

Fachbereich Bauwesen Geoinformation Gesundheitstechnologie

Studiengang: Angewandte Geodäsie

---

**Untersuchungen und Vorschläge zur Qualitätsverbesserung  
der Liegenschaftsgrafik bei geringer Anzahl  
von Passpunkten**

---

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science

Eingereicht von: Thorben Christian Soltau  
Bloherfelder Str. 184  
26129 Oldenburg  
Matrikelnummer: 6011563

Fachsemester: 7

Eingereicht am: 21.01.2019

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Hero Weber

Zweitprüfer: Dipl.-Ing (FH) Andreas Jeschke



## Kurzfassung

Die Bedeutung von Geoinformationen nimmt immer weiter zu und auch die Anforderungen an das Liegenschaftskataster werden aufgrund der Vielseitigkeit immer größer. Da das Liegenschaftskataster nicht nur ein wichtiger Bestandteil der Eigentumssicherung ist, sondern auch Basis für weitreichendere Bereiche in der Planung oder Wirtschaft darstellt, ist gerade die geometrische Lagegenauigkeit elementar. Durch verschiedene Faktoren, zu denen auch die Historie des Liegenschaftskatasters und der dazugehörigen Liegenschaftskarten zählt, ist die Qualität der Liegenschaftsgrafik in Bezug auf die Genauigkeit regional zu unterscheiden in Orts- bzw. Ortsrandlagen und Feldlagen. In Orts- und Ortsrandlagen ist aufgrund der größeren Anzahl an Objektpunktkoordinaten und damit der besseren Datengrundlage die Möglichkeit einer Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik durch verschiedene Verfahren leichter zu realisieren. Dem gegenüber liegt in Feldlagen, in denen die Abweichungen zwischen der Liegenschaftsgrafik und den Koordinaten mehrere Meter betragen können, nur eine geringe Anzahl an koordinierten Objektpunkten vor. In dieser Bachelorarbeit wird untersucht, wie eine Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik in diesen Räumen erreicht werden kann. Es ist nicht zu verkennen, dass klassische Verfahren aufgrund der Datengrundlage nicht geeignet und alternative Lösungen zu finden sind. Dabei wird geprüft, ob durch eine Neu-Digitalisierung von digital vorliegenden Amts- oder Inselflurkarten eine signifikante Verbesserung realisiert werden kann. Nach der Auswertung zeigt sich, dass die Affin-Transformation bei der Georeferenzierung der Raster-Daten aufgrund der Bedingungen, die an das Liegenschaftskataster gestellt sind, am sinnvollsten ist und eine Passpunktverdichtung durchgeführt werden muss, um in allen Bereichen eine Verbesserung erzielen zu können. Dabei erweist sich der Einsatz von Orthofotos und die Übernahme von markanten Grenzeinrichtungen als hilfreich.

Durch Vergleiche mit durchgeführten Berechnungen, die belegen, dass eine Verbesserung erreicht werden kann, können die Abweichungen zu Objektkoordinaten auf  $<1$  m gesenkt werden.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung.....</b>	<b>1</b>
<b>Darstellungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Motivation .....</b>	<b>7</b>
1.1 Bedeutung von Geoinformationen .....	7
1.2 Hypothese und Ziel der Bachelorarbeit .....	9
<b>2 Theoretischer Hintergrund .....</b>	<b>11</b>
2.1 Zeitliche Entwicklung der Liegenschaftskarte .....	11
2.2 Vergleich der Qualität der Liegenschaftsgrafik .....	14
2.2.1 Datengrundlage in der Orts- und Ortsrandlage .....	15
2.2.2 Datengrundlage in der Feldlage .....	16
2.3 Ursachen und Problemstellungen.....	17
<b>3 Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik.....</b>	<b>19</b>
3.1 Homogenisierung .....	19
3.2 Neuerhebung.....	21
3.3 Berechnung .....	22
3.4 Vergleich der Möglichkeiten .....	24
<b>4 Untersuchungen zur Neu-Digitalisierung von Karten .....</b>	<b>29</b>
4.1 Georeferenzierung.....	30
4.2 Grundlagen.....	30
4.3 Voraussetzungen für eine Digitalisierung .....	31
4.4 Einfluss der Passpunktauswahl .....	31
4.5 Einfluss der Kartenauswahl .....	35
4.6 Transformationsarten bei der Georeferenzierung.....	38
4.6.1 Affin-Transformation.....	39
4.6.2 Polynomiale Transformation zweiter / dritter Ordnung .....	42
4.6.3 Projektive Transformation .....	44
4.6.4 Spline-Transformation.....	47
4.7 Analyse.....	49
<b>5 Projektierung .....</b>	<b>55</b>
5.1 Betrachtung des rechtlichen Aspekts .....	55

5.2 Handlungsempfehlung .....	56
<b>6 Fazit .....</b>	<b>61</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>63</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>69</b>

# Darstellungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Logo AAA <sup>®</sup> -Modell.....	8
Abbildung 1.2: Bedeutung des Liegenschaftskatasters.....	9
Abbildung 2.1: Ausschnitt aus einer Amtsflurkarte .....	11
Abbildung 2.2: Ausschnitt aus einer Inselflurkarte.....	12
Abbildung 2.3: Ausschnitt aus einer Rahmenkarte.....	12
Abbildung 2.4: Modellierung der Migration .....	13
Abbildung 2.5: Anzahl der Grenzpunkte in den Bereichen der Katasterämter Oldenburg und Brake.....	14
Abbildung 2.6: Datengrundlage Ortslage mit Anzeige der Genauigkeit der Grenzpunkte .....	15
Abbildung 2.7: Datengrundlage Feldlage mit Anzeige der Genauigkeit der Grenzpunkte .....	16
Abbildung 3.1: Unterschied der Wirkungsweise zwischen Homogenisierung und z. B. der Affin-Transformation.....	19
Abbildung 3.2: Ausschnitt aus einem Vermessungsriß .....	22
Abbildung 3.3: Prinzipskizze der Zuordnung beim Punktaustausch .....	23
Abbildung 3.4: Prinzipskizze des Punktaustausches.....	24
Abbildung 3.5: Vergleich der Digitalisierungen mit alten und neuen Bestandsdaten in der Ortsrandlage .....	27
Abbildung 4.1: Untersuchungsgebiet Abbehausen Flur 1 .....	29
Abbildung 4.2: Veränderungen bei einer Affin-Transformation.....	30
Abbildung 4.3: Schaubild zur Passpunktverteilung.....	32
Abbildung 4.4: Passpunktgrundlage Ortsrandlage, Bsp. Gemarkung Osternburg, Flur 22 .....	33
Abbildung 4.5: Passpunktgrundlage im Untersuchungsgebiet ohne manuell gesetzte Passpunkte aus dem Luftbild.....	34
Abbildung 4.6: Passpunktgrundlage im Untersuchungsgebiet unter Verwendung von Grabenschnitten .....	35
Abbildung 4.7: Vergleich der Lesbarkeit zwischen Insel- und Amtsflurkarte .....	36
Abbildung 4.8: Zeichenfehler.....	37
Abbildung 4.9: Randzeichnung in der Amtsflurkarte.....	37
Abbildung 4.10: Vergleich der Passpunktgrundlagen .....	38
Abbildung 4.11: Bildlicher Vergleich der Transformationen .....	38
Abbildung 4.12: Ergebnis der Affin-Transformation ohne Grabenschnitte als Passpunkte.....	41
Abbildung 4.13: Ergebnis der Affin-Transformation mit Grabenschnitten als Passpunkte.....	41

Abbildung 4.14: Unterschiede der polynomialen Transformationen.....	42
Abbildung 4.15: Ergebnis der Polynomtransformation 2. Grades .....	43
Abbildung 4.16: Ergebnis der Polynomtransformation 3. Grades .....	44
Abbildung 4.17: Orthogonales Liniensystem mit projektiver Transformation .....	46
Abbildung 4.18: Ergebnis der Projektivtransformation .....	46
Abbildung 4.19: Vergleich der Transformationen .....	48
Abbildung 4.20: Ergebnis der Spline-Transformation .....	49
Abbildung 4.21: Polygonpunkt mit großer Abweichung .....	49
Abbildung 4.22: Vergleich der Digitalisierungen .....	51
Abbildung 4.23: Verdeutlichung der möglichen Verbesserung .....	52
Abbildung 4.24: Vergleich der Digitalisierungen zu Bestandsdaten und Luftbild ....	52
Abbildung 4.25: Differenzen an den Gebietsrändern .....	53

## Abkürzungsverzeichnis

AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
AFIS®	Amtliches Festpunktinformationssystem
ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ALKIS®	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS®	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
DOP	Digitales Orthofoto
DH	Datenerhebung
EQK	Erhebungs- und Qualifizierungskomponente
ETRS	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem
FFR	Fortführungsrisse
FODIS	Fortführungsdokumente Informationssystem
GBO	Grundbuchordnung
GDI-DE	Geodateninfrastruktur Deutschland
GeoInfoDok	Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens
GeoPard	Geodätisches Programmsystem der VKV – aufnehmen, rechnen, darstellen
GeoZG	Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten
GIS	Geoinformationssystem
GK	Gauß-Krüger
INSPIRE	Infrastructure for spatial information in Europe
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen

LiegVermErlass	Erlass zur Erhebung von Geobasisdaten durch Liegenschaftsvermessungen
LK	Liegenschaftskarte
NVermG	Niedersächsisches Gesetz über das amtliche Vermessungswesen
OZG	Gesetz zur Verbesserung des Onlinezugangs zu Verwaltungsdienstleistungen
RD OL-CLP	Regionaldirektion Oldenburg-Cloppenburg
RMS	Root Mean Square
SAPOS®	Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessungen
TN	Tatsächliche Nutzung
VKV	Vermessungs- und Katasterverwaltung
VR	Vermessungsrisse
VW	Vertrauenswürdigkeit
zfv	Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement

# 1 Motivation

## 1.1 Bedeutung von Geoinformationen

Geoinformationen gewinnen gerade seit Beginn des Zeitalters der Digitalisierung immer mehr an Bedeutung. Denn gerade in den letzten Jahrzehnten entwickelte sich die Technik zur Erhebung der Geobasisdaten parallel zum Anstieg der Anforderungen an Liegenschaftsvermessungen. Sehr deutlich wird dies in der Datengewinnung und in der Datenhaltung – hier ist der Wandel sehr stark vorangeschritten. Als Beispiel hierfür dienen zum einen das Satellitenpositionierungssystem SAPOS® und zum anderen digitale, moderne Geoinformationssysteme, im Bereich des Liegenschaftskatasters insbesondere ALKIS®. Im Zuge dieser Entwicklung wurde 2007 für ganz Europa mit der INSPIRE-Richtlinie die Grundlage für eine einheitliche europäische Geodateninfrastruktur begründet.

„Ziel dieser Richtlinie ist es, allgemeine Bestimmungen für die Schaffung der Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (nachstehend „INSPIRE“ abgekürzt) für die Zwecke der gemeinschaftlichen Umweltpolitik sowie anderer politischer Maßnahmen oder sonstiger Tätigkeiten, die Auswirkungen auf die Umwelt haben können, zu erlassen“ [EUROPÄISCHE UNION 2007: 4]. Der Schwerpunkt lag derzeit somit auf der Umweltpolitik. Aufgrund des Aspekts der Qualität der Geoinformationen ist die Richtlinie auch für andere Themengebiete, wie beispielsweise die Landwirtschaft, mittlerweile richtungsweisend. Zukünftig sollen auch Versicherungen, Bürger und die Wirtschaft von der europäischen Geodateninfrastruktur profitieren.

Diese Richtlinie ist an Behörden gerichtet, die digitale Geoinformationen mit direktem oder indirektem Raumbezug vorhalten, welche sich auf die Themen im Anhang der Richtlinie beziehen. Für die Umsetzung ist es Voraussetzung, dass die nationalen Geodaten vereinheitlicht werden, um die Kompatibilität mit anderen nationalen Geodateninfrastrukturen zu garantieren. Eine Geodateninfrastruktur besteht aus Geodaten, Metadaten & Geodatendiensten, Netzdiensten & -technologien, Vereinbarungen sowie Koordinierungs- und Überwachungsmechanismen.

Rechtlich wurde dies in Deutschland 2009 mit dem Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten (GeoZG) und in Niedersachsen 2010 mit dem Niedersächsischen Geodateninfrastrukturgesetz (NGDIG) vollzogen. Damit sind sowohl auf Bundesebene als auch auf Landesebene die rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen worden. Die Vermessungs- und Katasterverwaltung Niedersachsen hat mit der Koordinierungsstelle GDI-NI eine entscheidende Rolle bei dem Aufbau der Geodateninfrastruktur und der Umsetzung von INSPIRE inne [WILLGALIS U. GÖBEL 2011: 17]. Verantwortlich für Deutschland ist die Koordinierungsstelle GDI-DE, welche der Europäischen Kommission eine Statusmeldung übermitteln muss, aus der diese mittels verschiedener Indikatoren den Umsetzungsgrad der INSPIRE-Richtlinie ermitteln kann.



Abbildung 1.1: Logo AAA®-Modell [ADV-ONLINE 2018a]

Im Bereich des amtlichen Vermessungswesens wurde der technische Aspekt mit der Einführung des AFIS®-ALKIS®-ATKIS® (AAA®)-Modells (vgl. Abbildung 1.1), welches die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland erarbeitet hat, realisiert.

Dieses Modell dient dazu, die Grunddatenbestände der einzelnen Komponenten zu einem Gesamtdatenbestand zusammenzuführen. Diese sind das Amtliche Festpunktinformationssystem AFIS®, das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS® und das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS® [ADV-ONLINE 2018a]. Die Umstellung nach ALKIS® ist aufgrund von verschiedenen Faktoren wie beispielsweise Fläche des Bundeslandes und der Funktionsfähigkeit der genutzten Software sehr unterschiedlich schnell vorangeschritten. In Niedersachsen ist das LGLN die zuständige Behörde des amtlichen Vermessungswesens und ist unter anderem für die Vermessung der Festpunktfelder sowie für den Nachweis der Liegenschaften im Liegenschaftskataster verantwortlich.

Eine grundlegende Aufgabe, die dem Liegenschaftskataster zugrunde liegt, ist die Lieferung der Basisdaten für die GDI-DE und zusätzlich dient es als Basis für andere Bereiche (vgl. Abbildung 1.2).



Abbildung 1.2: Bedeutung des Liegenschaftskatasters [ADV-ONLINE 2018b]

Ebenfalls ein Bestandteil des Liegenschaftskatasters ist der Nachweis der amtlichen Bodenschätzung, die klassische Hauptfunktion [ADV-ONLINE 2018b]. Im Sinne der Eigentumssicherung hat das Liegenschaftskataster den Zweck, dass es gemäß der GBO das amtliche Verzeichnis der Grundstücke ist [GBO vom 26.05.1994].

## 1.2 Hypothese und Ziel der Bachelorarbeit

Aufgrund der Geschichte des Liegenschaftskatasters, der technischen Möglichkeiten sowie den damaligen Messungsverfahren und daraus resultierend der Entstehung der Liegenschaftskarte ist die geometrische Lagerichtigkeit der Liegenschaftsgrafik nicht in allen Bereichen gegeben. Die Qualität des Liegenschaftskatasters unterscheidet sich regional, da gerade in den Feldlagen die Differenzen zwischen Objektpunktkoordinaten und Objekten teilweise mehrere Meter betragen.

Die 2008 formulierten Genauigkeitsanforderungen, in Feldlagen durch Qualitätsverbesserungen grundsätzlich eine Genauigkeit von  $\leq 0,5$  m zu erreichen [MINISTERIUM FÜR INNERES, SPORT UND INTEGRATION: 1178], konnte noch nicht realisiert werden. Die Verbesserung der geometrischen Qualität des Liegenschaftskatasters hat dennoch weiterhin Priorität, festgehalten wird dies beispielsweise in der Zielvereinbarung zwischen dem LGLN und der RD OL-CLP. Diese besagt, dass die geometrische Qualität zu verbessern ist, um die Liegenschaftsgrafik an die steigenden Anforderungen an qualitativ hochwertige und rechtssichere Liegenschaftsdaten anzupassen [LGLN 2018c: 6]. Da durch das OZG Bund und Länder dazu verpflichtet sind, bis spätestens Ende 2022 ihre jeweiligen Verwaltungsdienstleistungen über Verwaltungsportale anzubieten [OZG vom 14.08.2017] und dazu auch Leistungen gehören, die das LGLN anbietet, steigen somit die Anforderungen. Nachteilig wirkt sich hierbei aus, dass die geometrische Genauigkeit der Liegenschaftsgrafik für den Nutzer bei einer digitalen Einsicht ohne Beratung

nicht ersichtlich ist und Genauigkeiten im Millimeterbereich suggeriert werden. In Gebieten mit großen Ungenauigkeiten kann es dadurch zu Irrtümern, Fehlplanungen und Rechtsstreitigkeiten kommen.

Für das Zieljahr 2025 sieht das fachliche Zukunftskonzept des LGLN vor, dass die geometrische Genauigkeit der Liegenschaftsgrafik die Anforderungen einer zeitgemäßen Infrastruktur erfüllt, da die Anforderungen an die absolute geometrische Genauigkeit des Liegenschaftskatasters weiter steigen. Erreicht werden soll dies durch eine flächenhafte Verbesserung [LGLN 2017b: 80]. Hierfür sind Handlungsfelder ermittelt und Projektgruppen gebildet worden. Die Projektgruppe „Entwicklung neuer Lösungsansätze zur Verbesserung der geometrischen Genauigkeit der Liegenschaftsgrafik“ schlägt in ihrem Projektbericht vor, über disruptive Ansätze zur Qualitätsverbesserung zu evaluieren. So zum Beispiel gehen die Überlegungen dahin, ob in Gebieten mit graphischem Nachweis bzw. mit älteren Vermessungszahlen zum Beispiel eine manuelle Neu-Digitalisierung der Grenzen zu einer Qualitätsverbesserung führen kann [LGLN 2018b: 11].

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die These, dass in Gebieten mit geringer Passpunktanzahl eine Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik mittels einer Neu-Digitalisierung der bereits bei der Entstehung der ALK genutzten Inselflurkarten erreicht werden kann, zu untersuchen. Alternativ zu den Inselflurkarten wird die Möglichkeit der Hinzunahme der Amtsflurkarten überprüft.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Zeitliche Entwicklung der Liegenschaftskarte

Um die Heterogenität der Liegenschaftsgrafik nachvollziehen zu können, ist es erforderlich, die Entwicklung der Liegenschaftskarte zu verfolgen.

Bis zur Umsetzung der ALK wurde die Liegenschaftskarte analog geführt. Parallel hierzu war der Zahlennachweis aus Feldbüchern und Handrissen gegeben. Die ersten Katasterkarten, auch Urkarten genannt, sind ab 1836 parallel zur Grundsteuervermessung kartiert worden. Die Einheit, in der zu Zeiten der Oldenburger Grundsteuervermessung gemessen und ebenfalls kartiert wurde, waren Oldenburger Ruten. Die Umstellung auf das metrische Maßsystem erfolgte 1971.

Da erst ab 1850 der Zweck des Grundsteuerkatasters verfolgt wurde und sich bis dahin Änderungen ergaben, war es erforderlich, diese zu erfassen. Eingetragen wurden diese in die Original-Handrisse und zusätzlich in die erste Kopie der Urkarte, die Supplement-Flurkarte [TAUBENRAUCH 2013: 2]. Diese wurden bis ca. 1920/ 1930 jährlich fortgeführt. Eine weitere Nadelstichkopie ist die Amtsflur-



Abbildung 2.1: Ausschnitt aus einer Amtsflurkarte (siehe Anhang A) [LGLN 2019b]

karte (vgl. Abbildung 2.1), welche mit Beginn 1866 angefertigt wurde und bis ungefähr 1966 laufend fortgeführt wurde. Die in diese Karte eingetragenen Änderungen sind zusätzlich in die Supplement-Flurkarte eingetragen worden. Die Maßstäbe, in denen die Kartierungen durchgeführt wurden, unterscheiden sich regional und sind im untersuchten Gebiet der Ortsrandlage in Oldenburg 1:3000 und im anderen Untersuchungsgebiet, welches als Beispiel für Feldlagen dient, 1:2500.



Abbildung 2.2: Ausschnitt aus einer Inselflurkarte (siehe Anhang B) [LGLN 2019b]

Da die Inselflurkarten für Ortslagen einen zu kleinen Maßstab hatten, wurden teilweise Rahmenkarten erzeugt (vgl. Abbildung 2.3).

