsweise Grenzfeststellungen oder Flurstückszerlegungen, bei denen wiederum neue Katasterfestpunkte entstanden sind. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass aus anderen Polygonzügen und den daraus abgesetzten Polygonpunkten Messabweichungen in das Katasterwerk eingebunden wurden. Dieser Umstand der möglichen (Mess-)Fehler im Laufe der Jahrzehnte ist im Allgemeinen (auch mit Bezug auf Klein-/Einzelkatastermessungen) äußerst schwer handhabbar. Sie könnten aufgrund der hohen Anzahl an Messungen nur mit unökonomisch hohem Arbeits- und Zeitaufwand ausfindig gemacht werden.

Im Projekt Rieden ist in Bezug auf die Polygonzugüberprüfung ein weiterer Umstand zu erwähnen. Es geht aus alten Katasterunterlagen hervor, dass die überprüften Punkte des Polygonzugs 4 nicht immer als Nägel bestanden haben, sondern ursprünglich als Meißelzeichen vermarktet waren. Warum nun 2018 aber an gleicher Stelle eine andere Vermarkungsart vorgefunden und nachgewiesen wurde, kann nicht mehr nachvollzogen werden. Es wird vermutet, dass die als Meißelzeichen vermarkten Punkte des Polygonzugs 4 aufgrund einer Beschleunigten Zusammenlegung des Amtes für ländliche Entwicklung entfernt und als Nägel wiederhergestellt wurden. Über die Umstände der Wiederherstellung können keine Informationen in alten Unterlagen gefunden werden. Aus diesem Grund in Verbindung mit der nochmaligen Wiederherstellung des Punktes 5619 sind die teilweise hohen Differenzen in Brechungswinkel und Strecke zwischen den beiden Aufnahmeständen 1973 und 2018 zu erklären.

Im nächsten Kapitel wird der Versuch erläutert, durch eine Transformation mit Punkten des TP-Feldes und Anwendung der daraus resultierenden Transformationsparameter auf das Gebiet Rieden, Veränderung bezüglich der Differenzvektoren und deren Vektorbeträge zu erkennen und zu analysieren. Mit diesem Schritt soll der Beweis erbracht werden, dass die erhöhten Vektorlängen ausschließlich durch die nachbarschaftlichen Verhältnisse in und um die Ortschaft hervorgerufen werden.

### 5.2.3 Lokale Transformation

Für die Bestimmung des Transformationssatzes wurde eine Berechnung mit Punkten durchgeführt, welche ausschließlich Koordinaten von trigonometrischen Punkten beinhaltet. Diese Koordinaten sind in zwei Systemen vorhanden. Einerseits werden Koordinaten im Bezugssystem WGS84 mit WGS84-Ellipsoid (geozentrische XYZ-Koordinaten) verwendet, andererseits stehen Koordinaten im Gauß-Krüger-System mit Bessel-Ellipsoid (Rechtswert/Hochwert) zur Verfügung. Diese Daten wurden in der Software „Leica Geo Office“ weiterverarbeitet, indem eine 1-Schritt-Transformation mit zwei Projekten, welche jeweils Koordinaten eines Bezugssystems beinhalten, angestoßen wurde. „Es werden sukzessive diejenigen Punkte aus dem Ansatz entfernt, die nach jeder Neuberechnung die höchsten Klaffungswerte aufweisen. So wird sich kontinuierlich an die „Idealkonstellation“ für den Transformationsparametersatz herangearbeitet“ (Unertl, 2018, S. 15). Es wurde darauf geachtet, dass die Restklaffungen bei circa drei Zentimeter liegen. Letztendlich bleiben dreizehn gemeinsame Punkte im Transformationsansatz bestehen.

Das Ergebnis der Berechnung kann im Transformationsbericht eingesehen werden (siehe digitale Anlage „Transformationsbericht“). Darin werden die Residuen in der Lagekomponente graphisch (siehe Abbildung 33) und durch Zahlenwerte (siehe Tabelle 10) dargestellt.