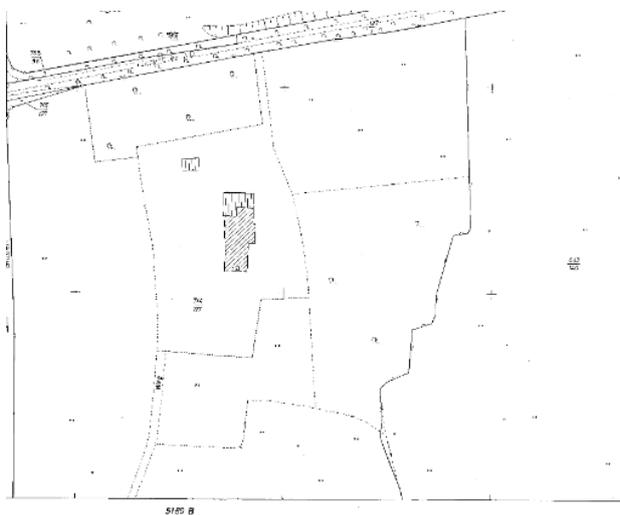


Abbildung 2.3: Ausschnitt aus einer Rahmenkarte (siehe Anhang C) [LGLN 2019b]

Feldlagen die Inselflurkarten die Grundlage bei der Einrichtung der ALK darstellten. Niedersachsen setzte 1990 als erstes Bundesland die Forderung an eine digitale Liegenschaftskarte landesweit um. Dies wurde über 1:1-Digitalisierungen an Digitalisierertischen realisiert und über anschließende Transformationen in das Landesbezugssystem. Für die 1:1-Digitalisierung ist ebenso wie für das Abzeichnen eine Genauigkeit von  $\pm 0,2$  mm anzunehmen [TEGELER 1991: 35]. Die Errichtung der ALK wurde in zwei Stufen eingeteilt, bei der man zunächst die Liegenschaftskarte im ersten Schritt digitalisierte. Im Nachgang sollte die Liegenschafts-

Durch Gebrauch und laufende Fortführungen sind die Supplementflurkarten und Amtsflurkarten unübersichtlich geworden, womit durch Umlegung Inselflurkarten abgeleitet wurden (vgl. Abbildung 2.2). Diese sind Lichtpausfolien der Abzeichnung von Amtsflurkarten und sind erst später teilweise auf Karton kopiert worden.

Die Rahmenkarten haben den Vorteil, dass man sie leichter zusammenfügen kann und für Planungszwecke besser nutzbar waren. Der Regelmaßstab war 1:1000 [KERTSCHER U. LIEBIG 2012: 306]. Der weitere Vorteil war, dass sie für die Digitalisierung eine bessere und genauere Grundlage boten.

Allerdings wurden die Rahmenkarten nicht flächendeckend, sondern nur bei Bedarf erstellt, weshalb in

karte durch das Herstellen von Identität zwischen Zahl und Karte erneuert werden. Dies sollte durch das Einführen von Sollkoordinaten und das Verfahren der Homogenisierung erreicht werden [SELLGE 1991: 26]. Es wurden zuerst Rahmenkarten digitalisiert und anschließend die Inselfurkarten. Beim Anschluss an bereits vorliegende Datenbestände war es Vorgabe, deren Randpunkte anzuhalten und unter Zuhilfenahme der Vermessungsunterlagen gegebenenfalls zu korrigieren, um eine aufwendige Nachbearbeitung zu vermeiden [GÖBEL 1992: 77]. Aufgrund von Zeit- und Personalmangel wurde dies teilweise vernachlässigt und hinzu kam, dass für Teile Niedersachsens das Randausgleichsprogramm RAPS zu spät kam. Vorteile bei der Nutzung der ALK waren hingegen neben der Maßstabsunabhängigkeit die objektbezogene Datenstruktur und dass die Daten in verschiedenen Formaten digital bereitgestellt werden konnten.

Die Abweichungen zwischen den Koordinaten der Punktdatensätze und den digitalisierten Punkten bestehen trotz der fortschreitenden Möglichkeiten immer noch. Ein weiteres Merkmal ist, dass bei der Entstehung der ALK neben der Integration von Koordinate und Liegenschaftskarte auch geometrische Bedingungen wie Geraden, Parallelen und rechte Winkel aufgegeben wurden [STENNERT 1991: 33].

Aufgrund von steigenden Anforderungen und technischen Entwicklungen im Bereich der Geoinformationen wurden 1997 der Aufbau und die Entwicklung des AAA®-Datenmodells beschlossen.

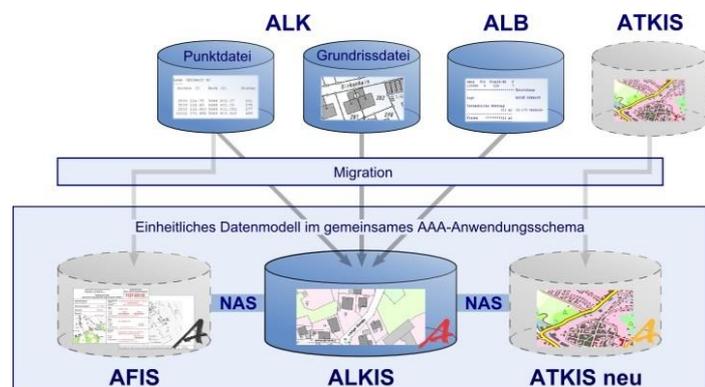


Abbildung 2.4: Modellierung der Migration [LGLN 2018a]

Hinzu kam, dass das amtliche Lagebezugssystem auf ETRS89 umgestellt wurde, was eine weitere Transformation erforderlich machte [LGLN 2018a]. Da bei der Migration nach ALKIS® (vgl. Abbildung 2.4) das ALB und die ALK zusammengeführt wurden, ist eine automatische Führung des Liegenschaftskatasters in ALKIS® möglich.

## 2.2 Vergleich der Qualität der Liegenschaftsgrafik

„Das gemeinsame AFIS-AKIS-ATKIS-Datenmodell sieht die Erfassung und Führung von Qualitäts- und Metadaten auf der Grundlage von ISO-Normen [...] vor. Die Qualitätsdaten werden dabei nach nicht quantifizierbaren Überblicksinformationen (Zweck, Verwendung und Historie) und quantifizierbaren Informationen (den Datenqualitäts-Elementen Vollständigkeit, logische Konsistenz, geometrische, inhaltliche und zeitliche Genauigkeit) unterschieden“ [ADV 2009: 63 f]. Im Rahmen dieser Arbeit wird explizit auf die geometrische Genauigkeit und dabei auf die Unterschiede zwischen Orts- bzw. Ortsrandlagen und Feldlagen eingegangen.

Durch die zeitliche Entwicklung und aufgrund der fortschreitenden Technik sind die Unterschiede in der Qualität und vor allem der Genauigkeit der Liegenschaftskarte sehr unterschiedlich. Gerade beim Vergleich zwischen der Ortslage und der Feldlage wird der Unterschied offenkundig.

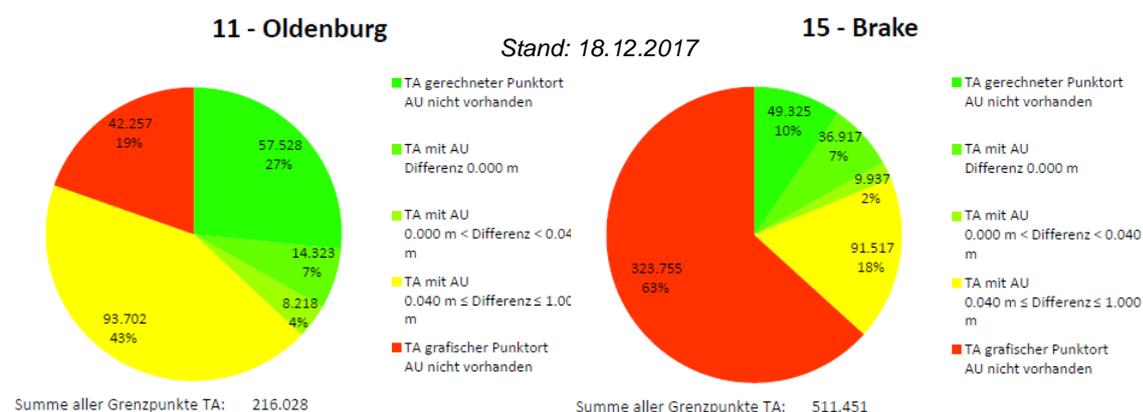


Abbildung 2.5: Anzahl der Grenzpunkte in den Bereichen der Katasterämter Oldenburg und Brake [LGLN 2017a]

Dabei geht es zum einen um die Genauigkeit des Liegenschaftskatasters, aber auch um die Anzahl der Grenzpunkte, die bisher über keine Objektpunktkoordinaten verfügen (vgl. Abbildung 2.5). Die Abbildung stellt die Anzahl der Grenzpunkte in den jeweiligen Zuständigkeitsbereichen der Katasterämter Oldenburg und Brake dar. Da bei der Einrichtung der ALK keine Identität zwischen Punktdaten und Liegenschaftsgrafik hergestellt wurde, sind zwischen den Objektpunktkoordinaten und der Liegenschaftsgrafik Differenzen entstanden, die erst mit der Stufe 2 bereinigt werden sollen. Ein Punktort AU ist ein Punktort, der keine Zugehörigkeit zu einem Geometriethema hat, während der Punktort TA einen

Grenzpunkt verortet und zur Darstellung in der Liegenschaftsgrafik führt [AdV 2008: 93 f]. Dementsprechend ist im Bereich Oldenburg bereits zu 27% Identität zwischen Koordinate und Liegenschaftskarte hergestellt, während es im Bereich des Katasteramtes Brake zu 63% nur einen grafischen Nachweis, also einen digitalisierten Grenzpunkt, gibt. Diese Diskrepanzen nehmen durch die priorisierte Behandlung der Orts- und Ortsrandlagen weiter zu.

### 2.2.1 Datengrundlage in der Orts- und Ortsrandlage

Da es zudem in diesen Räumen zu mehr Fortführungen mittels moderner Messverfahren kommt, entsteht dort ein genaueres Liegenschaftskataster als in ländlichen Räumen. Ein weiterer Faktor ist auch die größere Anzahl an koordinierten Objektpunkten, die zur Verbesserung der Karte genutzt werden können (vgl. Abbildung 2.6).

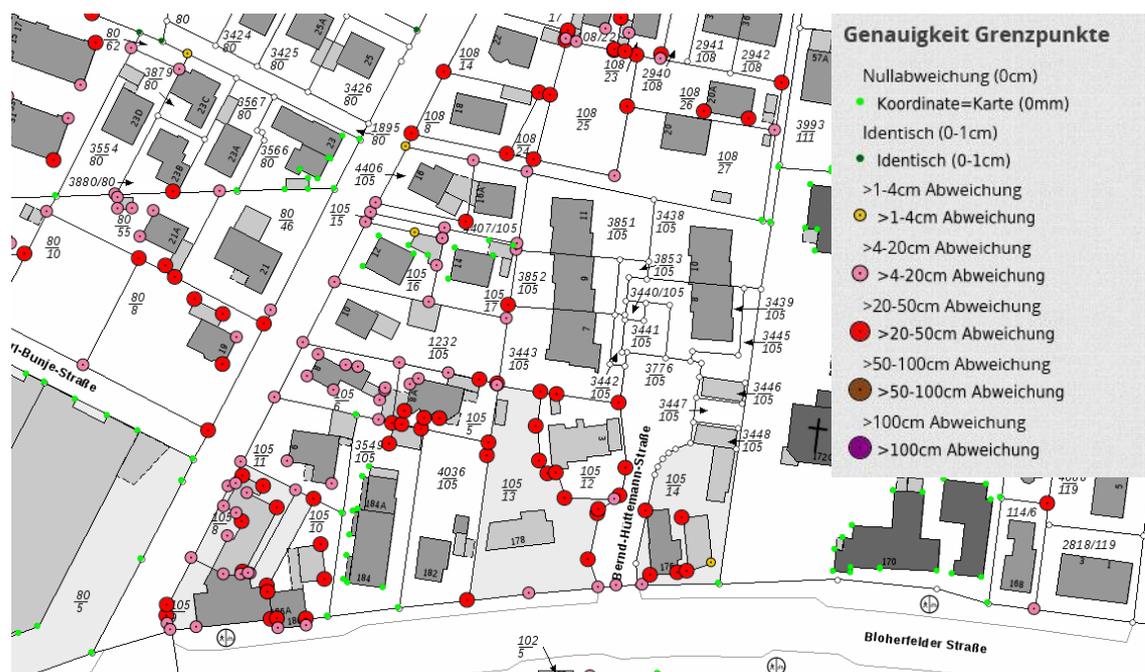


Abbildung 2.6: Datengrundlage Ortslage mit Anzeige der Genauigkeit der Grenzpunkte [Eigene Abbildung, in Anlehnung an LGLN 2019a]

Da die Genauigkeitsverbesserungen der Liegenschaftsgrafik priorisiert in Orts- und Ortsrandlagen durchzuführen waren und die Karten- und Passpunktgrundlage deutlich bessere Voraussetzungen bietet, ist es deutlich komfortabler, in diesen Gebieten durch verschiedene Verfahren die Genauigkeitsanforderungen zu erreichen. Des Weiteren sind bei der Einführung der ALK in den meisten Ortsla-

gen Rahmenflurkarten mit einem Maßstab von 1:1000 als Kartengrundlage genutzt worden, womit bei der Abgreifgenauigkeit von 0,2 mm die geometrische Lagegenauigkeit 0,20 m beträgt.

### 2.2.2 Datengrundlage in der Feldlage

Wie bereits anhand der Abbildung 2.5 erläutert, ist demgegenüber im Zuständigkeitsbereich des Katasteramtes Brake der Großteil der Grenzpunkte noch nicht koordiniert. Dies ist charakteristisch für nahezu alle Feldlagen, in denen die Abweichungen zwischen der Liegenschaftsgrafik und den Objektkoordinaten im Landesbezugssystem mehrere Meter betragen können. Die vorhandene (Pass-)Punktlage, wie in Abbildung 2.7 zu sehen, ist nicht zu vergleichen mit der Grundlage, die in Ortslagen gegeben ist. Gemäß der Legende in Abbildung 2.6 liegen

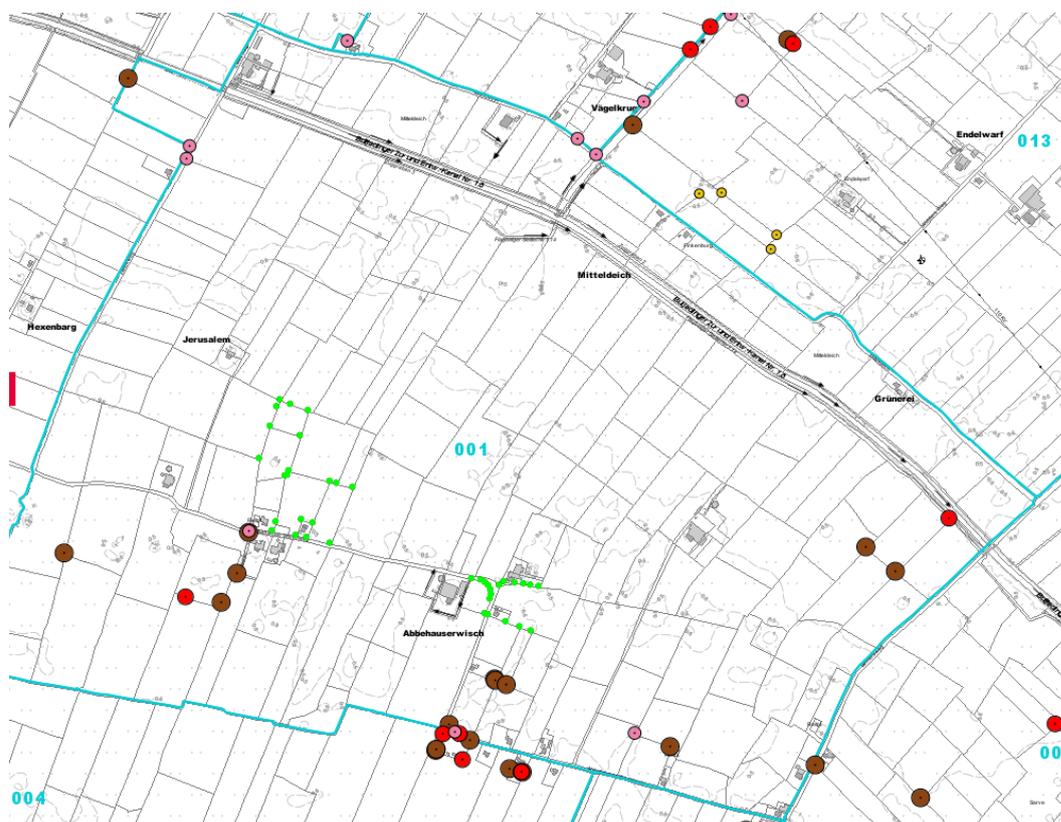


Abbildung 2.7: Datengrundlage Feldlage mit Anzeige der Genauigkeit der Grenzpunkte [Eigene Abbildung, in Anlehnung an LGLN 2019a]

die Abweichungen meist jenseits der in Feldlagen geforderten Genauigkeit von 0,5 m. Hinzu kommt, dass es weitere Objektpunktkoordinaten in diesem Bereich gibt, aber aufgrund einer zu hohen Abweichung keinem Grenzpunkt zugeordnet werden können und daher nicht angezeigt werden.

Auffallend sind des Weiteren die Bereiche, in denen bereits zwischen den Koordinaten und der Liegenschaftsgrafik Identität hergestellt ist. Diese sind durch lokale Fortführungen entstanden und einwandfrei.

Weiterhin sind Zahlennachweise wie VR oder FFR nicht flächendeckend vorhanden, wodurch die Berechnungsgrundlage teilweise fehlt. Ein weiterer Aspekt, der die Berechnung erschwert, ist der Mangel an Vermessungspunkten. Da in großen Gebieten noch die Grundsteuervermessung maßgebend ist, benötigt man hierfür die Polygonpunkte, die nicht koordiniert und außerdem teilweise nicht mehr aufzufinden sind.

### **2.3 Ursachen und Problemstellungen**

Die Differenzen zwischen der Darstellung in der Liegenschaftsgrafik und den Objektkoordinaten im Landesbezugssystem sind sehr unterschiedlich. Zurückzuführen ist die Inhomogenität der Karte auf verschiedene Faktoren. Hierzu zählen unterschiedliche Erfassungsmethoden und -zeiträume sowie verschiedene Kartenmaßstäbe der bei der Entstehung der ALK genutzten Karten. Weitere Ungenauigkeiten sind im Laufe der Zeit bei Reproduktionen der Karten (Umlegungen oder Umzeichnungen) und bei der Migration von der ALK nach ALKIS® durch die Transformation von GK- nach UTM- Koordinaten entstanden. Hinzu kommt, dass bei der Entstehung der ALK die analogen Liegenschaftskarten zugrunde gelegt wurden und diese Grundlage bereits erhebliche Unterschiede in der Qualität aufweist [STAATSMINISTERIUM DES INNERN FREISTAAT SACHSEN 2010: 6]. Bei der Einrichtung der digitalen Liegenschaftskarte war die Qualität dieser primär von der Passpunktgrundlage und der bereits erwähnten Kartengrundlage abhängig. Da die Grundlage für Orts- und Ortslagen zumeist Rahmenflurkarten mit Maßstäben 1:1000 und 1:2000 waren, wurden für die Digitalisierung der Feldlagen, in denen keine Rahmenflurkarten vorlagen, Inselflurkarten mit Maßstäben 1:2000 bis 1:5000 genutzt. Gerade an den Kartenrändern sind durch die Transformationen Spannungen entstanden, die immer noch Bestand haben, da die Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik in Orts- und Ortsrandlagen priorisierend durchgeführt wird. Grundlegend lassen sich die gegebenen Problemstellungen sowohl in zufällige und systematische Abweichungen als auch in grobe Fehler aufteilen. Die bedeutsamsten zufälligen Abweichungen sind vor allem Kartier- und Digitalisierungsungenauigkeiten. Zu den systematischen Abweichungen zählen

Verzerrungen, die kartenweise auftreten, und Verschiebungen zum Bezugssystem. Da während des Vorgangs der Digitalisierung nicht immer auf die Qualität geachtet wurde, sind auch Digitalisierfehler entstanden, die ebenso wie die Zeichenfehler als grobe Fehler aufgefasst werden.

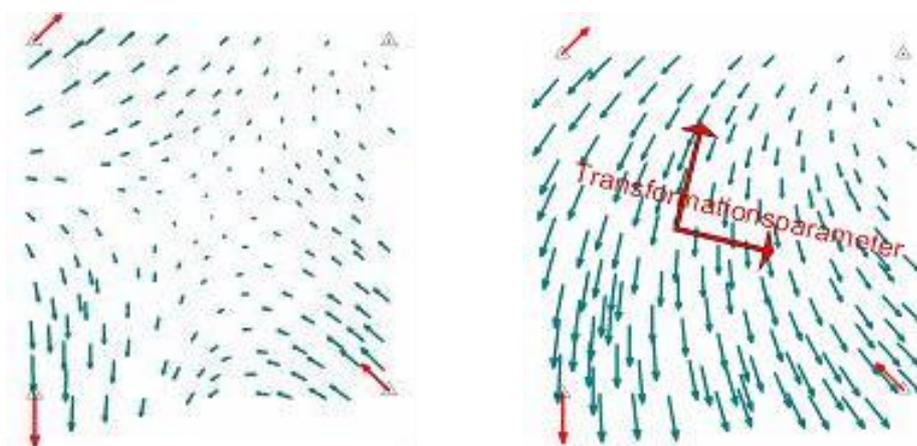
In der Gesamtheit lassen sich diese Ursachen in verschiedene Felder gliedern: Zum einen sind die Mängel durch die Historie entstanden und ergeben sich aus der Umlegung von den Flurkarten oder aus anderen Widersprüchen aus dem Liegenschaftskataster. Zum anderen sind weitere Mängel durch die Migration von der ALK nach ALKIS<sup>®</sup> entstanden. Das größte Feld, dem die Inhomogenität der geometrischen Genauigkeit der Liegenschaftsgrafik zuzuschreiben ist, betrifft den Anwender und ist größtenteils bei der Digitalisierung festzumachen. Hier wurde Quantität vor Qualität gesetzt und selten auf die geometrischen Bedingungen geachtet.

### 3 Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik

Um die Qualität der Liegenschaftsgrafik auf einen den Zielvorgaben entsprechenden Stand zu bringen und zu halten, gibt es verschiedene klassische Verfahren, die eingesetzt werden können.

#### 3.1 Homogenisierung

Homogenisierungen werden dafür genutzt, um ein einheitliches Raumbezugssystem herzustellen, in das alle Daten widerspruchsfrei eingetragen werden können [GRIT - BERATUNGSGESELLSCHAFT MBH 2015: 6]. Dieses wurde bei der Errichtung der ALK noch nicht realisiert, wodurch die Bestandsdaten inhomogen sind und eine Bearbeitung der Geometrie erforderlich macht. Während durch Transformationen wie zum Beispiel der Affin-Transformation die Nachbarschaftsbeziehungen verletzt werden, werden diese bei Homogenisierungen beibehalten und richtig abgebildet (vgl. Abbildung 3.1).



Restklaffen bei Homogenisierungen      Restklaffen bei Affin-Transformationen

Abbildung 3.1: Unterschied der Wirkungsweise zwischen Homogenisierung und z. B. der Affin-Transformation [TOPO GRAPHICS GEOINFORMATIONSSYSTEME GMBH]

Das LGLN nutzt hierfür das Programmsystem Systra der Firma technet. Das Programm bietet die Möglichkeit, unter Nutzung anderer bereits vorhandener Software (TerraCAD) die Homogenität und die Genauigkeit in der Kartendarstellung herzustellen und zu verbessern. Der Datenfluss zwischen diesen Programmen läuft vollautomatisch.

Da die Priorität bei der Qualitätsverbesserung und damit auch die Anwendung dieses Programms auf den Orts- und Ortsrandlagen liegt, hat noch keine Erprobungsphase für Feldlagen stattgefunden. Dieses Verfahren ist gerade bei systematischen Abweichungen von Vorteil.

Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz ist jedoch eine ausreichende Grundlage an identischen Punkten. Möglich ist dabei die Kombination mit Berechnungsansätzen in GeoPard. Die Ausgleichung in Systra ist eine verkettete Transformation und erfolgt in drei Schritten. Als verbessernde Beobachtungen werden dabei alle Punkte betrachtet, die als Sollpunkte mit Objektpunktkoordinaten und als graphische Punkte mit Kartenkoordinaten vorliegen [TECHNET 2006: 9]. Zunächst werden im Zuge eines Vorausgleichungsverfahrens Näherungswerte zur Koeffizientenbildung berechnet und gleichzeitig mögliche grobe Fehler aufgedeckt und eliminiert. Die Elimination wird durch das Herabsetzen der jeweiligen Beobachtungsgewichte erreicht [BERNSTEIN 2005: 9]. Im zweiten Schritt wird eine strenge Ausgleichung mit Anschlusszwang und eine anschließende statistische Analyse durchgeführt. Dabei werden die Zuverlässigkeit sowie die Genauigkeit des Netzes angegeben. Im letzten Schritt wird die eigentliche Homogenisierung auf Basis der geometrischen Bedingungen der Liegenschaftsgrafik ausgeführt. Die Bedingungen werden durch das Programm ermittelt, können aber auch vom Bearbeiter manuell gesetzt werden.

Eine weitere Software, die in anderen Bundesländern eingesetzt wird, ist das Homogenisierungs-Modul der Firma AED-SICAD. Auch hier wird die Homogenisierung in drei Schritte aufgeteilt [GRIT - BERATUNGSGESELLSCHAFT MBH 2015: 6]. Beim Koordinatenaustausch wird für alle Punkte in dem gewählten Verfahrensgebiet die graphische Koordinate durch die berechnete ersetzt. Dabei wird zunächst das Prinzip der Nachbarschaft verletzt, welches bei der Restklaffenverteilung im zweiten Schritt wiederhergestellt wird. Die Verteilung erfolgt mittels einer abstandsgewichteten Interpolation. Dabei hat der Bearbeiter die Möglichkeit, über Parameter den Einfluss von Sollpunkten zu kontrollieren [GRIT - BERATUNGSGESELLSCHAFT MBH 2015: 11]. Im letzten Schritt werden wie bei dem Programm Systra die geometrischen Bedingungen durch eine Ausgleichung nach kleinsten Quadraten wiederhergestellt.

Bei der Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik durch das Verfahren der Homogenisierung sind seitens des Bearbeiters trotz der automatisch laufenden Ausgleichung einige Aspekte zu beachten. Die Zuordnung der Sollpunkte muss vor der Ausgleichung kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. Ebenso ist es erforderlich, dass die geometrischen Bedingungen wiederhergestellt werden und zum Zweck der Qualitätssicherung ist vor der Fortführung eine Prüfung durchzuführen.

Vorteilhaft bei diesem Verfahren sind die Zeitersparnis gegenüber anderen Verfahren und das Erkennen der geometrischen Bedingungen sowie die Einhaltung der Nachbarschaftstreue in dem jeweiligen Verfahrensgebiet. Außerdem werden andere Themen wie zum Beispiel die Tatsächliche Nutzung und vor allem die Gebäude über das Nachbarschaftsprinzip unter Einhaltung der geometrischen Bedingungen mit verschoben. Negative Aspekte sind die Software-Abhängigkeit und mögliche technische Probleme.

## **3.2 Neuerhebung**

Entsprechend des Erlasses von 2008 zur Genauigkeitsverbesserung der Liegenschaftskarte können bei nicht ausreichenden Zahlennachweisen Vermessungen im Außendienst von Amts wegen erforderlich sein [MINISTERIUM FÜR INNERES, SPORT UND INTEGRATION: 1179]. Dieses wurde in den LiegVermErlass übernommen, sodass Liegenschaftsvermessungen im Sinne der Aufgabenwahrnehmung zur Qualitätsverbesserung und -sicherung des Liegenschaftskatasters durchgeführt werden können [MINISTERIUM FÜR INNERES UND SPORT 2015: 5]. Da die Grenzen in Feldlagen teilweise auf Grenzeinrichtungen wie Gräben oder Wälle aufgemessen wurden und eine Veränderung selten zu erwarten ist, kann eine Neuerhebung eine Verbesserung der geometrischen Lagegenauigkeit bewirken. Vorgeschlagen wird für entsprechende Fälle unter anderem das Durchführen von örtlichen Vermessungen oder das Erheben identischer Punkte für eine spätere Homogenisierung über DOP [LGLN 2018b: 11]. Eine zusätzliche Alternative, die im Zusammenhang mit der Neuerhebung zu nennen ist, ist die Flurbereinigung. Da dieses Verfahren jedoch insgesamt einen sehr großen (zeitlichen) Aufwand erfordert und das Ziel mit diesem Konzept nicht flächendeckend erreichbar ist, wird der Ansatz in dieser Arbeit nicht weiter untersucht.

### 3.3 Berechnung

Wie bereits in Kapitel 2.1 erläutert, wurde die ALK in zwei Stufen eingerichtet, wobei die zweite Stufe noch nicht abgeschlossen ist. Hier sollte die Identität zwischen den Objektkoordinaten und den graphischen Objektpunkten hergestellt werden. Sofern eine Homogenisierung nicht sinnvoll einsetzbar ist, wird dies im Zuge weiterer Berechnungen nach dem Katasterzahlenwerk in sogenannten ALK2-Gebieten durchgeführt. Die Berechnungen werden mit GeoPard durchgeführt und anschließend werden die Daten in die EQK übertragen und fortgeführt. Dabei ist vorrangig das Ziel, die Grenzpunkte zu koordinieren, wengleich die Gebäude, insofern sie aufgemessen wurden und berechenbar sind, mit aufgestellt werden. Bei der Berechnung ist jedoch darauf zu achten, dass die Fehlergrenzen eingehalten und weitere Besonderheiten berücksichtigt werden.

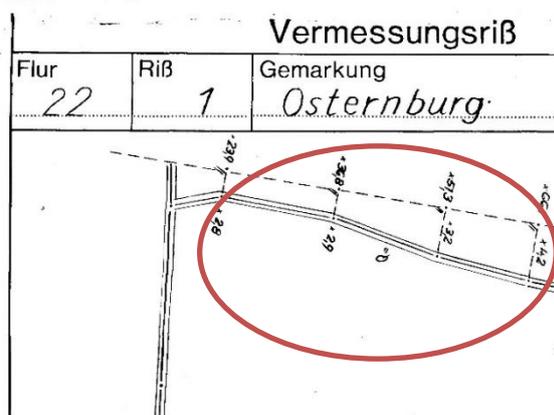


Abbildung 3.2: Ausschnitt aus einem Vermessungsriß (siehe Anhang D) [Eigene Abbildung in Anlehnung an LGLN 2019b]

Teilweise sind Grenzen, die bei der Grundsteuervermessung entstanden sind, bei späteren Vermessungen ohne Kontrollen örtlich neu vermessen und in den jeweiligen Vermessungsrißen gekennzeichnet worden (vgl. Abbildung 3.2). Diese Maße sind bei den Berechnungen nicht anzuhalten. Für diese Grenzen sind die Maße aus der Urvermessung zu benutzen, wobei es je nach Region erforderlich sein kann, zunächst eine

Umrechnung durchzuführen. In den Gebieten, die bei der Grundsteuervermessung im Oldenburger Verwaltungsbezirk lagen, ist in Oldenburger Ruten gemessen worden, wodurch der Zwischenschritt unvermeidlich wird.

Die Herstellung der Identität zwischen den Objektpunktkoordinaten und der Grafik wird über den Punktaustausch realisiert: Zunächst sind die gerechneten oder bereits vorliegenden Punktorte den digitalisierten Punktorten zuzuordnen. Diesen Prozess bezeichnet man auch als „Kirschenbildung“ und wird in Abbildung 3.3 dargestellt [VKV 2010: 3].

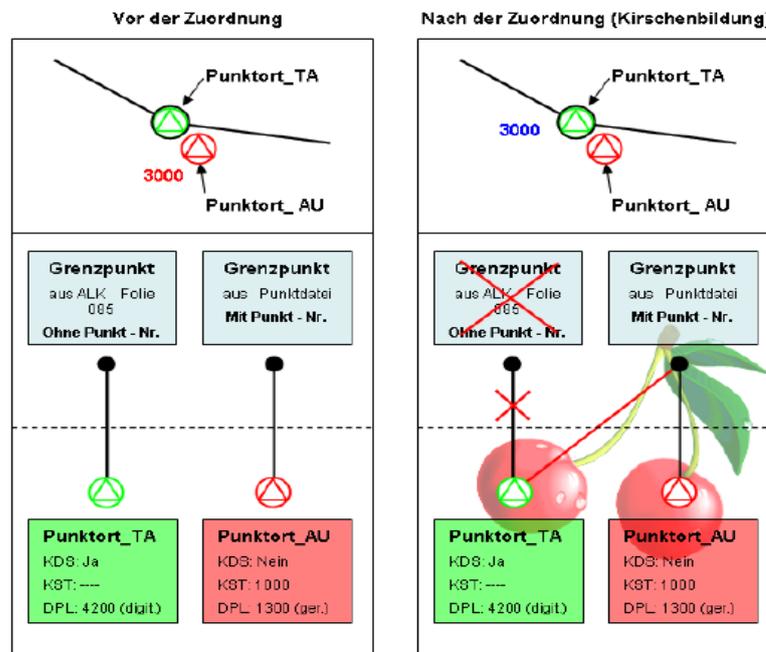


Abbildung 3.3: Prinzipskizze der Zuordnung beim Punktaustausch [VKV 2010: 3]

Dabei wird der graphische Punkt, der bei der Digitalisierung entstanden und die Kartendarstellung für den jeweiligen Grenzpunkt ist, dem jeweiligen nummerierten Grenzpunkt zugeordnet. Im zweiten Schritt handelt es sich streng genommen um einen Punktort austausch, da die zum Objekt gehörenden Punktorte ausgetauscht werden und somit der Punktort\_AU zum Punktort\_TA wird und umgekehrt. Durch diesen Vorgang ändert sich die Geometrie, da die Kartendarstellung wechselt (vgl. Abbildung 3.4). Anschließend muss der graphische Punktort noch gelöscht werden.

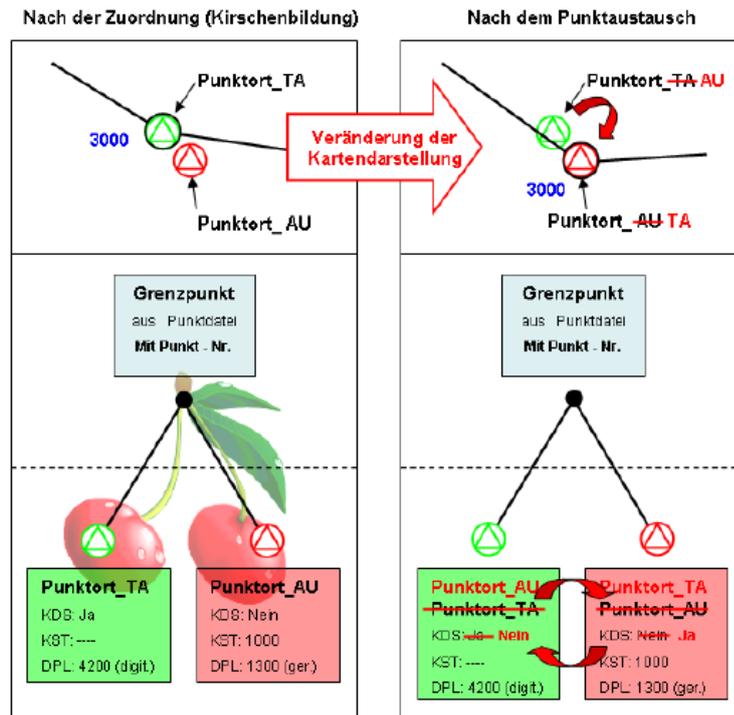


Abbildung 3.4: Prinzipskizze des Punktaustausches  
[VKV 2010: 12]

Nachteilig wirkt sich bei diesem Verfahren aus, dass das Vorbereiten und Berechnen der Grenz- sowie der Gebäudepunkte zeitaufwendig ist und Vermessungsrisse teilweise nicht flächendeckend vorhanden sind. Dem gegenüber steht die Genauigkeit, die mit diesem Verfahren erreicht werden kann, da das Katasterzahlenwerk in die Karte übertragen wird.

### 3.4 Vergleich der Möglichkeiten

Jedes der vorgestellten Verfahren hat Vor- und Nachteile und kann ohne Anwendung anderer Methoden zu einer Verbesserung der Genauigkeit und der Homogenität führen. Allerdings steht dies in Abhängigkeit zu dem zu bearbeitenden Gebiet und dessen Grundlage an Geodaten, insbesondere der Anzahl sowie der Genauigkeit der koordinierten Objektpunkte. Der Fokus liegt hierbei auf den Grenzpunkten, da diese für die Abgrenzung der Flurstücke maßgebend sind. Gebäude- und Bauwerkspunkte werden bei der Berechnung in sogenannten ALK2-Gebieten mitberechnet und bei Homogenisierungen mitverschoben, um die Ho-

mogenität im Sinne des Nachbarschaftsprinzips beizubehalten. Bei Flurbereinigungen beziehungsweise Neuvermessungen werden sie zu einem Großteil im Nachhinein berechnet, eine kontrollierte Aufmessung vorausgesetzt.

Der Einsatz von Homogenisierungen ist bisher nur auf Siedlungen und viel bebaute Gebiete ausgelegt und aufgrund der meist hohen Anzahl an vorhandenen Passpunkten, wie beispielsweise Grenzpunkte oder Aufnahmepunkte, dort auch zweckmäßig. Hier wurde teilweise im Vorfeld eine Berechnung vorgenommen, um explizit mit diesem Verfahren die Liegenschaftsgrafik nach dem Prinzip der Nachbarschaft anzupassen und gleichzeitig die Qualität zu verbessern. Systra wird in Ortslagen derzeit darüber hinaus dazu genutzt, bei Abweichungen die Identität zwischen Objektpunktkoordinaten und der Liegenschaftsgrafik herzustellen. Vorteilhaft sind hier die Möglichkeit der Eingabe von Bedingungen und die Zeitersparnis gegenüber der Methode der Berechnung und der Vermessung. Allerdings lässt sich dieses Verfahren nicht auf die Gebiete anwenden, in denen es nur eine geringe Anzahl an Passpunkten gibt. Sofern die Liegenschaftsgrafik in dem zu bearbeitenden Gebiet bereits Identität mit den Objektpunktkoordinaten aufweist, da diese beispielsweise bei einer Fortführung hergestellt wurde, könnte das negative Einflüsse auf das Ausgleichsergebnis haben. Gleiches gilt für Passpunkte mit großen Abweichungen. Gebiete, in denen die Grundsteuermessung noch maßgebend ist und in denen seitdem keine Änderungen oder Berechnungen vorgenommen wurden, sollten ebenfalls mittels anderer Verfahren bearbeitet werden, da diese Messungen mangels Streben und Steinbreiten nicht kontrolliert sind. Vorausgesetzt, dass nur wenige Grenzen in einem ansonsten homogenen und bereits koordinierten Gebiet aus der preußischen Urvermessung stammen, dem untersuchten Gebiet in Oldenburg ähnelnd (vgl. Kapitel 3.3), ist die Berechnung die geeignetere Methode.

Die Möglichkeit, die Grenz- und Gebäudepunkte anhand von Berechnungen nach dem Katasterzahlenwerk zu koordinieren, wird in Orts- und Ortsrandlagen durchgeführt. Das betrifft Gebiete, in denen nur kleine Bereiche nicht koordiniert sind und der Einsatz einer Homogenisierung nicht sinnvoll ist. Möglich ist dies durch eine entsprechende Anzahl von Aufnahmepunkten und flächendeckend vorhandener Vermessungs- und Fortführungsrisse, die ausreichend kontrolliert sind. Bei diesem Verfahren ist es dem Bearbeiter möglich, den berechneten Objektpunkten in Abhängigkeit von der erwarteten Genauigkeit Qualitätsangaben

(Datenerhebung und Vertrauenswürdigkeit) zuzuweisen, sodass dem Nutzer gegenüber im Gegensatz zu der Homogenisierung keine bessere Genauigkeit suggeriert wird. Bereits erwähnte Risse sind teilweise infolge Aussonderung nach erfolgter Fortführung nicht in allen Gebieten flächendeckend und vollständig verfügbar, sodass in betreffenden Gebieten die Berechnungsgrundlage weder analog noch digital gegeben ist. Man kann zwar grobe Zeichen- oder Digitalisierfehler mit diesem Verfahren aufdecken und ausbessern, die Bearbeitung ist aber dementsprechend zeitintensiv. Ein Aspekt, der den nötigen Zeitaufwand verstärkt, ist regional unterschiedlich stark ausgeprägt und betrifft die verschiedenen Maßeinheiten der Vermessungen. Im Bereich der Wesermarsch und Oldenburg ist zu Zeiten der Grundsteuervermessung in Oldenburger Ruten (1 Oldenburger Rute  $\triangleq$  2,95879 m) gemessen worden, wodurch eine Umrechnung in die Einheit Meter erforderlich ist. Aus diesen Gründen ist eine Berechnung in größeren Gebieten auch infolge des zeitlich zu betreibenden Aufwands (vgl. Kapitel 3.3) nicht ökonomisch und nicht zu empfehlen.

In Feldlagen, in denen die Grundlage für eine Homogenisierung der Liegenschaftsgrafik nicht gegeben ist (vgl. Abbildung 2.7), ist auch eine Berechnung aufgrund des nötigen Zeitaufwandes nicht sinnvoll einsetzbar, da es auch vorkommen kann, dass die Berechnungsgrundlage in Form des Polygonpunktnetzes nicht gegeben ist. Für diese Gebiete, in denen die Qualität des Vermessungszahlenwerks größtenteils durch grafischen Nachweis oder älterem Vermessungszahlenwerk geprägt ist, sind Alternativen zu entwickeln. Für den Fall wie im Untersuchungsgebiet (vgl. Kapitel 4), dass örtliche Grenzeinrichtungen vorhanden sind, könnten diese als Grundlage über verschiedene Messverfahren für eine Homogenisierung neu erhoben werden. Für Gebiete ohne örtliche Grenzeinrichtungen sieht die Arbeitsgruppe „Entwicklung neuer Lösungsansätze zur Verbesserung der geometrischen Genauigkeit der Liegenschaftsgrafik“ in einer erneuten Digitalisierung die Möglichkeit, insbesondere an den Inselflurkartenrändern eine Verbesserung der geometrischen Genauigkeit erreichen zu können [LGLN 2018b: 11].