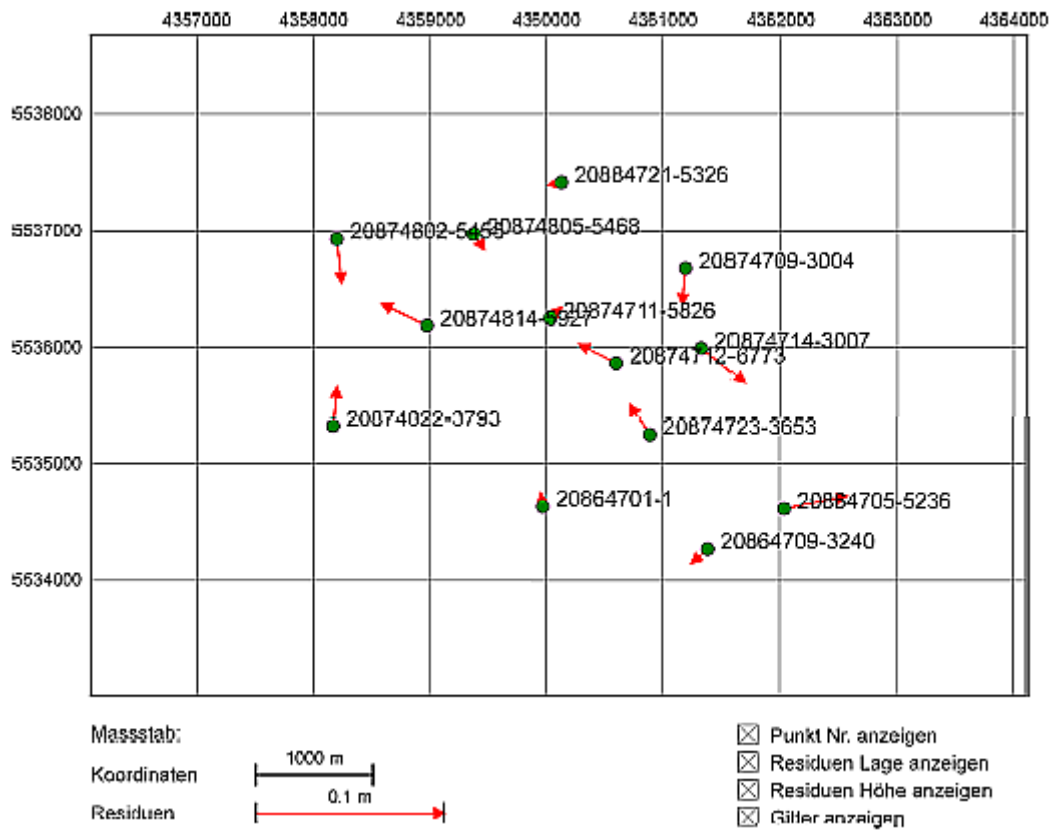


Abbildung 33: Graphische Darstellung der Residuen

Punktnummer	$\Delta O$ [m]	$\Delta N$ [m]
1	-0,011	0,0068
5236	0,0332	0,0065
3240	-0,0084	-0,0075
3004	-0,0018	-0,0189
5826	0,0060	0,0056
6773	-0,0195	0,0099
3007	0,0222	-0,0179
3653	-0,0104	0,0162
5455	0,0026	-0,0233
5468	0,0056	-0,0082
5927	-0,0239	0,0115
3793	0,0021	0,0210
5326	-0,0065	-0,0015

Tabelle 10: Numerische Residuen der Transformation

Ein weiteres Endprodukt der Berechnung ist der Transformationssatz mit Transformationsparametern (siehe Tabelle 11). In diesen Parametern ist die innere Nachbarschaftsgenauigkeit des Gebiets nicht enthalten, weil bewusst lokale Katasterfestpunkte keine Berücksichtigung fanden, sondern ausnahmslos trigonometrische Punkte verwendet wurden. Es erfolgte die Entfernung einiger, sich im Gebiet befindlichen Katasterfestpunkte, welche bereits bestanden haben und Transformationsparameter mit Nachbarschaftsbezug enthielten. Speziell entschloss man sich, die KFPs an der Hauptstraße durch die Ortschaft zu entfernen. Im Gegenzug dafür entstehen zehn neue Punkte mittels GNSS mit den über das TP-Feld bestimmten Transformationsparametern. Es fanden Geräteaufstellungen auf den Punkten des Polygonzugs 4 (5617 – 5621) sowie auf 10001, 10004, 10005, 10017 und 10018 statt (siehe digitale Anlage „KFPs\_TP\_Transformation“). Das Ergebnis kann nach einer Neuberechnung der Differenzvektoren mithilfe des Analysetools in München analysiert werden (siehe Abbildung 34).

<b>Transformationsparameter</b>	<b>Werte</b>
<b>X0</b>	0,1324 m
<b>Y0</b>	0,0818 m
<b><math>\Delta O</math></b>	4360175,8897 m
<b><math>\Delta N</math></b>	5535875,8938 m
<b>Rotation</b>	1 ° 29' 33,73076"
<b>Maßstab</b>	260,7025 ppm

Tabelle 11: Transformationsparameter





Abbildung 34: Differenzvektoren nach Neuberechnung über TP-Feld

Die Differenzvektoren haben sich im betroffenen Bereich merklich verringert. Vor allem entlang der Hauptstraße von Rieden haben sich diese von ursprünglich circa zehn bis fünfzehn Zentimeter auf weniger als drei Zentimeter entwickelt. Aber auch entlang der Grundstraße in Richtung Mühlhausen sind deutliche Verbesserungen zu erkennen. Mit diesem Resultat kann nun bestätigt werden, dass die erhöhten Vektorbeträge vor der Neuberechnung durch die Nachbarschaftsbeziehungen und aufgrund der historischen Entwicklungen und Messungen des Katasters in und um Rieden hervorgerufen werden. An dieser Stelle ist anzumerken, dass es bei der Analyse der Ergebnisse zu nicht vorhergesehenen Auffälligkeiten gekommen ist. Konkret konnten sogenannte Dubletten nachgewiesen werden. Diese werden bei der Transformationsberechnung als Fehler angezeigt, falls zwei Punkte mit sehr ähnlichen Koordinatenpaaren (Differenz  $\leq 3$  cm) auftauchen. Dieser Umstand ist auf den Editiervorgang in ALKIS in Bezug auf das Entfernen und den Austausch von identischen Punkten vor der Neuberechnung der Analysetransformation zurückzuführen. Dort wurden versehentlich bereits bestehende ETRS-Punkte nicht entfernt, obwohl eine zweite Messung darauf stattfand und diese zwangsläufig in einer sehr geringen Entfernung nochmals im System gespeichert waren. Es bestand also theoretisch ein Punkt zweimal. Aufgrund der unterschiedlichen Transformationsparameter (mit bzw. ohne Nachbarschaftsgenauigkeit) entstanden minimale Koordinatenunterschiede für denselben Punkt. Konkret handelt es sich um vier Katasterfestpunkte, die an der Hauptstraße liegen. Diese erzeugten Dubletten wurden im Nachgang bearbeitet.

Nichtsdestotrotz hat das Ergebnis der Analysetransformation einen hohen Aussagewert. Es ist davon auszugehen, dass die erhöhten Vektorbeträge um das Gebiet Rieden durch die Nachbarschaftsbeziehungen in diesem Gebiet hervorgerufen werden.

Im nachfolgenden Kapitel werden einige Vermutungen und mögliche Gründe für die Situation bezüglich der erhöhten Differenzvektoren erläutert.

### 5.3 Ergebnis

Aufgrund von kleinräumigen Netzspannungen, die durch nachfolgende und aufeinander aufbauende Katastervermessungen im Laufe der Zeit an weitere Katasterpunkte „weitergegeben“ beziehungsweise „verschleppt“ wurden, ist der aktuelle Stand des Liegenschaftskatasters entstanden.

Ein weiterer Einflussfaktor sind die nicht mehr nachvollziehbaren Umstände der Entstehung und des Fortbestandes der Polygonpunkte des Polygonzugs 4 mit den überprüften Punkten 5617 – 5621. Diese sind ursprünglich als Meißelzeichen vermarktet worden. Offensichtlich wurden sie zwischenzeitlich – möglicherweise im Zuge einer Beschleunigten Zusammenlegung durch das Amt für ländliche Entwicklung – entfernt und mit Nägeln wiederhergestellt. Zu den Umständen und der Vorgehensweise der Wiederherstellung sind keine Details bekannt. Im Allgemeinen sind alle Polygonzüge als mögliche Ungenauigkeitsfaktoren zu sehen. Es kann beispielsweise bei Punkten, die ausgehend von einem Polygonpunkt abgesetzt wurden, zu ungewollten Genauigkeitsdefiziten bei der Absteckung oder Vermarkung gekommen sein.

Des Weiteren ist auch nichts über die absolute Korrektheit der GNSS-Aufnahme von identischen Punkten bekannt. Es kann eventuell sein, dass ein Katasterfestpunkt, der als unterirdischer Granitstein an einer Böschung vermarktet ist, schief sitzt und trotzdem ohne vorheriges Aufrichten als identischer Punkt aufgemessen wird. Wird dieser Stein nachfolgend bei einer anderen, davon unabhängigen Katastervermessung aufgerichtet und als Transformationspunkt für eine Stationierung verwendet, so stimmen die geozentrischen XYZ-Koordinaten und somit die transformierten UTM-Koordinaten in ALKIS nicht mit der realen Lage des Punktes zusammen. Das Problem ist der nicht mehr nachvollziehbare Ablauf der Entstehung und die zwischenzeitlichen Veränderungen an einem Punkt.