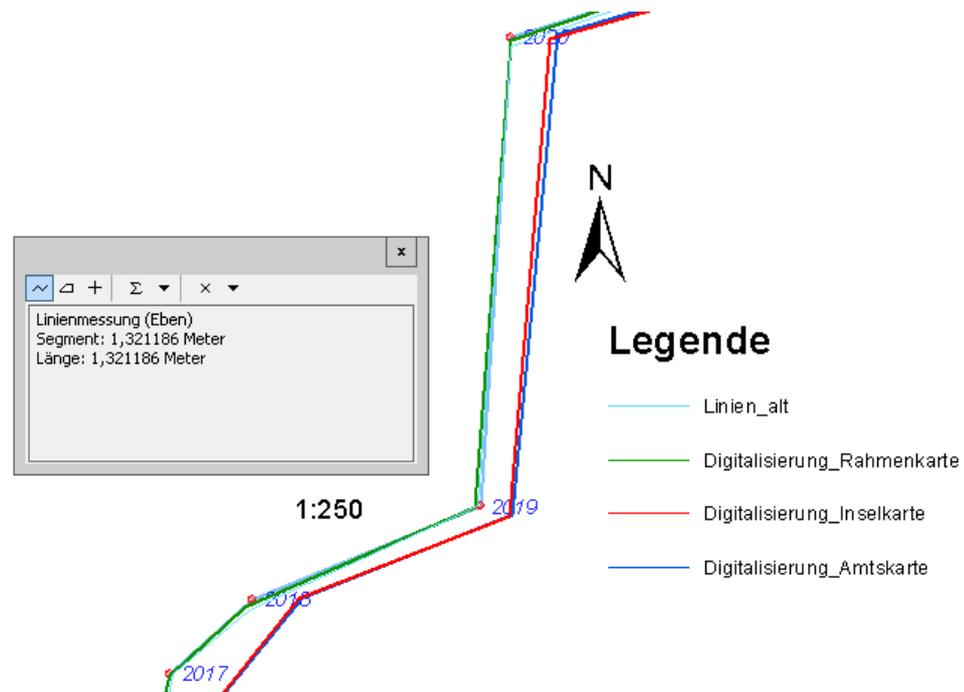


Abbildung 3.5: Vergleich der Digitalisierungen mit alten und neuen Bestandsdaten in der Ortsrandlage [Eigene Abbildung]

Hinzuzufügen ist, dass das in den weiteren Kapiteln untersuchte Verfahren der Neu-Digitalisierung nicht in der Orts- und Ortsrandlage einsetzbar ist, da es dort keinen positiven Effekt hat (vgl. Abbildung 3.5) und Homogenisierungen geeigneter sind, sofern ausreichend Passpunkte für eine Ausgleichung und Transformation vorhanden sind und es keine Gebiete sind, in denen die Grundsteuervermessung noch maßgebend ist. Falls der Einsatz der Homogenisierung nicht sinnvoll ist, sind für die Koordinierung der Grenzen und der Gebäude Berechnungen durchzuführen.



## 4 Untersuchungen zur Neu-Digitalisierung von Karten

Um auch die Qualität der Liegenschaftsgrafik in den Bereichen mit unzureichender Passpunktsituation – speziell für Feldlagen ist dies charakteristisch – signifikant steigern zu können, soll diese Arbeit untersuchen, ob eine Neu-Digitalisierung von bereits digital vorliegenden Amts- oder Inselflurkarten den gewünschten Effekt bringen kann. In diesen Bereichen ist in den größten Teilen die Grundsteuerermessung noch maßgebend. Als Untersuchungsobjekt dient in dieser Arbeit die Flur 1 der Gemarkung Abbehausen, die in zwei Teilfluren unterteilt ist (vgl. Abbildung 4.1).

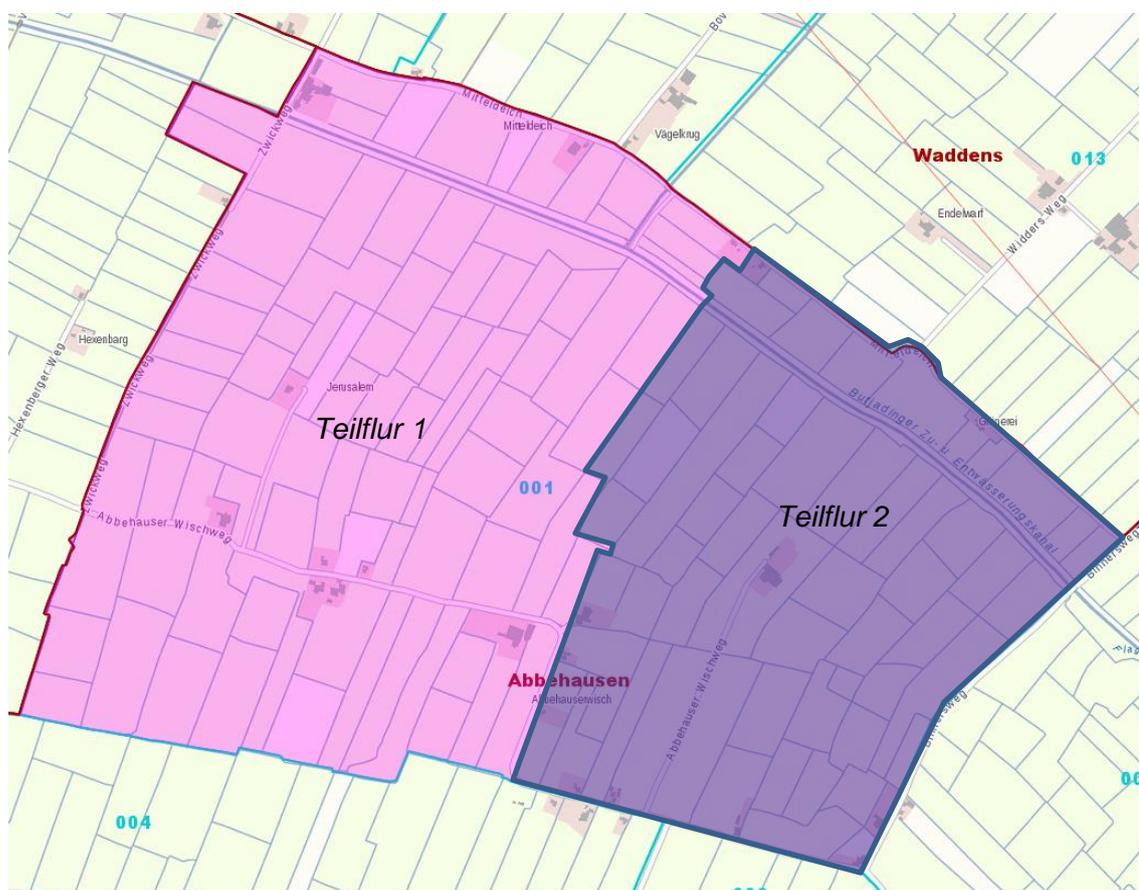


Abbildung 4.1: Untersuchungsgebiet Abbehausen Flur 1 [Eigene Abbildung, in Anlehnung an LGLN 2019a]

Beim Vergleich der Transformationsarten werden die Ergebnisse der Inselflurkarte der Teilflur 1 miteinander verglichen und analysiert. Die Ergebnisse der Teilflur 2 und den jeweiligen Amtsflurkarten ergeben ähnliche Daten.

## 4.1 Georeferenzierung

„Unter Georeferenzierung wird die Verortung von (Geo-) Objekten durch Zuordnung von Koordinaten, bezogen auf ein einheitliches Koordinatenreferenzsystem (i.d.R. das amtliche System mit ETRS89 als geodätisches Datum (Ellipsoid) und UTM als Projektion in die Ebene), verstanden“ [MUMMENTHEY 2015: 135]. Im Fall dieser Arbeit liegen die Amts- und Inselfurkarten des Untersuchungsgebietes angesichts der digitalen Archivierung als Rasterdateien vor. Die Zuordnung erfolgt über identische Punkte, die bereits mit Objektkoordinaten vorliegen, und den dazugehörigen Punkten in der Karte. Nach erfolgter Georeferenzierung können die Grenzen digitalisiert werden. Allerdings gibt es einige Faktoren, die auf die Qualität des Ergebnisses der der Georeferenzierung zugrunde liegenden Transformation Einfluss nehmen.

## 4.2 Grundlagen

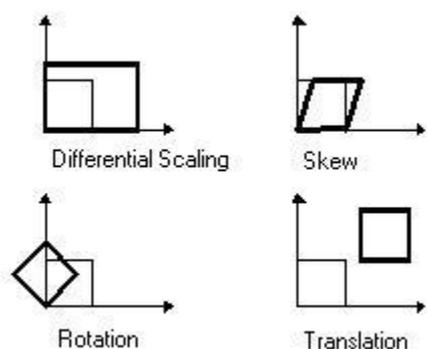


Abbildung 4.2: Veränderungen bei einer Affin-Transformation [ESRI 2016b]

Bei einer Transformation können die eingehenden Daten, in diesem Fall das Raster der Flurkarte, wie in Abbildung 4.2 zu erkennen ist, unterschiedlich skaliert, rotiert, verschoben und verzerrt werden.

Die Skalierung, Rotation und die Translation bilden für lineare Transformationen, wie zum Beispiel die Affin-Transformation, die Grundlage [KRESSNER 2009: 61]. Die Translation ist gleichbedeutend mit der Verschiebung des Koordinatenursprungs,

bei der in beide Richtungen ein Verschiebungsvektor additional angebracht werden kann.

$$\begin{aligned}
 X &= X_0 + x & X, Y: & \text{transformierte Koordinaten} \\
 Y &= Y_0 + y & X_0, Y_0: & \text{Translation} \\
 & & x, y: & \text{Ausgangskoordinaten}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Die Rotation ergibt sich aus der Drehung um den Koordinatenursprung mit dem Winkel  $\alpha$  und wird ebenfalls über die Passpunkte berechnet.

$$\begin{aligned} X &= \cos \alpha \cdot x - \sin \alpha \cdot y \\ Y &= \sin \alpha \cdot x + \cos \alpha \cdot y \end{aligned} \tag{4.2}$$

Die Bezeichnungen sind hierzu analog zu denen der Translation.

Der Maßstab und dementsprechend die Skalierung wird über Strecken im Ausgangs- und im Zielsystem berechnet. Dabei findet der Satz des Pythagoras Anwendung.

### 4.3 Voraussetzungen für eine Digitalisierung

Um negative Einflüsse zu minimieren, gibt es Anforderungen an die Passpunktgrundlage und an das Ergebnis der Transformation der Georeferenzierung. Da keine neue Richtlinie für eine 1:1-Digitalisierung herausgegeben wurde, sind im weiteren Vorgehen die Anweisungen zur Errichtung der ALK befolgt worden.

Demnach sind den Aspekt der Passpunkte betreffend „für den Bereich einer Liegenschaftskarte [...] mindestens acht gleichmäßig verteilte Paßpunkte festzulegen“ [SCHULTE 1992: 66]. Dabei ist die Passpunktauswahl so zu treffen, dass Extrapolationen vermieden werden. Des Weiteren dürfen die Restklaffen „bei Rahmenkarten 0,2 mm x Kartenmaßstabszahl und bei Inselflurkarten 0,5 mm x Kartenmaßstabszahl nicht überschreiten“ [GÖBEL 1992: 79].

### 4.4 Einfluss der Passpunktauswahl

Wie bereits unter den Voraussetzungen angedeutet, hat die Passpunktgrundlage (Auswahl, Anzahl und Verteilung) einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Georeferenzierung und damit auf die Grundlage der Neu-Digitalisierung.

Optimal ist eine gleichmäßige Verteilung der Passpunkte auf der Flurkarte. Da vor allem in den Bereichen der Kanten die größten Abweichungen zu erwarten sind, ist es empfehlenswert, diese mit einer hohen Passpunktdichte abzudecken. Da mit Ungenauigkeiten und Fehlern an den Passpunkten zu rechnen ist, ist eine ausreichende Überbestimmung erforderlich. In der Vertrauenswürdigkeit zu un-

terscheiden sind dabei die Passpunkte aus Berechnungen nach neuem Katasterzahlenwerk und beispielsweise Polygonpunkten, die über eine Transformation nach ETRS89 umgerechnet werden müssen. Koordinierte Grenzpunkte sind im Gegensatz zu besonderen Gebäudepunkten ebenfalls als Passpunkte aufzunehmen, da die Objektkoordinaten von letzteren meist eine schlechtere Genauigkeit aufweisen und die Kartierung in der Flurkarte in der Regel ungenau ist.

Nachstehende Abbildung 4.3 soll vereinfacht darstellen, welche Passpunktverteilung zu empfehlen ist.

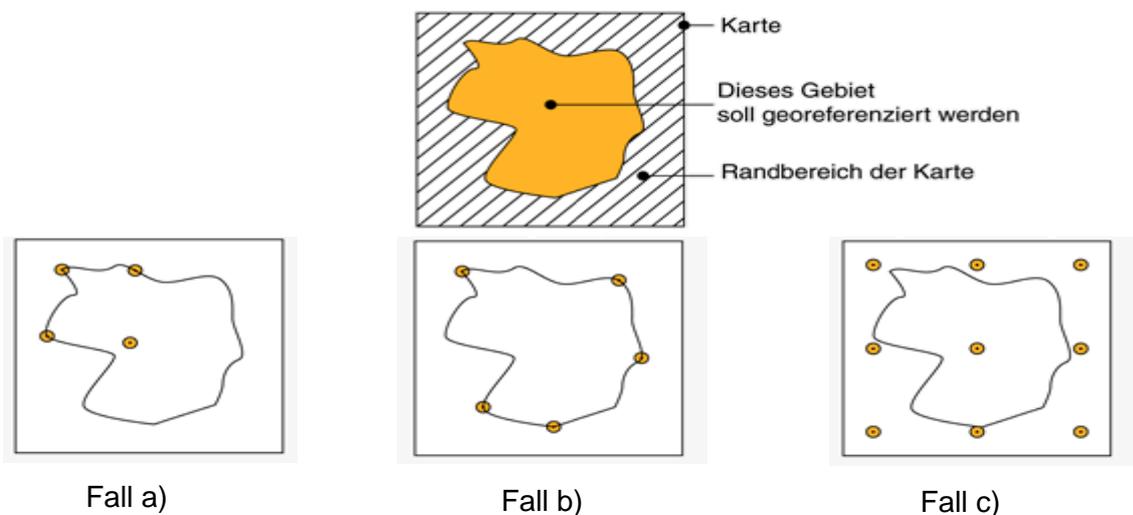


Abbildung 4.3: Schaubild zur Passpunktverteilung [Eigene Abbildung, in Anlehnung an MERK 2017]

Fall a) deckt nur einen kleinen Teil des zu georeferenzierenden Gebietes ab, weshalb auch nur innerhalb dieser Passpunkte eine gute lokale Genauigkeit zu erwarten ist. Außerhalb des Bereiches kann keine Aussage zu den Genauigkeiten getroffen werden, da mit großen Abweichungen zu rechnen ist. Fehler in den Passpunkten sind kaum zu lokalisieren. Fall c) stellt den Optimalfall für die Georeferenzierung dar. Die Passpunkte sind über die Fläche ausgeglichen verteilt und bedecken diese vollumfänglich. Grobe Fehler und Abweichungen lassen sich bei dieser Konstellation leichter ermitteln und herausfiltern, während kleine Abweichungen gemittelt und verteilt werden können. Fall b) bietet noch eine ausreichende Passpunktsituation, allerdings auch eine geringere Kontrolle und eine geringere Aussagekraft über die Genauigkeit.

Durch das Alter der Flurkarten und Zeichengenauigkeiten bei der Entstehung und Fortführung derselbigen, sollte angestrebt werden, durch eine Passpunktverdichtung mindestens eine ausreichende Grundlage zu schaffen.

Im Folgenden wird die Passpunktgrundlage im Untersuchungsgebiet sowie in der Ortsrandlage in Oldenburg untersucht.

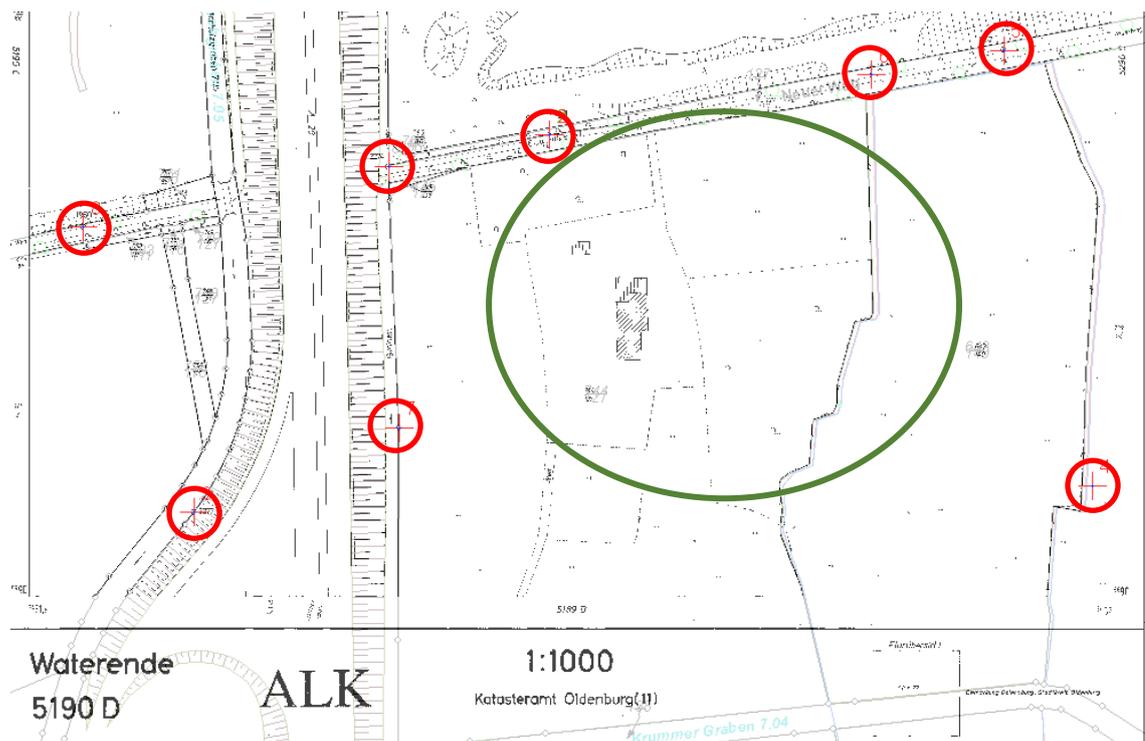


Abbildung 4.4: Passpunktgrundlage Ortsrandlage, Bsp. Gemarkung Osternburg, Flur 22 [Eigene Abbildung]

Wie man in Abbildung 4.4 gut erkennen kann, ist für den zu berechnenden grün markierten Bereich eine ausreichend gute Passpunktverteilung gegeben. Dies ist durch bereits koordinierte und digitalisierte Aufnahmepunkte in der Rahmenkarte möglich. Eine ähnlich gute Passpunktauswahl ist jedoch auch bei der Insel- und der Amtsflurkarte erreichbar.

Im Gegensatz hierzu ist die Passpunktgrundlage in der Teilflur 1 des Untersuchungsgebietes (vgl. Abbildung 4.5) negativ zu bewerten, da ein Großteil nicht mit Objektpunktkoordinaten abgedeckt und auch eine Berechnung von Oldenburger Polygonpunkten sehr aufwendig ist. Da die Flurstücke in Feldlagen, wie



Abbildung 4.5: Passpunktgrundlage im Untersuchungsgebiet ohne manuell gesetzte Passpunkte aus dem Luftbild [Eigene Abbildung]

auch in diesem Gebiet, oftmals anhand der Gräben vermessen wurden, sind zur Prüfung, ob Passpunkte aus Luftbildern eine Optimierung des Transformationsergebnisses bewirken und damit zur Verbesserung der Liegenschaftsgrafik beitragen können, Grabenschnitte als manuell gesetzte Passpunkte zur Passpunktverdichtung hinzugezogen worden (vgl. Abbildung 4.6). Die Passpunktverdichtung mittels der Grabenschnitte führt allerdings nicht in allen Bereichen zu einer Passpunktverdichtung. Im nördlichen Bereich der Inselfurkarte sind im Vergleich weiterhin wenige Passpunkte, wodurch in diesen Bereichen mit größeren Abweichungen zu rechnen ist.

Beim Verwenden der Orthofotos und der Grabenschnitte als Passpunkte ist jedoch trotz der guten Erkennbarkeit auf die Genauigkeit der Orthofotos und die

Erfassungsgenauigkeit der Grabenschnitte hinzuweisen. Die Qualität der Orthofotos ist abhängig von den digitalen Geländemodellen, die für die Entzerrung eingesetzt werden. Die digitalen Orthofotos DOP20, welche Verwendung finden, haben eine Bodenauflösung von 20 cm und eine Standardabweichung von  $\sigma_{xy} = \pm 0,4 \text{ m}$  [ADV 2018: 3 f].

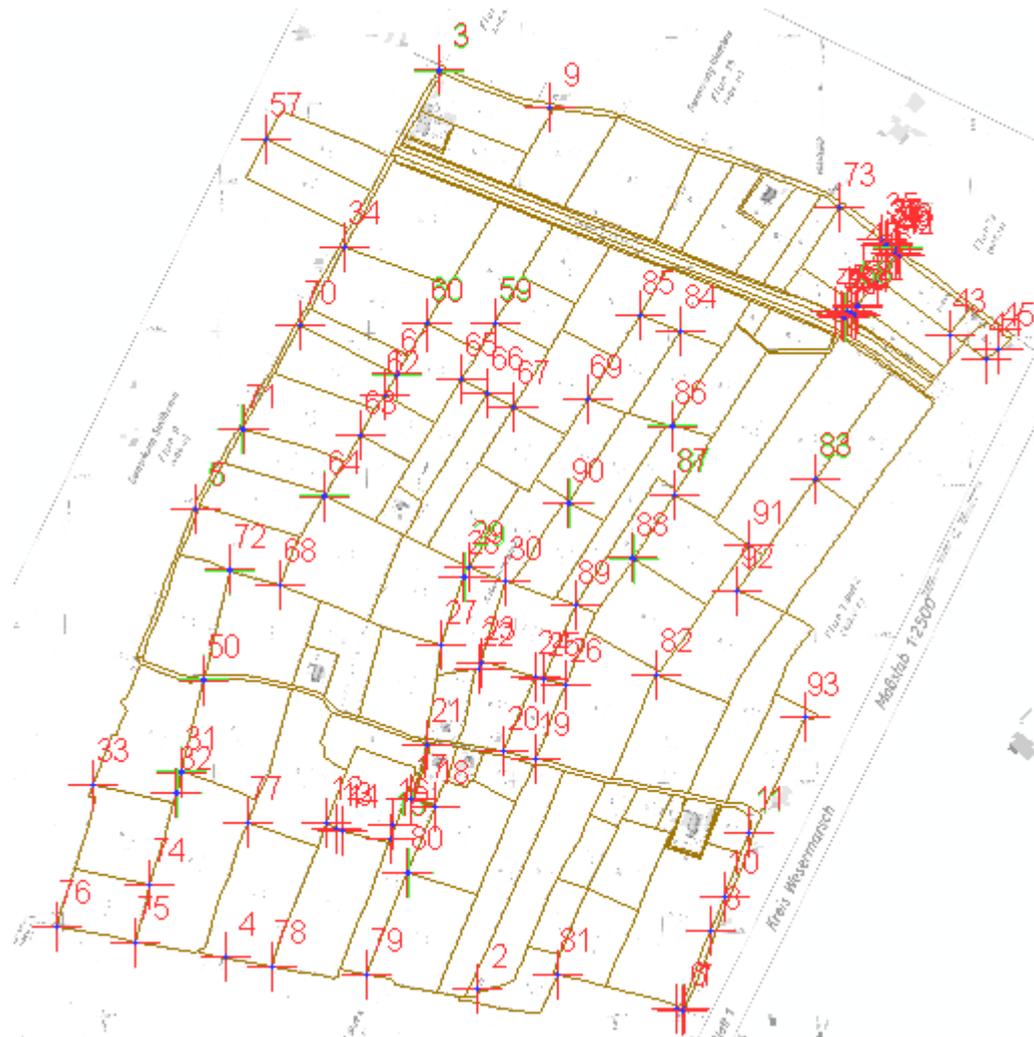


Abbildung 4.6: Passpunktgrundlage im Untersuchungsgebiet unter Verwendung von Grabenschnitten [Eigene Abbildung]

## 4.5 Einfluss der Kartenauswahl

Ein weiterer Aspekt ist die Auswahl der zu digitalisierenden Karten, denn damit einhergehend ist die unterschiedliche Qualität der Kartengrundlage. Die Rahmenkarten, die eine gute relative Genauigkeit vorweisen können, sind aus den

Amts- und Inselflurkarten entstanden und nicht in allen Gebieten verfügbar, so wie auch in dem behandelten Beispiel.



Abbildung 4.7: Vergleich der Lesbarkeit zwischen Insel- und Amtsflurkarte [Eigene Abbildung]

Inselflurkarten hingegen haben aufgrund des langen Entstehungszeitraumes im Vergleich zu den Rahmenkarten eine schlechtere Genauigkeit und weniger Passpunkte als Rahmenkarten, da viele Linienpunkte noch nicht oder in einer ungenügenden Genauigkeit eingezeichnet sind, andererseits ist das Risiko für die Existenz von Zeichen- oder Generalisierungsfehlern geringer. Zudem sind sie ebenfalls auf einem aktuelleren Stand als die Amtsflurkarten, wodurch sie bei der Passpunktauswahl Vorteile haben. Ein weiterer Aspekt, der für die Inselflurkarte spricht, ist die Lesbarkeit und Erkennbarkeit der Flurstücksgrenzen. Die Grenzpunkte sind freigestellt und gut erkennbar, während man in den Amtsflurkarten zunächst den Schnittpunkt der Grenzen ermitteln muss (vgl. Abbildung 4.7). Noch gravierender fällt dies bei Knickpunkten in Grenzen auf, da hier bei der Amtsflurkarte die Möglichkeit besteht, eine falsche Anzahl an Grenzpunkten zu digitalisieren.

Hinzuweisen ist jedoch auch hier auf mögliche Zeichenfehler (vgl. Abbildung 4.8), auf die der Sachbearbeiter zu achten hat und die gegebenenfalls durch Berechnungen zu beheben sind.

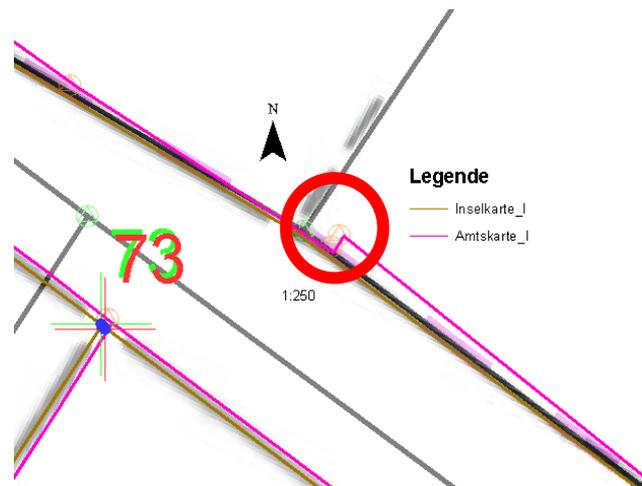


Abbildung 4.8: Zeichenfehler [Eigene Abbildung]

Die Auswahl der Amtsflurkarte kann ebenfalls in Betracht gezogen werden, da sich die erreichbaren Genauigkeiten bei der Digitalisierung denen der Inselflurkarte gleichen und das Risiko von Zeichenfehlern und -ungenauigkeiten so geringer ist. Auf der anderen Seite ist es möglich, dass, wie in diesem Beispiel, Randzeichnungen in der Amtsflurkarte enthalten sind (vgl. Abbildung 4.9). Diese Bereiche können dementsprechend nicht mit den gleichen Transformationsparametern ausgeglichen und digitalisiert werden.

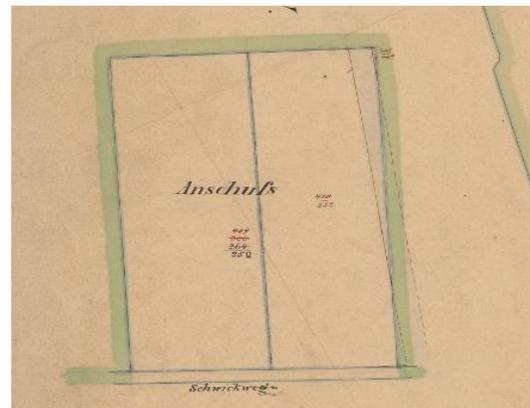


Abbildung 4.9: Randzeichnung in der Amtsflurkarte (siehe Anhang E) [LGLN 2019a]

Hinzu kommt, dass die Aktualität nicht nur in Bezug auf die Genauigkeit, sondern auch für die Vollständigkeit relevant ist. So stellen nachträglich eingezeichnete Änderungen in der Amtsflurkarte durch den Maßstab von 1:2500 ein Risiko für Zeichenungenauigkeiten dar (vgl. Abbildung 4.7). Durch die unterschiedliche Aktualität ist, wie in Abbildung 4.10 zu erkennen, die Passpunktgrundlage in verschiedenen Bereichen der Flurkarten eine andere. Inselflurkarten bieten in dieser Hinsicht eine bessere Auswahlmöglichkeit.

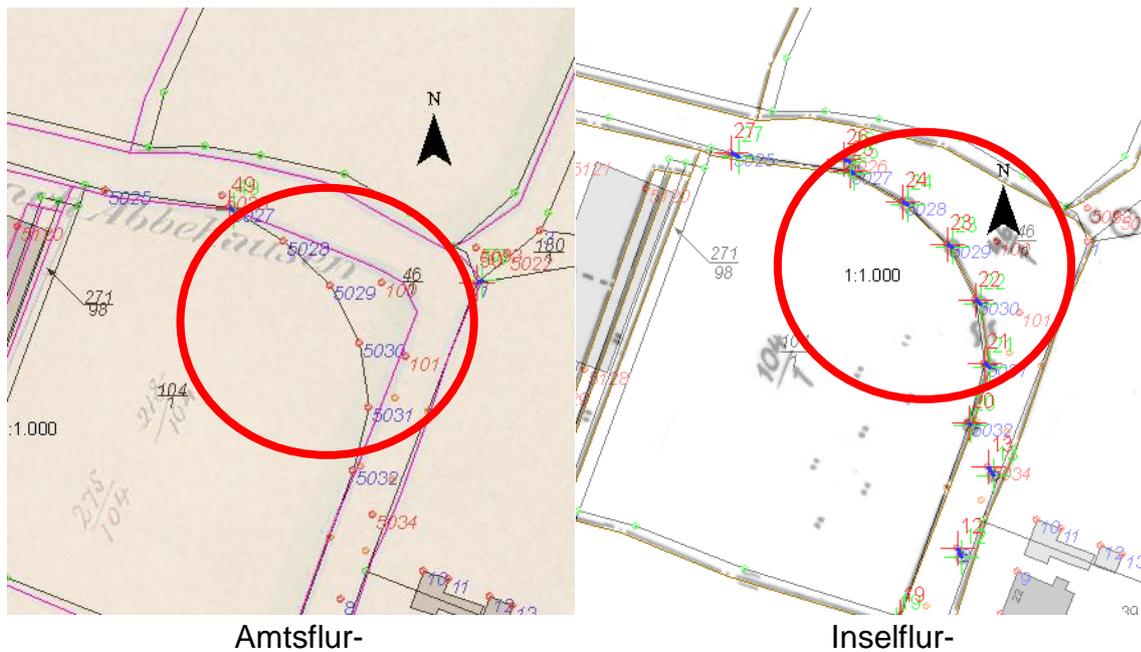


Abbildung 4.10: Vergleich der Passpunktgrundlagen [Eigene Abbildung]

In der nachfolgenden Analyse werden die Ergebnisse der Transformationsarten der Inselfurkarte miteinander verglichen. Die Ergebnisse der Amtsfurkarte erreichen ähnliche Ergebnisse in den Werten der Restklaffen.

#### 4.6 Transformationsarten bei der Georeferenzierung

Für die Georeferenzierung gibt es verschiedene Methoden für die Durchführung (vgl. Abbildung 4.11). Diese führen jeweils zu unterschiedlichen Ergebnissen unter

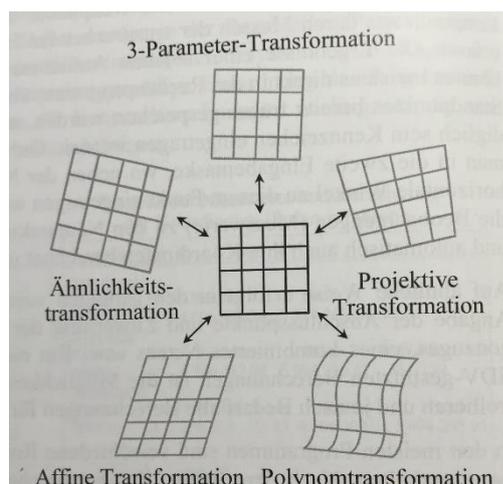


Abbildung 4.11: Bildlicher Vergleich der Transformationen [RESNIK U. BILL 2009: 158]

ter Anwendung verschiedener Transformationsparameter und -gleichungen. Die Passpunkte in der Furkarte werden mit den dazugehörigen (Objektpunkt-) Koordinaten über Links miteinander verbunden. Das Resultat lässt sich in der Link-Tabelle der genutzten Passpunkte anzeigen. Angegeben werden dort die Restklaffen der Passpunkte sowie der Residuen-Fehler (RMS), welcher den Grad der Genauigkeit bei der Transformation aller Passpunkte angibt. Kleine RMS-Fehler garantieren dennoch keine genaue Georeferenzierung

[BRAND 2012: 613 f]. Der Wert hat nur die Passpunkte betreffend eine Aussagekraft. Welche Transformationsart bei der Neu-Digitalisierung alter Flurkarten zu empfehlen ist, ist Gegenstand dieser Untersuchung.

#### 4.6.1 Affin-Transformation

Die Affin-Transformation gehört zu der Gruppe der polynomialen Transformationen, wird hier jedoch einzeln betrachtet. Für polynomialen Transformationen gilt grundsätzlich folgende Formel für die Mindestanzahl an Passpunkten:

$$n = (p + 1) \cdot (p + 2) / 2 \quad (4.3a)$$

Gemäß dieser Formel sind für die ebene Affin-Transformation (polynomiale Transformation ersten Grades) drei Passpunkte zwingend erforderlich, um die sechs Transformationsparameter berechnen zu können.

Bei den Parametern handelt es sich um

- 2 Translationen in beiden Koordinatenrichtungen ( $X_0, Y_0$ )
- 2 unterschiedliche Rotationswinkel der Koordinatenachsen ( $\alpha_x, \alpha_y$ )
- 2 Maßstabsfaktoren auf den Koordinatenachsen ( $q_x, q_y$ )

Damit ergeben sich für die ebene Affin-Transformation diese Transformationsgleichungen:

$$X = X_0 + q_x(\cos \alpha_x)x - q_y(\sin \alpha_y)y \quad (4.3b)$$

$$Y = Y_0 + q_x(\sin \alpha_x)x + q_y(\cos \alpha_y)y$$

Durch folgende Substitution der Transformationsparameter

$$\begin{aligned} a_0 &= X_0 & b_0 &= Y_0 \\ a_1 &= q_x \cdot \cos \alpha_x & b_1 &= q_x \cdot \sin \alpha_x \\ a_2 &= -q_y \cdot \sin \alpha_y & b_2 &= q_y \cdot \cos \alpha_y \end{aligned} \quad (4.3c)$$

können die Gleichungen in eine lineare Form überführt werden:

$$X_i = a_0 + a_1x_i + a_2y_i \quad (4.3d)$$

$$Y_i = b_0 + b_1x_i + b_2y_i$$

Bei drei homologen Passpunkten kann zur Ermittlung der Transformationsparameter das Gleichungssystem nach Einsetzen der Koordinatenwerte in die Transformationsgleichungen gelöst werden.

Für  $n$  Passpunkte ergeben sich somit in Matrixschreibweise folgende Berechnungen für die Koordinaten:

$$\begin{pmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ \vdots \\ x'_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} y'_1 \\ y'_2 \\ \vdots \\ y'_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

$$X' = W \cdot A$$

$$Y' = W \cdot B$$

Da für eine Georeferenzierung mehr Passpunkte verlangt werden und diese aufgrund von Ungenauigkeiten in den Koordinaten oder der grafischen Bestimmung nicht exakt auf die entsprechenden Punkte im Zielkoordinatensystem abgebildet werden können, entsteht ein Ausgleichungsproblem. Ziel ist daher die Minimierung der Abweichungen in den Passpunkten:

$$(X' - W \cdot A)^T \cdot (X' - W \cdot A) \quad (Y' - W \cdot B)^T \cdot (Y' - W \cdot B) \quad (4.5a)$$



$$\Sigma(x'_i - u'_i)^2 = \text{minimal} \quad \Sigma(y'_i - v'_i)^2 = \text{minimal} \quad (4.5b)$$

Dabei sind  $x'_i, y'_i$  die Objektpunktkoordinaten und  $u'_i, v'_i$  die berechneten Koordinaten im Zielsystem ETRS89.

Der RMS-Fehler wird nun zwischen diesen Koordinaten berechnet und gibt die mittlere quadratische Abweichung an [LANGE 2013: 152].

$$\sqrt{\frac{1}{n} \cdot (\sum(x'_i - u_i)^2 + \sum(y'_i - v_i)^2)} = RMS - Fehler \quad (4.6)$$

Die Geradlinigkeit und die Parallelität sind nach der Transformation weiterhin gegeben, während die Form der geometrischen Formen verzerrt sein kann. Angewendet wird diese Transformation vorwiegend bei der Digitalisierung von analogen Karten, da es möglich ist, dass ein ungleichmäßiger Papierverzug in den Achsrichtungen auszugleichen ist [NIEMEIER 2008: 345].

Link	X in Quelle	Y in Quelle	X in Karte	Y in Karte	Residual_x	Residual_y	Fehler
1	3215,989296	-7356,997188	32461682,816...	5929283,677167	0,386918	0,12503	0,406618
2	10608,254734	-5208,163326	32461966,373...	5930895,618807	0,841553	1,13086	1,40963
3	2538,963489	-5565,284619	32461276,232...	5929321,893568	0	-0,653273	0,653273
4	1780,042899	-3350,550114	32460780,603...	5929385,478759	0	-0,130962	0,130962
5	5411,289045	-1245,846595	32460719,584...	5930276,404806	0,513297	1,05164	1,17022
6	10548,281899	-4215,291065	32461771,002...	5930976,691704	1,12126	0,501059	1,22812
7	4056,675279	-7291,344430	32461749,476...	5929451,286227	0,646946	1,29551	1,44807
8	3192,494609	-7306,406223	32461670,750...	5929283,362786	0	-0,455703	0,455703
9	3203,616683	-7361,697708	32461681,681...	5929280,175874	-0,485512	-0,576443	0,753663
10	3974,932947	-7264,689181	32461736,371...	5929436,452333	0	-0,454298	0,454298
11	4320,142747	-7232,076328	32461762,161...	5929505,506075	0	-0,275384	0,275384
12	4328,849965	-7276,977725	32461771,358...	5929501,965943	0	-1,26359	1,26359
13	4953,174564	-7180,436635	32461811,363...	5929632,048600	-0,448159	0,733126	0,859256

Abbildung 4.12: Ergebnis der Affin-Transformation ohne Grabenschnitte als Passpunkte [Eigene Abbildung]

Abbildung 4.12 zeigt das Transformationsergebnis der Inselflurkarte ohne die Verwendung von Grabenschnitten als manuell gesetzte Passpunkte. Damit liegt der Wert des RMS-Fehlers zwar unter dem geforderten Wert (vgl. Kapitel 4.3), liefert aber für große Bereiche der Karte keine guten Bedingungen für ein gutes Digitalisierungsergebnis.

Link	X in Quelle	Y in Quelle	X in Karte	Y in Karte	Residual_x	Residual_y	Fehler
1	3215,989296	-7356,997188	32461682,816...	5929283,677167	0,328352	0,613173	0,695554
2	2538,963489	-5565,284619	32461276,232...	5929321,893568	0	-0,295901	0,295901
3	10087,718016	-1471,669274	32461201,727...	5931148,654290	0,42921	2,36646	2,40506
4	1780,042899	-3350,550114	32460780,603...	5929385,478759	-0,354417	0,0596427	0,359401
5	5411,289045	-1245,846595	32460719,584...	5930276,404806	0,51616	0,797801	0,950214
6	3192,494609	-7306,406223	32461670,750...	5929283,362786	0	0	0
7	3203,616683	-7361,697708	32461681,681...	5929280,175874	-0,544673	-0,0870278	0,551582
8	3974,932947	-7264,689181	32461736,371...	5929436,452333	0	0	0
9	10222,641656	-2542,826897	32461420,110...	5931072,547660	1,15546	1,11236	1,60388
10	4320,142747	-7232,076328	32461762,161...	5929505,506075	0	0,127996	0,127996
11	4953,174564	-7180,436635	32461811,363...	5929632,048600	-0,419259	1,08986	1,16772
12	3320,194456	-3635,722371	32460979,508...	5929652,242511	-0,610411	-0,134992	0,62516
13	3311,690496	-3743,427600	32460999,819...	5929640,167433	0	-0,474334	0,474334
14	3319,158024	-3796,004205	32461011,023...	5929636,444076	0,328626	-0,684784	0,759556

Abbildung 4.13: Ergebnis der Affin-Transformation mit Grabenschnitten als Passpunkte [Eigene Abbildung]

Wie in Abbildung 4.13 zu erkennen ist, hat die Passpunktverdichtung unter Hinzunahme einiger Grabenschnitte als Passpunkte eine signifikante Verbesserung des Transformationsergebnisses bewirken können. Vor der Hinzunahme lag der RMS-Fehler bei ca. 0,9 m und durch die Passpunktverdichtung konnte der Fehler auf ca. 0,7 m herabgesetzt werden.

#### 4.6.2 Polynomiale Transformation zweiter / dritter Ordnung

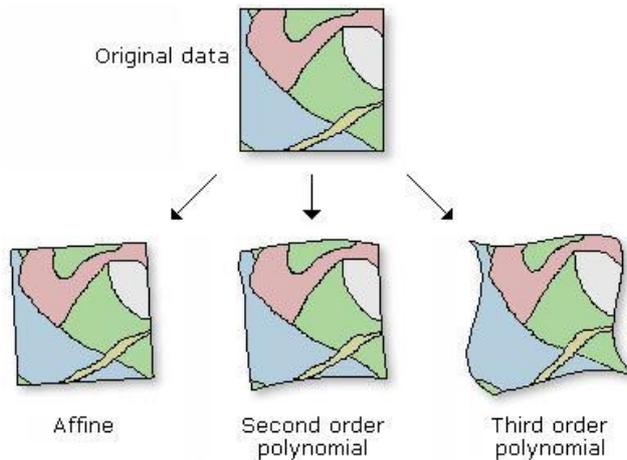


Abbildung 4.14: Unterschiede der polynomialen Transformationen [ESRI 2016a]

Für Transformationen der zweiten und dritten Ordnung benötigt man der Formel in Kapitel 4.6.1 entsprechend eine größere Anzahl an Passpunkten, sechs für die zweite Ordnung und zehn für die dritte Ordnung. Mit Hilfe dieser Transformationen ist es möglich, auch komplexere, nichtlineare Deformationen zu entzerren (vgl. Abbildung 4.14).