Außerdem ist die Umstellung des amtlichen Bezugssystems in Bayern vom Soldner-System auf das Gauß-Krüger-System, bei der die Umrechnung bis zum Jahr 1978 andauerte, als weiterer möglicher Einflussfaktor anzumerken. Auch hier können bei der Berechnung ungewollte Differenzen beim Übergang in das damals neue Lagebezugssystem erfolgt sein.

In diesem Fall wird nach Bewertung aller Kontrollmessungen und -maßnahmen der ursprüngliche Zustand des Liegenschaftskatasters in ALKIS wiederhergestellt. Es war

von Anfang an geplant, die neu integrierten Punkte ohne nachbarschaftlichen Bezug nicht im System zu belassen. Einziger Zweck dieser Maßnahme war die Bestätigung, dass die hervorgerufenen Differenzvektoren durch die vorherrschenden Nachbarschaftsbeziehungen im Gebiet bestehen. Zusätzlich wirken die zuvor genannten Einflüsse, welche sich auf das gesamte Katasterwerk beziehen.

Es wurde sich für diesen Schritt entschieden, da der Erhalt der lokalen Nachbarschaftsbeziehung wichtiger ist als die Tatsache, dass alle Differenzvektoren im „grünen“ Bereich (0 – 3 cm) liegen. Dieser Umstand würde für das Liegenschaftskataster bedeuten, dass durch bewusstes strategisches Weglassen von identischen Punkten die realen nachbarschaftlichen Beziehungen missachtet würden, was eine Verschlechterung der Qualität der amtlichen Geobasisdaten nach sich zieht.

Nach dem Abschluss der Bezugssystemumstellung muss die korrekte, das heißt realistische Darstellung zwischen den Gegebenheiten in der Örtlichkeit und in ALKIS überprüft werden. Dabei ist insbesondere auf die Beziehungen zwischen den Punkten zu achten. Bestand ein sogenannter Läuferpunkt, also ein zwischengeschalteter, in einer Linie zwischen zwei weiteren Punkten liegender Linienpunkt in DHDN/GK, so sollte dieser auch in ETRS89/UTM in ALKIS die gleichen Beziehungen zu seinen Nachbarpunkten aufweisen. Hier wird in erster Linie auf die noch vor wenigen Jahrzehnten praktizierte Orthogonalaufnahme verwiesen. Es war dabei üblich, bei Katastervermessungen orthogonale Linien von einem festen Anfangspunkt zu einem festen Endpunkt zu definieren. Von allen benötigten Kleinpunkten entlang der Linie wurden Abszisse und Ordinate in Bezug auf die Messungslinie erfasst. Dabei konnte ein Kleinpunkt mit Ordinate = 0 vorkommen. Dieser Punkt ist somit ein Läuferpunkt.

Wird dieser Umstand beispielsweise in kritischen Gebieten wie Rieden an einer Stelle nicht erreicht, kann mit einer nochmaligen, lokalen UTM-/UTM-Transformation nach der Umstellung das Ergebnis verbessert werden. Es wird der gleiche Ausgleichsalgorithmus wie zum Zeitpunkt der Systemumstellung wiederholt angestoßen, wobei das Gebiet nunmehr auf einen kleinen Bereich begrenzt wird. Dabei besteht im Allgemeinen die Möglichkeit, die Berechnung nochmals für die ganze Fläche Bayerns durchzuführen. Wie und in welchem Umfang dies geschieht – falls überhaupt die Notwendigkeit besteht – kann ganz individuell entschieden werden.

## 6 Fazit

Zu dem Thema Umstellung des amtlichen Bezugssystems in Bayern kann zusammenfassend gesagt werden, dass nach langer Vorbereitungszeit seitens der BVV mit der Untersuchung verschiedener Übergangsmethoden, der Entwicklung eines abgestimmten Ausgleichsverfahrens und der intensiven Arbeit in den internen Projektgruppen eine, mit Berücksichtigung aller wirkenden und vorherrschenden Einflussfaktoren, gute Lösung für die Katasterüberführung gefunden wurde. Das ORTRA-Verfahren ermöglicht mit dem Prinzip der minimalen Formänderung und der Erhaltung der konformen Abbildung im Lokalen und im Gesamten die Erfüllung der zuvor gesteckten Ziele und Anforderungen. Die Geometrie des Katasters kann durch die Einführung von Pseudobeobachtungen erhalten werden. Außerdem werden im Zuge der Überführung die Nachbarschaftsgenauigkeit bewahrt und Netzspannungen minimiert. Dies gelingt mit dem hierarchischen Ausgleichsalgorithmus des eigens entwickelten Verfahren.