Die allgemeine Transformationsvorschrift für Polynomtransformationen lautet:

$$Y = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^j b_{ji} \cdot x^{j-i} \cdot y_i \quad (4.7)$$

$$Y = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^j b_{ji} \cdot x^{j-i} \cdot y_i$$

Ausgeschrieben bedeutet es:

Polynome zweiter Ordnung:

$$\begin{aligned} x' &= a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 \cdot x \cdot y + a_4 \cdot x^2 + a_5 \cdot y^2 \\ y' &= b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot y + b_3 \cdot x \cdot y + b_4 \cdot x^2 + b_5 \cdot y^2 \end{aligned} \quad (4.8)$$

Polynome dritter Ordnung:

$$x' = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 \cdot x \cdot y + a_4 \cdot x^2 + a_5 \cdot y^2 + a_6 \cdot x^2 \cdot y + a_7 \cdot x \cdot y^2 + a_8 \cdot x^3 + a_9 \cdot y^3 \quad (4.9)$$

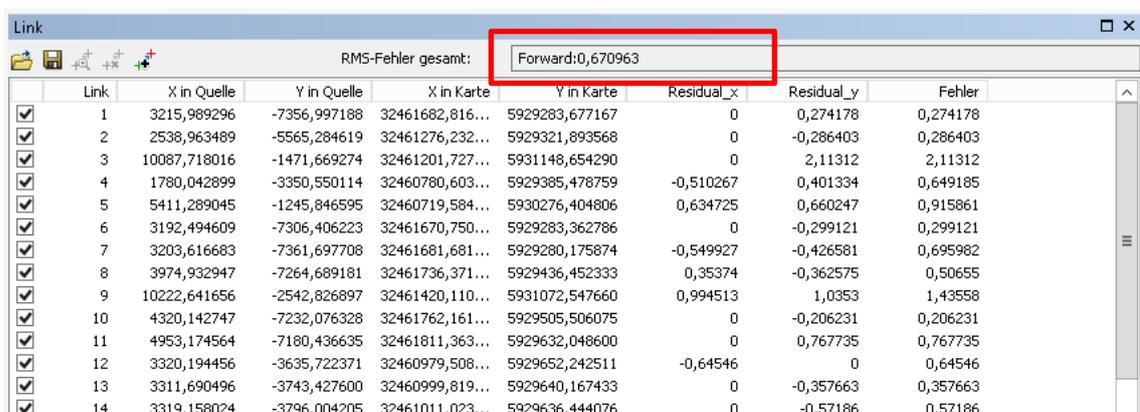
$$x' = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 \cdot x \cdot y + a_4 \cdot x^2 + a_5 \cdot y^2 + a_6 \cdot x^2 \cdot y + a_7 \cdot x \cdot y^2 + a_8 \cdot x^3 + a_9 \cdot y^3$$

„Bei der Polynomtransformation wird ein Polynom verwendet, das [...] zur Anpassung mit der Methode der kleinsten Quadrate berechnet wird. Das Polynom ist für globale Genauigkeit optimiert, kann jedoch keine lokale Genauigkeit garantieren. [...] Das Ziel des Algorithmus der kleinsten Quadrate besteht darin, eine allgemeine Formel abzuleiten, die auf alle Punkte angewendet werden kann, für gewöhnlich aber unter geringer Verschiebung der Positionen der Passpunkte“ [ESRI 2016a].

Analog zu der Affin-Transformation lässt sich die Polynomtransformation zweiter Ordnung für n Passpunkte wie folgt in Matrixschreibweise verfassen:

$$\begin{pmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ \vdots \\ x'_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1 y_1 & x_1^2 & y_1^2 \\ 1 & x_2 & y_2 & x_2 y_2 & x_2^2 & y_2^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_n & y_n & x_n y_n & x_n^2 & y_n^2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \end{pmatrix} \quad (4.10)$$

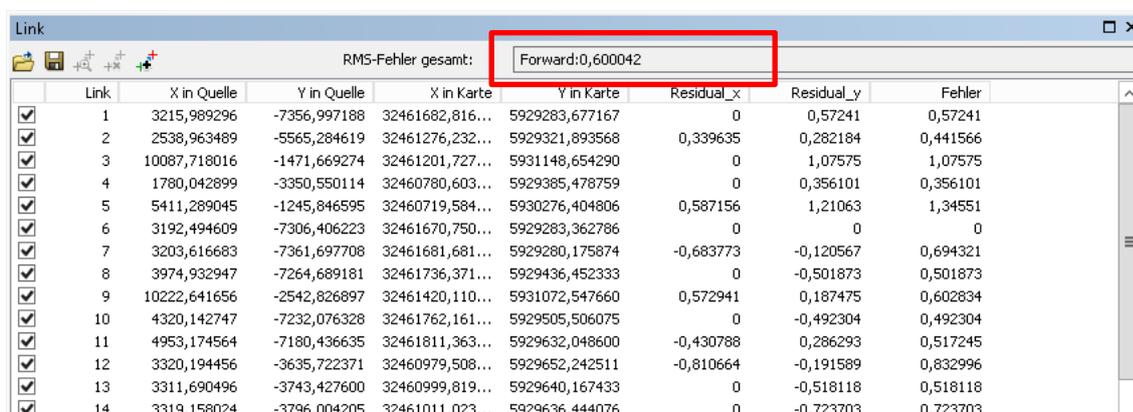
Gleiches gilt für die y-Komponente der Koordinaten. Die Berechnung der Restklassen und des RMS-Fehlers wird ebenso nach dem Schema der Affin-Transformation durchgeführt.



Link	X in Quelle	Y in Quelle	X in Karte	Y in Karte	Residual_x	Residual_y	Fehler
1	3215,989296	-7356,997188	32461682,816...	5929283,677167	0	0,274178	0,274178
2	2538,963489	-5565,284619	32461276,232...	5929321,893568	0	-0,286403	0,286403
3	10087,718016	-1471,669274	32461201,727...	5931148,654290	0	2,11312	2,11312
4	1780,042899	-3350,550114	32460780,603...	5929385,478759	-0,510267	0,401334	0,649185
5	5411,289045	-1245,846595	32460719,584...	5930276,404806	0,634725	0,660247	0,915861
6	3192,494609	-7306,406223	32461670,750...	5929283,362786	0	-0,299121	0,299121
7	3203,616683	-7361,697708	32461681,681...	5929280,175874	-0,549927	-0,426581	0,695982
8	3974,932947	-7264,689181	32461736,371...	5929436,452333	0,35374	-0,362575	0,50655
9	10222,641656	-2542,826897	32461420,110...	5931072,547660	0,994513	1,0353	1,43558
10	4320,142747	-7232,076328	32461762,161...	5929505,506075	0	-0,206231	0,206231
11	4953,174564	-7180,436635	32461811,363...	5929632,048600	0	0,767735	0,767735
12	3320,194456	-3635,722371	32460979,508...	5929652,242511	-0,64546	0	0,64546
13	3311,690496	-3743,427600	32460999,819...	5929640,167433	0	-0,357663	0,357663
14	3319,158024	-3796,004205	32461011,023...	5929636,444076	0	-0,57186	0,57186

Abbildung 4.15: Ergebnis der Polynomtransformation 2. Grades [Eigene Abbildung]

Der RMS-Fehler der polynomialen Transformation des zweiten Grades (vgl. Abbildung 4.15) hat sich gegenüber dem Ergebnis der Affin-Transformation lediglich um ca. 2,5 cm verbessert. Allerdings können die Parallel- und die Geradentreue bei dieser und der Polynomtransformation dritten Grades nicht mehr garantiert werden. Durch die unterschiedlichen Skalierungen und Rotationen von einzelnen Bereichen, die bei Polynomtransformationen höherer Ordnung auftreten können, wird die relative Lage der einzelnen Pixel der Raster-Datei zueinander verändert [BRAND 2012: 613].



Link	X in Quelle	Y in Quelle	X in Karte	Y in Karte	Residual_x	Residual_y	Fehler
1	3215,989296	-7356,997188	32461682,816...	5929283,677167	0	0,57241	0,57241
2	2538,963489	-5565,284619	32461276,232...	5929321,893568	0,339635	0,282184	0,441566
3	10087,718016	-1471,669274	32461201,727...	5931148,654290	0	1,07575	1,07575
4	1780,042899	-3350,550114	32460780,603...	5929385,478759	0	0,356101	0,356101
5	5411,289045	-1245,846595	32460719,584...	5930276,404806	0,587156	1,21063	1,34551
6	3192,494609	-7306,406223	32461670,750...	5929283,362786	0	0	0
7	3203,616683	-7361,697708	32461681,681...	5929280,175874	-0,683773	-0,120567	0,694321
8	3974,932947	-7264,689181	32461736,371...	5929436,452333	0	-0,501873	0,501873
9	10222,641656	-2542,826897	32461420,110...	5931072,547660	0,572941	0,187475	0,602834
10	4320,142747	-7232,076328	32461762,161...	5929505,506075	0	-0,492304	0,492304
11	4953,174564	-7180,436635	32461811,363...	5929632,048600	-0,430788	0,286293	0,517245
12	3320,194456	-3635,722371	32460979,508...	5929652,242511	-0,810664	-0,191589	0,832996
13	3311,690496	-3743,427600	32460999,819...	5929640,167433	0	-0,518118	0,518118
14	3319,158024	-3796,004205	32461011,023...	5929636,444076	0	-0,723703	0,723703

Abbildung 4.16: Ergebnis der Polynomtransformation 3. Grades [Eigene Abbildung]

Je höher der Grad der Polynomtransformation, desto besser kann die Transformation ausgeglichen und die Passpunkte aufeinander eingepasst werden. Dieses weist auch Abbildung 4.16 auf, die das Ergebnis der Polynomtransformation dritten Grades darstellt. Der RMS-Fehler liegt nur noch bei 0,60 m. Inwieweit dadurch aber einzelne Gebiete unterschiedlich transformiert wurden und die Liegenschaftsgrafik dadurch verfälscht werden könnte, lässt sich nicht feststellen.

### 4.6.3 Projektive Transformation

Die Projektivtransformation definiert die perspektivische Abbildung zweier ebener Koordinatensysteme. Die Abbildungsstrahlen verlaufen durch ein gemeinsames Projektionszentrum [LUHMANN 2010: 32]. Jeder Punkt einer Ebene wird eindeutig als Punkt einer anderen Ebene abgebildet und Geraden als Geraden [LANGE 2013: 150]. Die Grundgleichungen lassen sich über die Kollinearitätsgleichungen

herleiten. Durch Umformungen der Kollinearitätsgleichungen erhält man zunächst die Abbildungsregeln für eine dreidimensionale Abbildung:

$$x' = \frac{a'_0 + a'_1 X + a'_2 Y + a'_3 Z}{1 + c'_1 X + c'_2 Y + c'_3 Z} \quad (4.11)$$

$$y' = \frac{b'_0 + b'_1 X + b'_2 Y + b'_3 Z}{1 + c'_1 X + c'_2 Y + c'_3 Z}$$

Für die Auswertung ebener Objekte, wie es die zu digitalisierenden Flurkarten sind, müssen die Komponenten für die dritte Dimension gleich null gesetzt und die Gleichungen invertiert werden. Damit ergibt sich für die ebene Projektivtransformation nachstehende Transformationsvorschrift:

$$X = \frac{a_0 + a_1 x' + a_2 y'}{c_1 x' + c_2 y' + 1} \quad (4.12)$$

$$Y = \frac{b_0 + b_1 x' + b_2 y'}{c_1 x' + c_2 y' + 1}$$

Durch Umstellung und Multiplikation mit dem Nenner kann die vorliegende nicht-lineare Form in eine lineare überführt werden, um die Transformationsparameter berechnen zu können. Es sind mindestens vier Passpunkte erforderlich, um die acht Transformationsparameter berechnen zu können. Falls die Transformationsparameter  $c_1$  und  $c_2$  gleich null sind, wird die Projektivtransformation zu einer Affin-Transformation [LUHMANN 2010: 259].

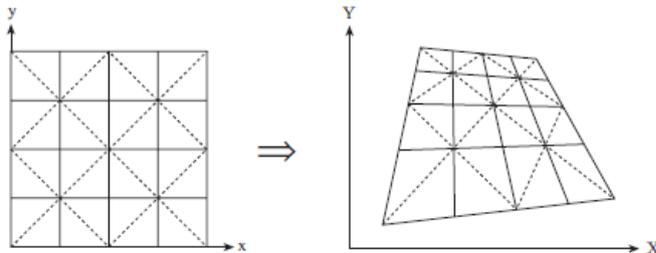
$$a_0 + a_1 x'_i + a_2 y'_i - c_1 x'_i X_i - c_2 y'_i X_i = X_i \quad (4.13)$$

$$b_0 + b_1 x'_i + b_2 y'_i - c_1 x'_i Y_i - c_2 y'_i Y_i = Y_i$$

Da mehr als die benötigten vier Passpunkte verwendet werden, werden die Lösungen unter Verwendung von Ausgleichsrechnungen ermittelt. Dazu wird das Modell

$$A \cdot \hat{x} = l$$

angewendet.



Projektive Transformationen werden unter anderem bei gescannten Karten eingesetzt, da gerade Linien erhalten bleiben. Allerdings kann die Parallelität der Linien durch die Transformation wegfallen (vgl. Abbildung 4.17) [BRAND 2012: 613 f].

Abbildung 4.17: Orthogonales Liniensystem mit projektiver Transformation [BEINEKE 2000: 27]

Ein weiteres Einsatzfeld der projektiven Transformation ist die Entzerrung von Luftbildern.

Link	X in Quelle	Y in Quelle	X in Karte	Y in Karte	Residual_x	Residual_y	Fehler
1	3215,989296	-7356,997188	32461682,816...	5929283,677167	0,384036	0,315357	0,496925
2	2538,963489	-5565,284619	32461276,232...	5929321,893568	0	-0,396261	0,396261
3	10087,718016	-1471,669274	32461201,727...	5931148,654290	0,386133	2,01104	2,04777
4	1780,042899	-3350,550114	32460780,603...	5929385,478759	-0,359082	0,179631	0,401506
5	5411,289045	-1245,846595	32460719,584...	5930276,404806	0,668195	0,786078	1,0317
6	3192,494609	-7306,406223	32461670,750...	5929283,362786	0	-0,263277	0,263277
7	3203,616683	-7361,697708	32461681,681...	5929280,175874	-0,488824	-0,38634	0,623063
8	3974,932947	-7264,689181	32461736,371...	5929436,452333	0,366149	-0,26092	0,449605
9	10222,641656	-2542,826897	32461420,110...	5931072,547660	1,04228	0,892311	1,37207
10	4320,142747	-7232,076328	32461762,161...	5929505,506075	0	-0,0822529	0,0822529
11	4953,174564	-7180,436635	32461811,363...	5929632,048600	-0,33801	0,9238	0,983696
12	3320,194456	-3635,722371	32460979,508...	5929652,242511	-0,65034	-0,0644525	0,653526
13	3311,690496	-3743,427600	32460999,819...	5929640,167433	0	-0,409866	0,409866
14	3319,158024	-3796,004205	32461011,023...	5929636,444076	0	-0,623545	0,623545

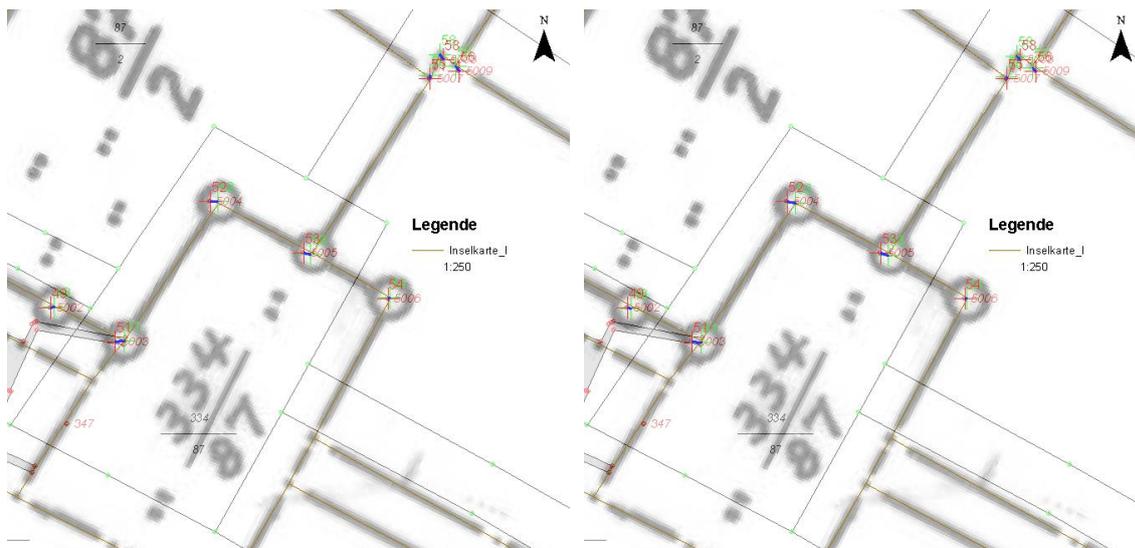
Abbildung 4.18: Ergebnis der Projektivtransformation [Eigene Abbildung]

Das Ergebnis der Projektivtransformation weist einen ähnlich großen RMS-Fehler wie die Affin-Transformation auf (vgl. Abbildung 4.18). Die Werte in den einzelnen Passpunkten sind hingegen teilweise sehr unterschiedlich. Für die Nutzung im Bereich des amtlichen Vermessungswesens ist diese Art der Transformation für den Einsatz bei einer Digitalisierung von alten Flurkarten aufgrund der Anforderungen nicht geeignet, da diese Art der Transformation u. a. keine Flächentreue bietet.

#### 4.6.4 Spline-Transformation

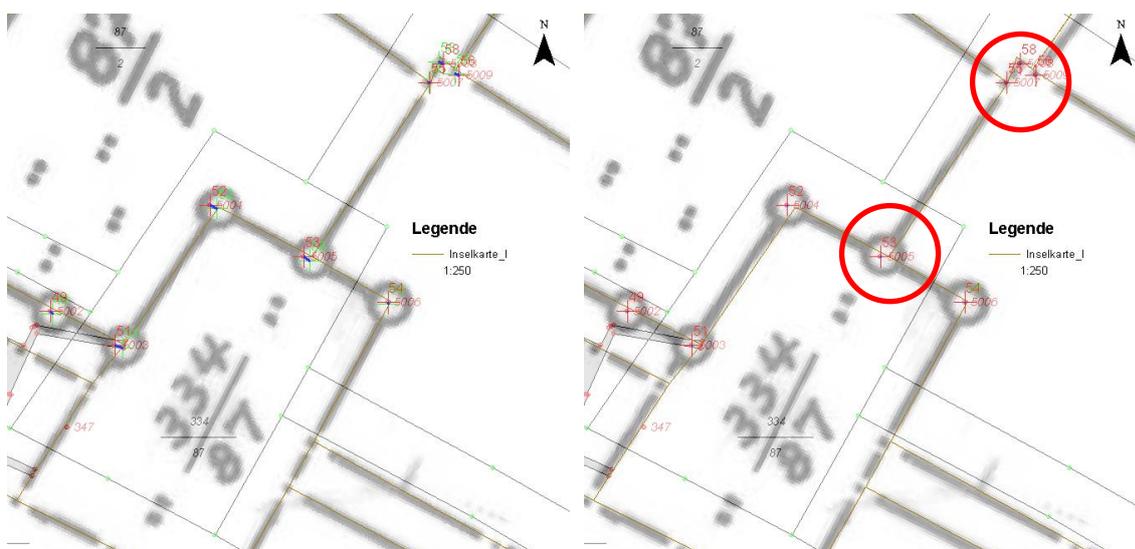
Auf die Spline-Transformation wird an dieser Stelle nur kurz eingegangen, da diese aufgrund der Eigenschaften nicht für eine Nutzung im Liegenschaftskataster geeignet ist (vgl. Abbildung 4.19).

Splines sind zusammengesetzte Polynome, in denen zwischen benachbarten Splines Glattheit erhalten werden kann [BRAND 2012: 614]. Da für diese Transformation die Passpunkte aber optimal verteilt und in sehr kurzen Abständen vorhanden sein müssen und dies in den Gebieten, in denen eine Neu-Digitalisierung eingesetzt werden soll, nicht gegeben ist, kann diese Art der Transformation nicht empfohlen werden. Für die Ausgleichung werden mindestens zehn Passpunkte benötigt. Eine Eigenschaft der Spline-Transformation ist, dass sie zwar aufgrund der Anpassung an die Zielpasspunkte eine sehr gute lokale Genauigkeit im Bereich dieser bieten kann, die globale Genauigkeit allerdings nicht optimiert. Bereiche zwischen den Passpunkten weisen mit zunehmender Entfernung höhere Ungenauigkeiten auf [BRAND 2012: 614]. Damit ist mit erheblichen Lagefehlern in diesen Bereichen zu rechnen.



a) Affin-Transformation

b) Polynomtransformation  
2. Grades



c) Polynomtransformation  
3. Grades

d) Spline-Transformation

Abbildung 4.19: Vergleich der Transformationen [Eigene Abbildung]

In Abbildung 4.19 lässt sich an den markierten Stellen sehr gut erkennen, dass es durch die Ausgleichung bei der Spline-Transformation zu einer Verschiebung und Verzerrung der Rasterdaten gekommen ist. Feststellen lässt sich weiterhin, dass die bei der Affin-Transformation (a) durchgeführte Digitalisierung der Inselflurkarte nun im Gegensatz zu den Darstellungen der anderen Transformationen nicht mehr zu den Grenzen der Inselflurkarte passt.