Außerdem wurde mit der Festlegung des Übergangszeitraums, in dem Geobasisdaten sowohl im Altformat als auch im NeufORMAT von der Verwaltung bezogen werden können, eine sinnvolle Entscheidung getroffen. Mit zahlreichen Informationsveranstaltungen und -materialien hatten alle Geobasisdatennutzer die Möglichkeit, sich intensiv auf den Systemwechsel vorzubereiten. Auch die kostenlos bereitgestellten Umformungstools/-dateien der BVV tragen zu diesem Rückschluss bei.

Mit der Bearbeitung des Untersuchungsgebiets Rieden konnte ein Einblick in die praktisch orientierte Arbeitsweise der Bayerischen Vermessungsverwaltung und der Bezugssystemumstellung im Speziellen gemacht werden. Mithilfe einer Gebietsanalyse zu Beginn des Projekts wurde der vorherrschende Sachverhalt eruiert. Nachdem das weitere Vorgehen beschlossen war, sind Kontrollmessungen durchgeführt worden. An dieser Stelle sind die Überprüfung der identischen Punkte mit GNSS und die Nachmessung der Polygonzüge zu nennen. Nachdem dabei keine Auffälligkeiten beziehungsweise signifikante Abweichungen auftraten, fiel nach Absprache mit dem zuständigen Beamten des Amtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Würzburg die Entscheidung, den ursprünglichen Zustand des Liegenschaftskatasters in und um Rieden in der Form zu belassen, wie dieser vor Projektbeginn bestand. Mit diesem

Vorgehen verfolgte man das Ziel der möglichst realistischen Abbildung der Gegebenheiten vor Ort im Liegenschaftskataster. So wird den vorherrschenden Netzspannungen Rechnung getragen, wobei teilweise erhöhte Differenzvektoren toleriert wurden.

Nach dem nunmehr vollzogenen Bezugssystemwechsel von DHDN/GK nach ETRS89/UTM in Bayern kann einerseits die Fortführung des Liegenschaftskatasters mit homogenisierten Daten in gewohnter Weise weitergeführt und andererseits die Vorteile des neuen Systems, wie zum Beispiel der Entfall einer Transformation zwischen GNSS und Tachymetermessung, ausgenutzt werden.

## Literaturverzeichnis

**Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.)** (2019): Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS (BeTA2007)

[http://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/9ae/9ae594bb-a094-311a-3b21-718a438ad1b2&sel\\_uCon=3c10e056-7955-311a-3b21-718a438ad1b2&u-Tem=73d607d6-b048-65f1-80fa-29f08a07b51a.html](http://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/9ae/9ae594bb-a094-311a-3b21-718a438ad1b2&sel_uCon=3c10e056-7955-311a-3b21-718a438ad1b2&u-Tem=73d607d6-b048-65f1-80fa-29f08a07b51a.html) (22.02.19)

**Ahrens, B. / Böhmer, K.-H.** (2010): NTV2-Gitterdateien zur Überführung katasterbezogener Datenbestände ins ETRS89, IN: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 1, S. 16 – 20

[https://geodaesie.info/system/files/privat/zfv\\_2010\\_1\\_Ahrens\\_Boehmer.pdf](https://geodaesie.info/system/files/privat/zfv_2010_1_Ahrens_Boehmer.pdf)  
(22.02.2019)

**Bauer, R. / Bletzinger, K.-U. / Glock, C. / Wunderlich, T.** (2019): Das Ortra-Verfahren für die Überführung des Liegenschaftskatasters nach ETRS89/UTM in Bayern, IN: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 1, S. 24 – 40

[https://geodaesie.info/zfv/heftbeitrag/8328/zfv\\_2019\\_1\\_Glock\\_et-al.pdf](https://geodaesie.info/zfv/heftbeitrag/8328/zfv_2019_1_Glock_et-al.pdf) (22.02.2019)

**Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.)** (2017): Geodätischer Raumbezug, unveröffentlicht

**Bayerische Vermessungsverwaltung (Hrsg.)** (2017): ALKIS® in Bayern; Verfügbare Schnittstellen unter Berücksichtigung der UTM-Umstellung