Wodurch diese Verschiebung zustande kommt, wird beim Anblick der Link-Tabelle deutlich (vgl. Abbildung 4.20).

Link	X in Quelle	Y in Quelle	X in Karte	Y in Karte	Residual_x	Residual_y	Fehler
60	7917,771674	-2412,698652	32461178,311...	5930643,586473	0	0	0
61	7368,816481	-2369,074841	32461117,245...	5930543,684898	0	0	0
62	7135,402095	-2350,193695	32461092,021...	5930500,551114	0	0	0
63	6701,931961	-2318,131173	32461045,179...	5930420,728809	0	0	0
64	6048,069553	-2264,013200	32460974,123...	5930300,994028	0	0	0
65	7590,945779	-2927,403948	32461245,546...	5930533,195118	0	0	0
66	7583,000623	-3199,051227	32461296,328...	5930506,058339	0	0	0
67	7570,254494	-3468,974478	32461347,685...	5930479,012577	0	0	0
68	5121,642500	-2266,039391	32460887,418...	5930124,748014	0	0	0
69	7930,197070	-4051,476587	32461492,659...	5930492,691562	0	0	0
70	7377,336787	-1368,391550	32460927,121...	5930639,644085	0	0	0
71	6269,934758	-1317,952340	32460813,885...	5930432,681297	0	0	0
72	5044,668325	-1792,052633	32460789,342...	5930154,614240	0	0	0
73	10570,493472	-5358,553475	32461990,706...	5930873,041404	0	0	0
74	2079,052541	-2418,344528	32460629,817...	5929529,929051	0	0	0
75	1532,807946	-2523,118712	32460599,899...	5929416,196851	-0,339648	0	0,339648
76	1346,684601	-1808,000405	32460445,005...	5929447,288762	-0,375377	-0,062534	0,38055
77	2000,200000	2000,200000	32460000,000...	5929000,000000	0	0	0

Abbildung 4.20: Ergebnis der Spline-Transformation [Eigene Abbildung]

Durch die Anpassung an die Passpunkte, die vorgenommen wurde, werden die Spannungen in den Bereichen zwischen den Passpunkten verdeutlicht.

## 4.7 Analyse

Nach Prüfung der vorliegenden gewonnenen Erkenntnisse ist herauszustellen, dass der Aspekt der Passpunktverdichtung nicht nur auf die globale Genauigkeit des Netzes bezogen einen erheblichen Einfluss hat, sondern auch auf die lokale Genauigkeit der Punkte. Das Passpunktfeld ist bei einer geringen Anzahl von koordinierten Objektpunkten zwingend zu verdichten, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Zu favorisieren sind, auch für eine mögliche spätere Homogenisierung, Berechnungen oder Messungen im Außendienst. Alternativ können auch manuell grafisch ermittelte Passpunkte aus dem Luftbild übernommen werden. Hier bieten sich beispielsweise Grabenschnitte an. Die Genauigkeit dieser Passpunkte ist jedoch abhängig von der Qualität der Luftbilder. Weitere mögliche Abweichungen lassen sich aus der Erfassungsgenauigkeit bei der grafischen Ermittlung der Grabenschnitte und bei der anschließenden Digitalisierung ableiten.

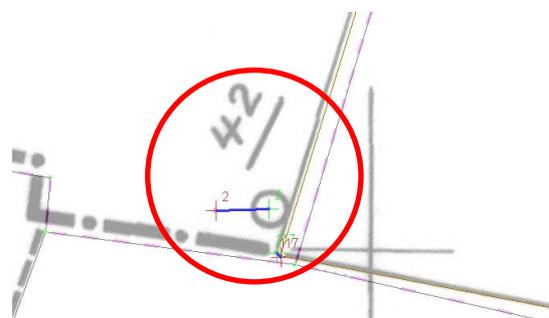


Abbildung 4.21: Polygonpunkt mit großer Abweichung [Eigene Abbildung]

Bei der Wahl der Passpunkte sollten möglichst alle koordinierten Objektpunkte mit einbezogen werden, um im Anschluss die Punkte mit den größten Abweichungen zu löschen, sofern es die Passpunktverteilung zulässt (vgl. Abbildung 4.21). Auch bei transformierten Oldenburger Polygonpunkten kann es zu Abweichungen von einigen Metern kommen.

Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass Gebäude erst nachträglich in die Karte eingezeichnet wurden und es daher zu Zeichenungenauigkeiten kommen kann. Daher kommen als Passpunkte lediglich Aufnahme-, Grenz- sowie Polygonpunkte, sofern sie koordiniert sind, in Frage.

Aufgrund der Anforderungen an das Liegenschaftskataster und der Bedeutung für die Eigentumssicherung ist für die Georeferenzierung der Flurkarten die Affin-Transformation zu wählen. Diese ist mathematisch beschreibbar und erfüllt die Bedingungen der Parallelen- und Geradentreue. Durch die altersbedingten Einflüsse sind verschiedene Maßstäbe in den Koordinatenrichtungen angebracht. Polynomtransformationen vom zweiten oder dritten Grad sind ebenso keine Alternative wie die anderen vorgestellten Methoden der Georeferenzierung, weil es sich als zweckmäßig erwiesen hat, „das Polynom schon nach den linearen Gliedern abzurechnen, da das Modell dann eine einfache geometrische Interpretation zulässt“ [CASPARY U. WICHMANN 2007: 148]. Bei der ebenen Projektivtransformation wird zwar die Geradlinigkeit beibehalten, die Winkel-, Strecken- und die Flächenproportionen bleiben hierbei jedoch nicht erhalten [LUHMANN 2010: 33]. Anwendungsgebiete sind zwar neben der Entzerrung von Luftbildern unter anderem gescannte Karten – für das amtliche Liegenschaftskataster ist sie allerdings nicht geeignet.

Die Spline-Transformation ist ebenfalls bei einer Neu-Digitalisierung von Flurkarten zur Qualitätsverbesserung keine zu nutzende Alternative, da die Rasterdaten an die Passpunkte angepasst werden und dazwischenliegende Bereiche unterschiedlich verzerrt werden und zudem keine Aussage mehr über die Genauigkeit zwischen den Passpunkten getroffen werden kann.

Die Wahl der zu digitalisierenden Flurkarte kann ebenfalls Einflüsse auf die Ergebnisse der Digitalisierung ausüben. Begründet sind diese mit der Möglichkeit von Zeichenungenauigkeiten und -fehlern. Hinzu kommt, dass auch in diesem

Punkt die Passpunktgrundlage eine wesentliche Rolle spielt, da die Inselflurkarten eine größere Auswahl an Passpunkten bieten und die Linien sowie die Pass- und Schnittpunkte besser zu erkennen sind. Des Weiteren ist zumindest im Beispiel des untersuchten Gebietes in der Amtskarte eine Randzeichnung aufgetreten, sodass dieser Bereich nicht mit den gleichen Parametern des restlichen Rasters transformiert werden konnte und keine Objektpunktkoordinaten für das Gebiet vorlagen.

Dem gegenüber stehen die Genauigkeit und die Geschichte der Flurkarten. Aufgrund der Entwicklung sind Amtskarten resistenter gegenüber Zeichenfehlern, wobei hier nachträglich kartierte Änderungen zu Ungenauigkeiten führen. Ebenso ist bei der Digitalisierung aufgrund der schlechteren Erkennbarkeit und der Erfassungsungenauigkeit bei der Erfassung der Grenzen ein höherer Zeitaufwand einzuplanen.

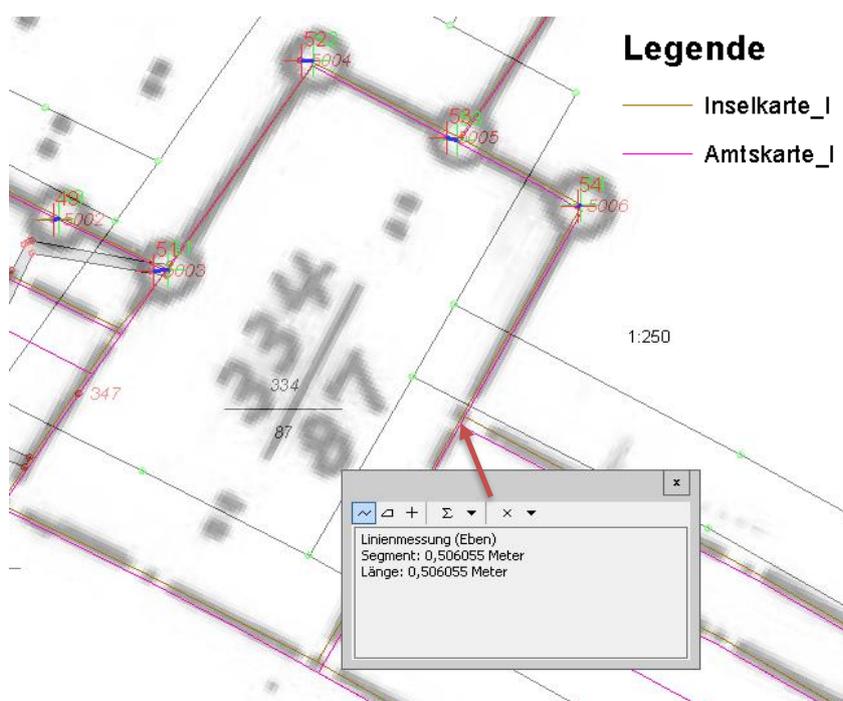


Abbildung 4.22: Vergleich der Digitalisierungen [Eigene Abbildung]

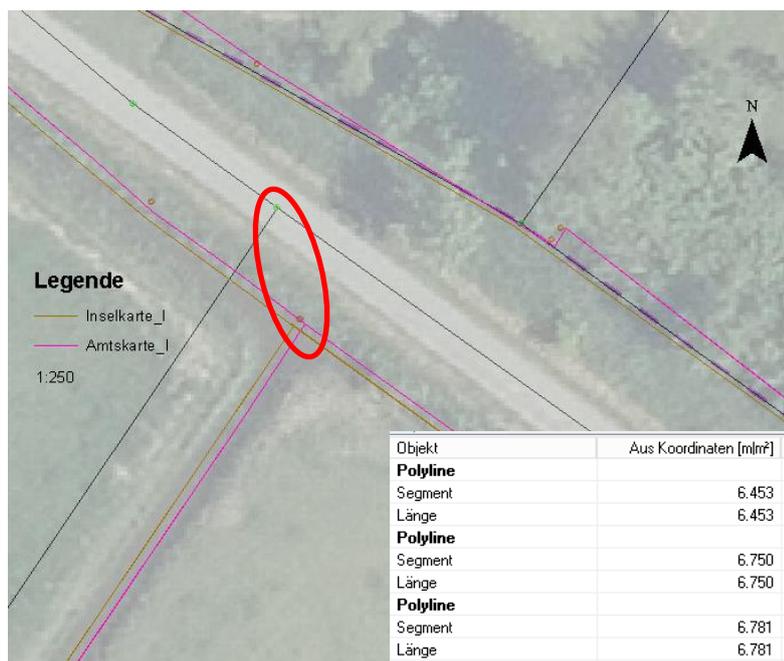


Abbildung 4.23: Verdeutlichung der möglichen Verbesserung [Eigene Abbildung]

Insgesamt sind die Ergebnisse zwischen der Digitalisierung der Amts- und der Inselflurkarte ähnlich und liegen größtenteils im Bereich von <0,5 m, in Ausnahmen bei 0,5 m bis 1 m (vgl. Abbildung 4.22 bis Abbildung 4.24).

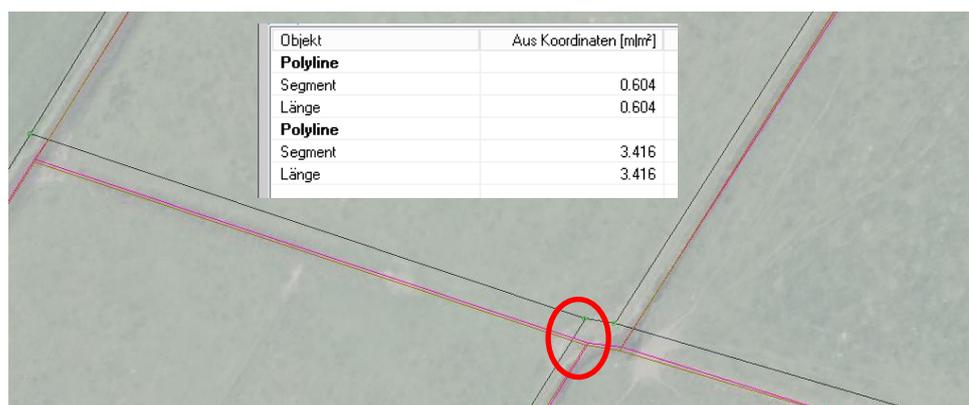


Abbildung 4.24: Vergleich der Digitalisierungen zu Bestandsdaten und Luftbild [Eigene Abbildung]

Abbildung 4.24 zeigt im Ausschnitt aus der Kartenmitte, dass die Differenz zwischen den Digitalisierungen 0,60 m in dem Grenzpunkt beträgt und eine deutliche Verbesserung zu erwarten ist, da die Digitalisierungen besser zum Luftbild und damit zur Realität passen. Die Differenz zu den bisherigen Bestandsdaten

beträgt an dem Punkt 3,42 m. An den Rändern der Flurkarten und der Digitalisierungen sind diese Verbesserungen stärker zu erwarten, wie in Abbildung 4.23 zu erkennen ist. Die Differenzen zwischen dem grafisch ermittelten Grenzpunkt aus den Bestandsdaten und den Digitalisierungen bzw. der Berechnung sind aus Koordinaten berechnet und dargelegt. Letztere passen erneut besser zu den Orthofotos. Trotz der bestehenden Differenzen zwischen den Digitalisierungen ist eine klare Verbesserung im Vergleich zu den Bestandsdaten sichtbar, da sie in dem Bereich auch erheblich besser zu den Berechnungen nach dem Katasterzahlenwerk passen.

Die Differenzen an den Kanten der Digitalisierung sind ein zusätzliches Kriterium, welches zu begutachten ist, da die Qualität bei der Entstehung der ALK nicht den derzeitigen Anforderungen genügt. Die entsprechenden Strecken an den Kanten zu benachbarten Raster-Layern sind in Abbildung 4.25 dargestellt. Sie betragen 0,5 m bis 1 m. Diese sind mittels einer nachfolgenden Bearbeitung und Kantenanpassung bearbeitbar.

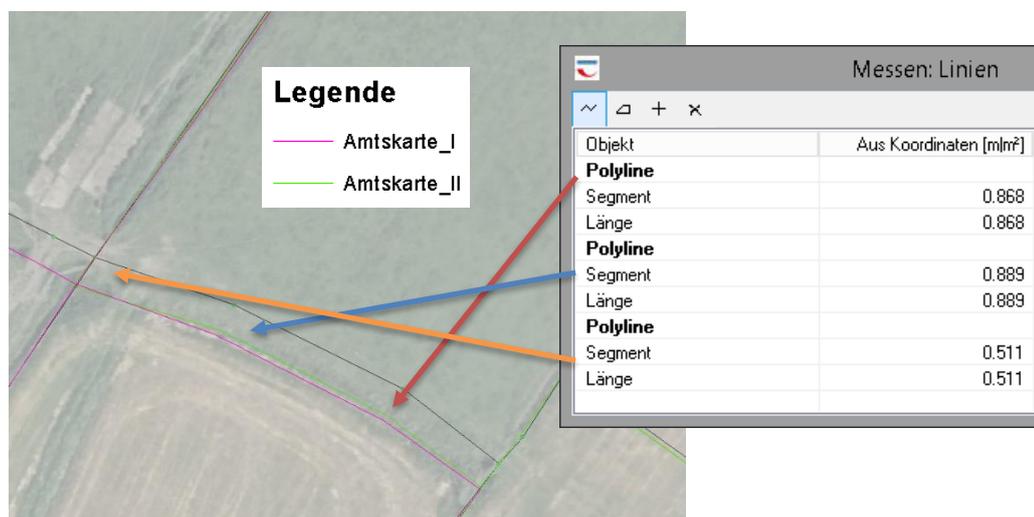


Abbildung 4.25: Differenzen an den Gebietsrändern [Eigene Abbildung]

Allerdings ist bei der Bearbeitung darauf zu achten, dass alle Grenzpunkte der Nachbarkarte mit übernommen werden, um die Fortführung anderer Daten zu erleichtern und die Homogenität der Karte zu erhalten.



## 5 Projektierung

Durch die gewonnenen Informationen aus dieser Arbeit ist es möglich, Handlungsempfehlungen abzuleiten und somit ein Konzept zur Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik bei geringer Passpunktauswahl unter Betrachtung des rechtlichen Aspekts zu erstellen.

### 5.1 Betrachtung des rechtlichen Aspekts

Gemäß des NVerMG müssen die Grenzen der Liegenschaften bestimmt werden können. Die besonderen Merkmale sind darüber hinaus zu beschreiben und Eigentumsangaben in Übereinstimmung mit dem Grundbuch zu führen. Das Fachministerium ist darüber hinaus ermächtigt weitere Verordnungen zu erlassen [NVERMG VOM 12.12.2002].

Bereits seit 2008 ist im Erlass zur Genauigkeitsverbesserung der Liegenschaftskarte festgehalten, dass die Genauigkeit der Liegenschaftskarte so zu verbessern ist, dass diese den Anforderungen an ein GIS gerecht wird. Zusätzlich sind gleichartige Genauigkeitsstandards zu erreichen [MINISTERIUM FÜR INNERES, SPORT UND INTEGRATION: 1178]. Diese Forderungen werden im Zukunftskonzept mit dem Zieljahr 2025 wiederholt. Ein weiteres Aufgabengebiet neben der Qualitätsverbesserung ist die Berichtigung der Flächenangabe, welche auch gegebenenfalls nach einer Qualitätsverbesserung durchzuführen ist. Flächenberechnungen sind gemäß LiegVermErlass grundsätzlich aus Koordinaten der nummerierten Grenzpunkte durchzuführen. Falls diese aus dem Katasterzahlenwerk nicht mit einer Mindestgenauigkeit (DH 1400/ VW 1300) berechenbar sind, kann die Fläche aus der Liegenschaftskarte ermittelt werden. Vor Übernahme der neu berechneten Fläche ist diese mit der vorliegenden amtlichen Fläche zu vergleichen und erst als neue amtliche Fläche einzuführen, wenn die Abweichung die Grenzwerte überschreitet [MINISTERIUM FÜR INNERES UND SPORT 2015: Anlage 9]. Diese Änderung stellt einen Verwaltungsakt dar und ist den Beteiligten bekannt zu geben. Bei mehr als zehn Beteiligten können Eintragungen mit einer Frist von einem Monat offen gelegt werden. Hierfür sind betroffene Liegenschaften sowie der Ort der Auslegung ortsüblich bekannt zu geben, an dem der veränderte Nachweis zur Einsicht ausgelegt wird [NVERMG VOM 12.12.2002].

Wo ein Grundstück liegt und welche Fläche die Grenzen umschließen, ist dem Reichsgerichtsurteil zufolge vom 12.02.1910 unwesentlich, da das Grundbuch die Flurstücke nach Angabe der Nummer im Flurbuch bezeichnet. Damit wird garantiert, dass das Flurstück den Rechtsverhältnissen unterliegt, die Größe jedoch zu den beschreibenden Angaben gehört [REICHSGERICHT 1910: 10+13].

Eine weitere Möglichkeit, die im Rahmen einer Neu-Digitalisierung auftreten kann, sind Zeichenfehler. Diese sind wie andere unrichtige Angaben zu korrigieren. Hierbei muss jedoch gewährleistet sein, dass an der Richtigkeit der neuen Angabe keine Zweifel bestehen dürfen [NVERMG VOM 12.12.2002]. Diers führt in ihrem Bericht zu Beispielen aus der aktuellen Rechtsprechung aus, dass „richtig‘ hier sicher nicht im streng mathematischen Sinne, sondern als Abwägung der Behörde zu verstehen ist“ [DIERS 2008: 13]. Hinsichtlich der Zeichenfehler wurde 2017 seitens des Bundesgerichtshofes ein Beschluss gefasst, welcher die Berichtigung von Zeichenfehlern, die eine Änderung der Flurstücksgröße zur Folge haben, als eine Änderung tatsächlicher Art ansieht. Da dies keine Rechtsänderung bewirkt und in Grundbuch und Liegenschaftskataster übereinstimmende Angaben stehen müssen, ist demzufolge auch die Angabe im Grundbuch zu ändern. Der Bundesgerichtshof sieht in dem Vermessungszahlenwerk das „Basismaterial“ für die Liegenschaftskarte, die als „Präsentationsebene“ betrachtet wird. So darf die Aufgabenwahrnehmung der Vermessungsbehörden, die Grundstücksgrenzen möglichst exakt darzustellen und zu sichern, nicht durch das Grundbuchamt blockiert werden [BUNDESGERICHTSHOF 2017: 10-18].