[https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/10198/ALKIS-Schnittstellen\\_UTM.pdf](https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/10198/ALKIS-Schnittstellen_UTM.pdf)  
(22.02.2019)

**Donaubauer, A.** (2016): Leitfaden Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM, Kommunales GIS-Forum Neu-Ulm

[https://rundertischgis.de/images/2\\_publicationen/leitfaeden/Bezugssystemwechsel/Praesentation\\_Donaubauer.pdf](https://rundertischgis.de/images/2_publicationen/leitfaeden/Bezugssystemwechsel/Praesentation_Donaubauer.pdf) (22.02.2019)

**Gemeinde Hausen bei Würzburg (Hrsg.)** (2019): Die Mitte Mainfrankens... Gemeinde Hausen bei Würzburg

<http://www.hausen-wzbg.de/de/rathaus/gemeindeprofil/ortsteile/rieden/> (22.02.2019)

**Glock, C. / Hampp, D.** (2017): Ein ausgeglichenes Bayern, IN: DVW Bayern, Heft 2, S. 105 – 126

<https://www.dvw.de/sites/default/files/landesverband/bayern/anhang/beitragskontext/2017/hampp.pdf> (22.02.2019)

**Glock, C. / Birkenbeul, H.** (2018): ETRS89/UTM-Umstellungsstrategie in Bayern für das Liegenschaftskataster – Umformungsverfahren und Möglichkeiten der Umsetzung, IN: Tagungsband DGPF, Band 27, S. 20 – 32

[https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2018/proceedings/proceedings/papers/03\\_PFGK18\\_Glock\\_Birkenbeul.pdf](https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2018/proceedings/proceedings/papers/03_PFGK18_Glock_Birkenbeul.pdf) (22.02.2019)

**Glock, C.** (2018): Die UTM-Umstellung in Bayern – organisatorische und technische Herausforderungen, Praxisseminar des VDV zur UTM-Umstellung in Bayern zum 01.01.2019, Würzburg, unveröffentlicht

**Glock, C.** (2018): Historie des Projekts KanU (und Ausblick bis zur UTM-Umstellung Jahreswechsel 2018/2019), unveröffentlicht

**Lill, M.** (2018): KanU – Überblick und Fahrplan, VGL-Tagung 2018 der Regionalabteilung Süd, unveröffentlicht

**Neugebauer, M.** (2018): Kurz vor UTM – Bayern stellt um, Praxisseminar des VDV zur UTM-Umstellung in Bayern zum 01.01.2019, Würzburg, unveröffentlicht

**Peters, T.** (2018): UTM in Bayern – Umstellung der Geobasisdaten, InfoVerm 2018, München

[https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/12837/InfoVerm2018\\_Peters.pdf](https://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/12837/InfoVerm2018_Peters.pdf) (22.02.2019)



**Unertl, J.** (2018): Übergang vom Bezugssystem DHDN/GK nach ETRS89/UTM in der bayerischen Vermessungsverwaltung: Stichprobenartige Untersuchungen zur Genauigkeit und Möglichkeiten zur Genauigkeitssteigerung, unveröffentlicht

**Zwerenz, H. / Hoborn, M. / Glock, C. / Hilger, J.** (2017): Umstellung auf ETRS89/UTM in Bayern, Wintervortragsreihe 2017, unveröffentlicht

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: GK-Berühr- und UTM-Schnitt-Zylinder.....	2
Abbildung 2: Meridianstreifenbreite GK und UTM .....	3
Abbildung 3: Streckung und Stauchung bei UTM-Abbildung .....	4
Abbildung 4: Abbildungsreduktion UTM Zone 32 (Bayern).....	4
Abbildung 5: Aufteilung Zonenfelder UTM.....	5
Abbildung 6: Gegenüberstellung Ausgangsdaten – Ergebnis der Umstellung.....	13
Abbildung 7: Hierarchischer Ablauf des ORTRA-Verfahrens.....	14
Abbildung 8: ORTRA-Kleinsystem.....	15
Abbildung 9: Pseudobeobachtungen des Flurstücksgrundrisses .....	16
Abbildung 10: Definition von Querverstrebungen eines Flurstücks .....	17
Abbildung 11: Definition von Pseudobeobachtungen der identischen Punkte .....	18
Abbildung 12: Gebäudeaußenvernetzung der Messehallen Riem in München .....	20
Abbildung 13: Gebäudezwischenvernetzung der Messehallen Riem in München....	21
Abbildung 14: Gebäudeinnenvernetzung der Messehallen Riem in München.....	22
Abbildung 15: Nachbarschaft zur nächsten Linie.....	24
Abbildung 16: Bilineare Interpolation .....	26
Abbildung 17: NTv2 Transformation von Vektordaten .....	26
Abbildung 18: Zeitplan der Formate .....	29
Abbildung 19: Zeitplan für Katasterprodukte.....	30
Abbildung 20: Zeitplan für Produkte der Landesvermessung .....	30
Abbildung 21: Lage der Ortschaft Rieden.....	31
Abbildung 22: Layerstruktur in QGIS .....	32
Abbildung 23: Situation bezüglich Differenzvektoren vor Projektstart.....	33
Abbildung 24: Vorgefundenes Meißelzeichen .....	35
Abbildung 25: Verwendetes GNSS-Gerät.....	35
Abbildung 26: Vorgefundener Nagel.....	35
Abbildung 27: Vorgefundenes Eisenrohr .....	36
Abbildung 28: Vorgefundener Stein.....	36
Abbildung 29: Standpunkt zur Wiederherstellung von 5228 und 5743 .....	41
Abbildung 30: Vermarkung 5228 .....	41
Abbildung 31: Standpunkt zur Wiederherstellung von 5742 und 5741 .....	41
Abbildung 32: Standpunkt zur Wiederherstellung von 5619 .....	44

Abbildung 33: Graphische Darstellung der Residuen .....	49
Abbildung 34: Differenzvektoren nach Neuberechnung über TP-Feld.....	51

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Koordinatenvergleich ALKIS-Archiv – Gemessen (RW/HW) .....	37
Tabelle 2: Koordinaten ALKIS-Archiv – Gemessen (XYZ).....	38
Tabelle 3: Differenzen ALKIS-Archiv – Gemessen (XYZ).....	38
Tabelle 4: Vergleich Winkel_alt und Winkel_neu von Polygonzug 1 .....	43
Tabelle 5: Vergleich Strecke_alt und Strecke_neu von Polygonzug 1 .....	43
Tabelle 6: Vergleich der Brechungswinkel Neugrad_1973 (geg.) – Neugrad_2018 (ger.).....	45
Tabelle 7: Vergleich der Brechungswinkel Neugrad_1973 (geg.) – Neugrad_2018 (gem.).....	45
Tabelle 8: Vergleich der Brechungswinkel Neugrad_2018 (ger.) – Neugrad_2018 (gem.).....	46
Tabelle 9: Vergleich der Strecken 1973 – 2018.....	46
Tabelle 10: Numerische Residuen der Transformation .....	49
Tabelle 11: Transformationsparameter.....	50

**Abkürzungsverzeichnis**

ADBv	Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
APN	Arbeitspunktnummer
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
Basis-DLM	Basis-Landschaftsmodell
BeTA2007	Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS 2007
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BVV	Bayerische Vermessungsverwaltung
CSV	Comma-Separated Values
DFK	Digitale Flurkarte
DGM	Digitales Geländemodell
DHDN	Deutsches Hauptdreiecksnetz
DOK	Digitale Ortskarte
DOM	Digitales Oberflächenmodell
DOP	Digitales Orthophoto
DTK	Digitale Topographische Karte
DXF	Drawing Interchange File Format
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
GIS	Geoinformationssystem
GK	Gauß-Krüger

---

GNSS	Global Navigation Satellite System
GRS80	Global Reference System 1980
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
JDK	Java Development Kit
KanU	Kataster nach UTM; internes Projekt der bayerischen Vermessungsverwaltung zur Realisierung der Bezugssystemumstellung von DHDN/GK nach ETRS89/UTM
KatEr	Katastererfassungstool in ALKIS
KFP	Katasterfestpunkt
LDBV	Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
LoD	Level of Detail
NAS	Normbasierte Austauschschnittstelle
NBA	Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung; Differenzdatenverfahren von ALKIS
NTv2	National Transformation Version 2
NTv2 BY-KanU	National Transformation Version 2 Bayern-Kataster nach UTM; Transformationsansatz für Kunden zur Umformung der Geofachdaten
ORTRA	Orthogonale Transformation; Methode für den Systemübergang von GK nach UTM durch eine Ausgleichung mit Pseudobeobachtungen in Bayern
RTK	Real Time Kinematik
SAPOS	Satellitenpositionierungsdienst der bayerischen Vermessungsverwaltung
SQD	Sequential Data File
TP	Trigonometrischer Punkt

UTM	Universale Transversale Mercatorprojektion
WGS84	World Geodetic System 1984
WMS	Web Map Service

## Digitale Anlagen

### Ordnerstruktur

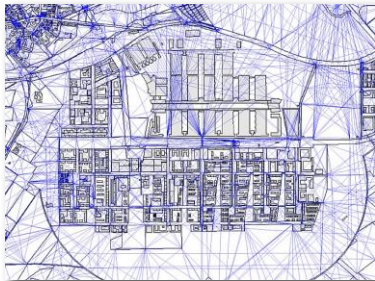
- Fortführungsrisse
    - FR 202
    - FR 206
    - FR 207
    - FR 216
  - Koordinatenlisten
    - Vergleich\_Archiv\_Gemessen\_GK
    - Vergleich\_Archiv\_Gemessen\_XYZ
  - Lokale Transformation
    - KFPs\_TP\_Transformation
    - Transformationsbericht
  - Polygonzug 1
    - Beobachtungsplan\_Polygonzug 1
    - Übersicht\_Stationierung\_5228\_5743
    - Übersicht\_Stationierung\_5742\_5741
  - Polygonzug 4
    - Beobachtungsplan\_Polygonzug 4
    - Berechnungsband\_Polygonzug 4
    - Übersicht\_Stationierung\_5619
  - Projektprotokoll
    - Projektprotokoll\_Punkt wiederherstellungen\_Polygonzüge
- 
- Bachelorarbeit von Julian Unertl
  - Plakat Unertl



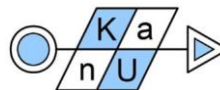
## Plakative Darstellung

### Bachelorarbeit im Studiengang Vermessung und Geoinformatik

# FH·W-S



**BAYERISCHE  
VERMESSUNGS  
VERWALTUNG**



### Übergang vom Bezugssystem DHDN/GK nach ETRS89/UTM in der bayerischen Vermessungsverwaltung: Möglichkeiten zur Genauigkeitssteigerung und stichprobenartige Untersuchungen zur Genauigkeit

**WS 2018/2019**

Unertl Julian; Betreuer: Prof. Dr. Rolf Hollmann, Dipl.-Ing. (FH) Herbert Schmidt

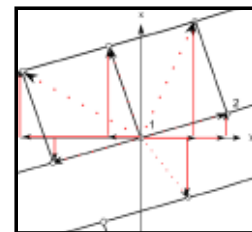
Zum Jahreswechsel 2018/2019 vollzog sich die Umstellung des amtlichen Bezugssystems von DHDN/GK nach ETRS89/UTM in Bayern.

Anhand eines realen Beispiels wird die Behandlung und Bearbeitung eines Gebietes mit erhöhten Differenzvektoren aufgezeigt. Ziel ist die Verringerung der Vektorbeträge, um eine möglichst verzerrungsarme Überführung der Daten des Liegenschaftskatasters in diesem Bereich in das neue Bezugssystem zu erwirken.

**2018** → **2019**  
**DHDN/GK** → **ETRS89/UTM**

Überführung des bayerischen Liegenschaftskatasters mit ORTRA-Ansatz:

- Definition von Pseudobeobachtungen zur Grundrissversteifung
- Verkettung von Helmerttransformationen
- Ziele: Erhaltung der Nachbarschaftsgenauigkeit, Geometrieeerhaltung, Minimierung vorhandener Netzspannungen



Untersuchungsgebiet Rieden:

- Gebietsanalyse der Differenzvektoren
- Kontrollmessungen der identischen Punkte und Polygonzüge
- Ergebnis: keine fehlerhaften Punkte bzw. Messungen vorhanden

→ Ursprünglicher Katasterzustand wird belassen



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen seitens der Fachhochschule und der Bayerischen Vermessungsverwaltung für Ihre Unterstützung bei der Bearbeitung der vorliegenden Arbeit bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer der Fachhochschule Würzburg, Herrn Prof. Dr. Rolf Hollmann. Er stand mir jederzeit bei Anliegen und Fragen zur Verfügung.

Da meine Bachelorarbeit in Kooperation mit dem Amt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Würzburg entstand, gilt mein weiterer Dank meinem dortigen Ansprechpartner, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Herbert Schmidt. Durch seine Bereitschaft ermöglichte er mir eine Abschlussarbeit in dieser Form.

Zudem waren die Mitarbeiter des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung München, Herr Dipl.-Ing. Clemens Glock und Herr Dipl.-Ing. Elmar Nießl, bei Fragen zum Thema Bezugssystemumstellung in Bayern und ORTRA stets hilfsbereit.