## **5.2 Handlungsempfehlung**

Bevor die Entscheidung getroffen wird, die Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik in einem Gebiet mittels der Neu-Digitalisierung von Rahmen-, Amts- oder Inselflurkarten durchzuführen, muss im Vorwege untersucht werden, ob dieses Verfahren für das jeweilige Gebiet geeignet ist. Dies unterliegt mehreren Einflussfaktoren, von denen das Verfahren abhängig ist. Ein möglicher Ablauf zur Durchführung des Konzeptes wird im Folgenden vorgestellt:

1. Auswahl des Gebietes:
  - a. In Gebieten mit Abweichungen  $<1$  m und mit weitreichend hergestellter Identität zwischen Objektkoordinaten und Liegenschaftsgrafik ist eine Neu-Digitalisierung nicht sinnvoll. Dies betrifft meist Orts- und Ortsrandlagen.
  - b. In Gebieten mit einer großen Anzahl von unkoordinierten Objektpunkten und großen Abweichungen kann eine Neu-Digitalisierung eine signifikante Verbesserung bewirken. Dies ist meist in Feldlagen der Fall, wo Grundsteuervermessungen noch maßgebend sind.
  - c. In gemischten Gebieten mit teilweise vorhandener Grundsteuervermessung ist eine Anwendung dieses Verfahrens ebenfalls unpraktikabel.
2. Vorbereitung der Vermessungsunterlagen
  - a. Digitalisiergrundlage (digitale Amts- oder Inselflurkarte) des Gebietes heraussuchen, auf Unterschiede prüfen
  - b. Vermessungs- und Fortführungsrisse bereithalten
3. Untersuchungen der Passpunktgrundlage
  - a. Anzahl der koordinierten Polygon-, Vermessungs- und Grenzpunkte evaluieren
  - b. Passpunktverteilung beachten
4. Auswahl der Karte
  - a. Amtsflurkarten bieten nur eine geringe Anzahl von Passpunkten in Feldlagen, sind dafür aber resistenter gegenüber Zeichenfehlern.
  - b. Inselflurkarten können Abweichungen zu Amtsflurkarten und dem Katasterzahlenwerk aufweisen, bieten aber aufgrund der größeren Anzahl von möglichen Passpunkten eine bessere Digitalisiergrundlage.
  - c. Rahmenkarten sind nicht flächendeckend verfügbar, anfällig gegenüber Zeichen- oder Generalisierungsfehlern, bieten dafür jedoch den höchsten Grad an Aktualität.

5. Verbesserung der Passpunktgrundlage (gegebenenfalls)
  - a. durch rechnerische Passpunktverdichtung
  - b. durch Berechnung alter Polygonpunkte
  - c. durch Vermessungen im Außendienst
  
6. Prozess der Digitalisierung
  - a. Laden der Karte als Raster-Layer ins EQK-Projekt
  - b. Georeferenzierung über Passpunkte
    - i. Polygonpunkte
    - ii. Aufnahmepunkte
    - iii. Grenzpunkte
    - iv. ggf. gemessene Passpunkte
    - v. ggf. Passpunkte über das Orthofoto (Grabenschnitte)
  - c. Wahl der Transformationsart (Affin-Transformation)
  - d. Löschen der Ausreißer-Links mit hohen RMS-Fehlern
  - e. Speichern der Transformationsinformationen zur späteren Weiterverwendung
  - f. Digitalisieren der Grenzen in einem neuen Vektor-Layer
  
7. Prüfung auf mögliche Zeichen- oder Digitalisierfehler
  - a. Berechnung der zweifelhaften Grenzen
  - b. Geometrieverbesserung

---
  
8. Randbearbeitung – Herstellung von Homogenität
  - a. Ränder zu Nachbarkarten (Teilfluren)
  - b. Ränder zu weiteren Bestandsdaten in Nachbarfluren
  
9. Mitführen anderer Themen, beispielsweise
  - a. Bodenschätzung
  - b. TN
  - c. Schutzgebiete
  
10. Prüfung der Fortführungsdaten und Einpflegen in die Datenbank

Da diese Arbeit vorrangig untersuchen sollte, ob eine Neu-Digitalisierung für die Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik in Gebieten mit einer unzureichenden Passpunktgrundlage grundsätzlich in Betracht gezogen werden kann, sind für die technische Realisierung und Umsetzung der Schritte 8 bis 10 weitere Untersuchungen notwendig. Ebenso muss eine Evaluierung stattfinden, ob die digitalisierten Grenzpunkte Punktnummern bekommen und wie sie auch für den Nutzer mit der entsprechenden Genauigkeit kenntlich gemacht werden, um Rechtsstreitigkeiten (vgl. Kapitel 5.1) zu vermeiden.



## 6 Fazit

Die in dieser Bachelorarbeit untersuchte Methode von einer Neu-Digitalisierung ist eine in Betracht zu ziehende Möglichkeit, um eine Verbesserung der Genauigkeit der Liegenschaftsgrafik herbeizuführen. Eine flächenhafte Vorgehensweise ist möglich, aber abhängig von dem jeweiligen Gebiet, da der Einsatz dieses Verfahrens ebenso wie die Homogenisierung nicht für jedes Gebiet sinnvoll und geeignet ist.

Von großem Vorteil ist die Zeitersparnis, die sich mit diesem Verfahren zur Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik erreichen lässt. Die Dimension der Zeitersparnis ist vor allem abhängig von der Fläche des Gebietes, der benutzten Karte, der benötigten Vorbereitung für die Passpunktverdichtung und der noch anfallenden Nachbearbeitung an den Rändern sowie der Übernahme. Dabei ist zu beachten, dass die für die Georeferenzierung nötigen Passpunkte in ausreichender Anzahl vorhanden sind und vor allem mit hinreichender Güte verteilt sind, um eine Verbesserung der Liegenschaftsgrafik erreichen zu können, die den zeitlichen Einsatz dafür rechtfertigt. Berechnungen oder Vermessungen im Außendienst sind eine sinnvolle Ergänzung und sollten das Verfahren der Neu-Digitalisierung unterstützen. Passpunkte über Luftbilder und dementsprechend alte Grenzeinrichtungen sind ebenfalls denkbar, bieten jedoch nicht die gleiche erreichbare Genauigkeit.

Das in dem fachlichen Zukunftskonzept des LGLN formulierte Ziel, Lösungen zur Schaffung eines widerspruchsfreien Katasters zu entwickeln, deckt sich nicht mit der Genauigkeit, die sich mit der Neu-Digitalisierung erreichen lässt. Diese kann in bestimmten Gebieten aber zu einer signifikanten Verbesserung führen.

Gleichzeitig birgt dieses Verfahren auch negative Aspekte, die sich unterschiedlich auswirken und die Qualitätsverbesserung der Liegenschaftsgrafik stark einschränken können.

Problematisch ist, wie bei dem Verfahren der Homogenisierung, dass es Gebiete gibt, die bereits koordiniert sind und die Karte in einem heterogenen Zustand vorliegt. Dies ist zumeist mit bereits durchgeführten Fortführungen in dem Gebiet oder mit Aufnahmeverfahren unterschiedlicher Qualität begründet. Wie mit den

betroffenen Bereichen unter Berücksichtigung des Prinzips der Nachbarschaft zu verfahren ist, wird eine weitere Aufgabe darstellen.

Die Heterogenität der Liegenschaftsgrafik wird nach der Digitalisierung sehr deutlich an den Rändern der digitalisierten Karten erkennbar, sodass eine manuelle Nachbearbeitung notwendig ist. Vermessungen oder sogar Berechnungen, sofern diese möglich sind und eine Genauigkeit garantieren, die eine Verbesserung der Genauigkeit erwarten lassen, bieten eine Möglichkeit, speziell in diesen Bereichen die Homogenität zwischen Digitalisierungen von Teilfluren untereinander, aber auch zu den Bestandsdaten, herzustellen.

Die Anwendung auf einen Teilbereich der Karte ist eine zusätzliche Alternative, begünstigt jedoch auf der anderen Seite die Inhomogenität der Geoinformationen.

Welche Karten für eine Neu-Digitalisierung die beste Grundlage bieten, lässt sich abschließend nicht verallgemeinernd sagen, dies sollte anhand der Kartengrundlage, der regionalen Gegebenheiten, speziell der Passpunkt- und Datengrundlage, und der Größe des Gebietes entschieden werden.

Trotz der Zeitersparnis und der Möglichkeit der Kombination mit anderen Methoden, wie der Berechnung und der Vermessung im Außendienst, ist eine Verbesserung der Liegenschaftsgrafik nur in Regionen erreichbar, in denen die Abweichungen zwischen Objektpunktkoordinaten und der Liegenschaftsgrafik mehrere Meter betragen und die Lage und Verteilung der Passpunkte keine Homogenisierung zulassen. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, Zeichenfehler zu korrigieren und Digitalisierfehler zu vermeiden.

Die erreichbare Verbesserung stellt ebenso wie die Homogenisierung einen weiteren Zwischenschritt zu dem absolut genauen Liegenschaftskataster dar, kann bei guter Passpunktgrundlage auch die Lagegenauigkeit von  $<0,5$  m erreichen. Ein widerspruchsfreies Liegenschaftskataster und demnach eine einwandfreie Liegenschaftsgrafik lässt sich weiterhin nur durch Berechnungen und Neuaufstellung in Kombination mit Vermessungen im Außendienst erreichen.

## Literaturverzeichnis

ADV (2008): GeoInfoDok. ALKIS-Objektartenkatalog. Version 6.0. München.

Abrufbar unter: <http://www.adv-online.de/AAA-Modell/Dokumente-der-GeoInfoDok/broker.jsp?uMen=4ad505ea-127b-b941-2df2-65a572e13d63>  
(letzter Abruf: 11.01.2019).

ADV (2009): GeoInfoDok. Hauptdokument. Version 6.0.1. München. Abrufbar

unter: <http://www.adv-online.de/AAA-Modell/Dokumente-der-GeoInfoDok/binarywriterservlet?imgUid=42b23fd2-1153-911a-3b21-718a438ad1b2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> (letzter Abruf: 10.01.2019).

ADV (2018<sup>3</sup>): Produkt- und Qualitätsstandard für Digitale Orthofotos. Abrufbar

unter: <http://www.adv-online.de/Startseite/binarywriterservlet?imgUid=86770dc0-9a66-2261-b5f8-d14201fa2e0c&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> (letzter Abruf: 07.01.2019).

ADV-ONLINE (2018a): AFIS-ALKIS-ATKIS-Modell. Abrufbar unter:

<http://www.adv-online.de/AAA-Modell/> (letzter Abruf: 27.12.2018).

ADV-ONLINE (2018b): Liegenschaftskataster. Das Liegenschaftskataster - die

Bedeutung. Abrufbar unter: <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/> (letzter Abruf: 28.12.2018).

BEINEKE, D. (2000): Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten. Disser-

tation. München. Abrufbar unter: <https://docplayer.org/82394000-Verfahren-zur-genauigkeitsanalyse-fuer-altkarten.html> (letzter Abruf: 07.01.2019).

BERNSTEIN, G. (2005): Untersuchung der Möglichkeiten von Lageverbesser-

ungen in der ALK mit dem Programm Systra. Northeim. Abrufbar unter: [internes Dokument] (letzter Abruf: 14.01.2019).

BRAND, K. (Hrsg.) (2012): ArcGIS 10.1 und 10.0. Das deutschsprachige Hand-

buch für ArcGIS for Desktop Basic & Standard (ehemals ArcView und ArcEditor); [gültig für Version 10.2]. (Wichmann) Berlin.

- BUNDESGERICHTSHOF (2017): Berichtigung eines Zeichenfehlers in der Flurkarte des Liegenschaftskatasters. Abrufbar unter: [https://www.jurion.de/urteile/bgh/2017-07-20/v-zb-47\\_16/](https://www.jurion.de/urteile/bgh/2017-07-20/v-zb-47_16/) (letzter Abruf: 13.01.2019).
- CASPARY, W. u. K. Wichmann (2007): Auswertung von Messdaten. Statistische Methoden für Geo- und Ingenieurwissenschaften. (Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH) München. Abrufbar unter: [http://www.degruyter.com/search?f\\_0=isbnissn&q\\_0=9783486844184&searchTitles=true](http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783486844184&searchTitles=true).
- DIERS, A. (2008): Fehlerberichtigung von Angaben des amtlichen Vermessungswesens. Beispiele aus der aktuellen Rechtsprechung. In: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 58 H. 1. S. 11–14. Abrufbar unter: [https://www.lgln.niedersachsen.de/download/80429/NaVKV\\_2008\\_1.pdf](https://www.lgln.niedersachsen.de/download/80429/NaVKV_2008_1.pdf) (letzter Abruf: 13.01.2019).
- ESRI (2016a): Grundlagen für die Georeferenzierung eines Raster-Datasets. Abrufbar unter: <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/fundamentals-for-georeferencing-a-raster-dataset.htm> (letzter Abruf: 05.01.2019).
- ESRI (2016b): Transformation für räumliche Anpassung. Abrufbar unter: <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/manage-data/editing-existing-features/about-spatial-adjustment-transformations.htm> (letzter Abruf: 05.01.2019).
- EUROPÄISCHE UNION (2007): Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). Abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002&from=DE> (letzter Abruf: 22.12.2018).
- Gesetz zur Verbesserung des Onlinezugangs zu Verwaltungsdienstleistungen. OZG (2017). Abrufbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ozg/>.
- GÖBEL, H.-P. (1992): Digitalisierung zur Einrichtung der ALK-Grundrißdatei. In: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 42 H. 2. 71-48. Abrufbar unter: [https://www.lgln.niedersachsen.de/download/97131/NaVKV\\_1992\\_2.pdf](https://www.lgln.niedersachsen.de/download/97131/NaVKV_1992_2.pdf).

- GRIT - BERATUNGSGESELLSCHAFT MBH (2015): 3A Editor Professional HOMAGE 6.4. Handbuch. Werne (letzter Abruf: 14.01.2019).
- Grundbuchordnung. GBO. Abrufbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/gbo/BJNR001390897.html> (letzter Abruf: 08.01.2019).
- KERTSCHER, K. u. S. Liebig (2012): Meilensteine im Liegenschaftskataster in Niedersachsen. In: zfv 137 H. 5. S. 306–312. Abrufbar unter: <https://geodae-sie.info/zfv/zfv-52012/939> (letzter Abruf: 12.01.2019).
- KRESSNER, L. (2009): Digitale Analyse der Genauigkeit sowie der Erfassungs- und Darstellungsqualität von Altkarten aus Mecklenburg Vorpommern - dargestellt an den Kartenwerken von Wiebeking (ca. 1786) und Schmettau (ca. 1788). Dissertation. (Universität) Rostock. Abrufbar unter: <http://rosdok.uni-rostock.de/resolve?urn=urn:nbn:de:gbv:28-diss2009-0183-3> (letzter Abruf: 02.01.2019).
- LANGE, N. D. (2013<sup>3</sup>): Geoinformatik. In Theorie und Praxis. (Springer) Berlin, Heidelberg. Abrufbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34807-5>.
- LGLN (2017a): Anzahl der Grenzpunkte. Identität zwischen Liegenschaftsgrafik und gerechneten Punktorten. Hannover. Abrufbar unter: [internes Dokument] (letzter Abruf: 05.01.2019).
- LGLN (2017b): Fachliches Zukunftskonzept der Vermessungs- und Katasterverwaltung. Zieljahr 2025. Hannover. Abrufbar unter: [internes Dokument] (letzter Abruf: 08.01.2019).
- LGLN (2018a): AFIS-ALKIS-ATKIS. Abrufbar unter: [http://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/onlineangebote\\_services/service/afisalkisatkis/afis-alkis-atkis-projekt-51709.html](http://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/onlineangebote_services/service/afisalkisatkis/afis-alkis-atkis-projekt-51709.html) (letzter Abruf: 08.01.2019).
- LGLN (2018b): Projektgruppe Entwicklung neuer Lösungsansätze zur Verbesserung der geometrischen Genauigkeit der Liegenschaftsgrafik. Vorstellung Projektbericht. Hannover. Abrufbar unter: [internes Dokument] (letzter Abruf: 08.01.2019).
- LGLN (2018c): Zielvereinbarung 2018 zwischen dem LGLN und der RD OL-CLP für Aufgaben der VKV. Hannover. Abrufbar unter: [internes Dokument] (letzter Abruf: 08.01.2019).

- LGLN (2019a): ALKIS Viewer (letzter Abruf: 04.01.2019).
- LGLN (2019b): FODIS (letzter Abruf: 04.01.2019).
- LUHMANN, T. (2010<sup>3</sup>): Nahbereichsphotogrammetrie. Grundlagen, Methoden und Anwendungen. (Wichmann VDE-Verlag) Berlin.
- MERK, M. (2017): Landkarten scannen und georeferenzieren. für die Verwendung in GPS-Navigationsprogrammen. Abrufbar unter: [https://www.merkartor.de/tipps\\_wissen/tipps\\_wissen.php](https://www.merkartor.de/tipps_wissen/tipps_wissen.php) (letzter Abruf: 05.01.2019).
- MINISTERIUM FÜR INNERES UND SPORT (2015): Erhebung von Geobasisdaten durch Liegenschaftsvermessungen. LiegVermErl. Abrufbar unter: <http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=VVND-211600-MI-20150518-SF&psml=bsvorisprod.psml&max=true> (letzter Abruf: 05.01.2019).
- MINISTERIUM FÜR INNERES, SPORT UND INTEGRATION: Genauigkeitsverbesserung der Liegenschaftskarte. RdErl. d. MI v. 10. 11. 2008 - 34-23422/14 (letzter Abruf: 22.12.2018).
- MUMMENTHEY, R.-D. (2015): Anwendungsbezogene ArcGIS-Geoverarbeitung. ArcGIS for Desktop - Basic 10 / Rolf-Dieter Mumenthey ; Band 2. (Wichmann) Berlin, Offenbach.
- Niedersächsisches Gesetz über das amtliche Vermessungswesen. NVerMG. Abrufbar unter: <http://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=VermG+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true&aiz=true> (letzter Abruf: 08.01.2019).
- NIEMEIER, W. (2008): Ausgleichsrechnung. Statistische Auswertemethoden. De Gruyter Lehrbuch. (De Gruyter) Berlin. Abrufbar unter: <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=3044705>.
- REICHSGERICHT (1910): Entscheidung des Reichsgerichts in Zivilsachen. S. 1–5. Abrufbar unter: <https://research.wolterskluwer-online.de/#/document/b92d78f4-aded-4106-9275-2456f14f6f4e> (letzter Abruf: 13.01.2019).
- RESNIK, B. u. R. Bill (20093): Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich. (Wichmann) Heidelberg u.a.

- SCHULTE, B. (1992): Der Verfahrensablauf zur Einrichtung der ALK. In: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 42 H. 2. S. 63–70. Abrufbar unter: [https://www.lgln.niedersachsen.de/download/97131/NaVKV\\_1992\\_2.pdf](https://www.lgln.niedersachsen.de/download/97131/NaVKV_1992_2.pdf) (letzter Abruf: 27.12.2018).
- SELLGE, H. (1991): Digitale Karte - ALK (Stand und Planungen). In: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 41 H. 1. S. 19–29. Abrufbar unter: [https://www.lgln.niedersachsen.de/download/93448/NaVKV\\_1991\\_1.pdf](https://www.lgln.niedersachsen.de/download/93448/NaVKV_1991_1.pdf) (letzter Abruf: 12.01.2019).
- STAATSMINISTERIUM DES INNEREN FREISTAAT SACHSEN (2010): Verbesserung der geometrischen Qualität der Liegenschaftskarte. Projektbericht. Abrufbar unter: [http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/lika/download/Pb-Q-LiKa-SN\\_2010.pdf](http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/lika/download/Pb-Q-LiKa-SN_2010.pdf) (letzter Abruf: 10.01.2019).
- STENNERT, W. (1991): Vorbereitende Arbeiten für die digitale Liegenschaftskarte. In: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 41 H. 1. S. 30–34. Abrufbar unter: [https://www.lgln.niedersachsen.de/download/93448/NaVKV\\_1991\\_1.pdf](https://www.lgln.niedersachsen.de/download/93448/NaVKV_1991_1.pdf) (letzter Abruf: 12.01.2019).
- TAUBENRAUCH, H. (2013): Die Flurkarten der Oldenburgischen Grundsteuer-  
vermessung. Cloppenburg. Abrufbar unter: [internes Dokument] (letzter Abruf: 10.01.2019).
- TECHNET (2006): Programmsystem Systra Release 5. Kapitel 7. Berlin. Abrufbar unter: [https://www.technet-gmbh.com/fileadmin/user\\_upload/technet/Produktinformationen/Systra/Systra\\_5.40\\_Handbuch.zip](https://www.technet-gmbh.com/fileadmin/user_upload/technet/Produktinformationen/Systra/Systra_5.40_Handbuch.zip) (letzter Abruf: 14.01.2019).
- TEGELER, W. (1991): Das Lagebezugssystem für die 1:1-digitalisierte Liegenschaftskarte (ALK/1). In: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 41 H. 1. S. 35–39. Abrufbar unter: [https://www.lgln.niedersachsen.de/download/93448/NaVKV\\_1991\\_1.pdf](https://www.lgln.niedersachsen.de/download/93448/NaVKV_1991_1.pdf) (letzter Abruf: 12.01.2019).
- TOPO GRAPHICS GEOINFORMATIONSSYSTEME GMBH: Systra for GIS. Abrufbar unter: <https://www.topographics.de/gis-loesungen/systra-for-arcgis/> (letzter Abruf: 03.01.2019).

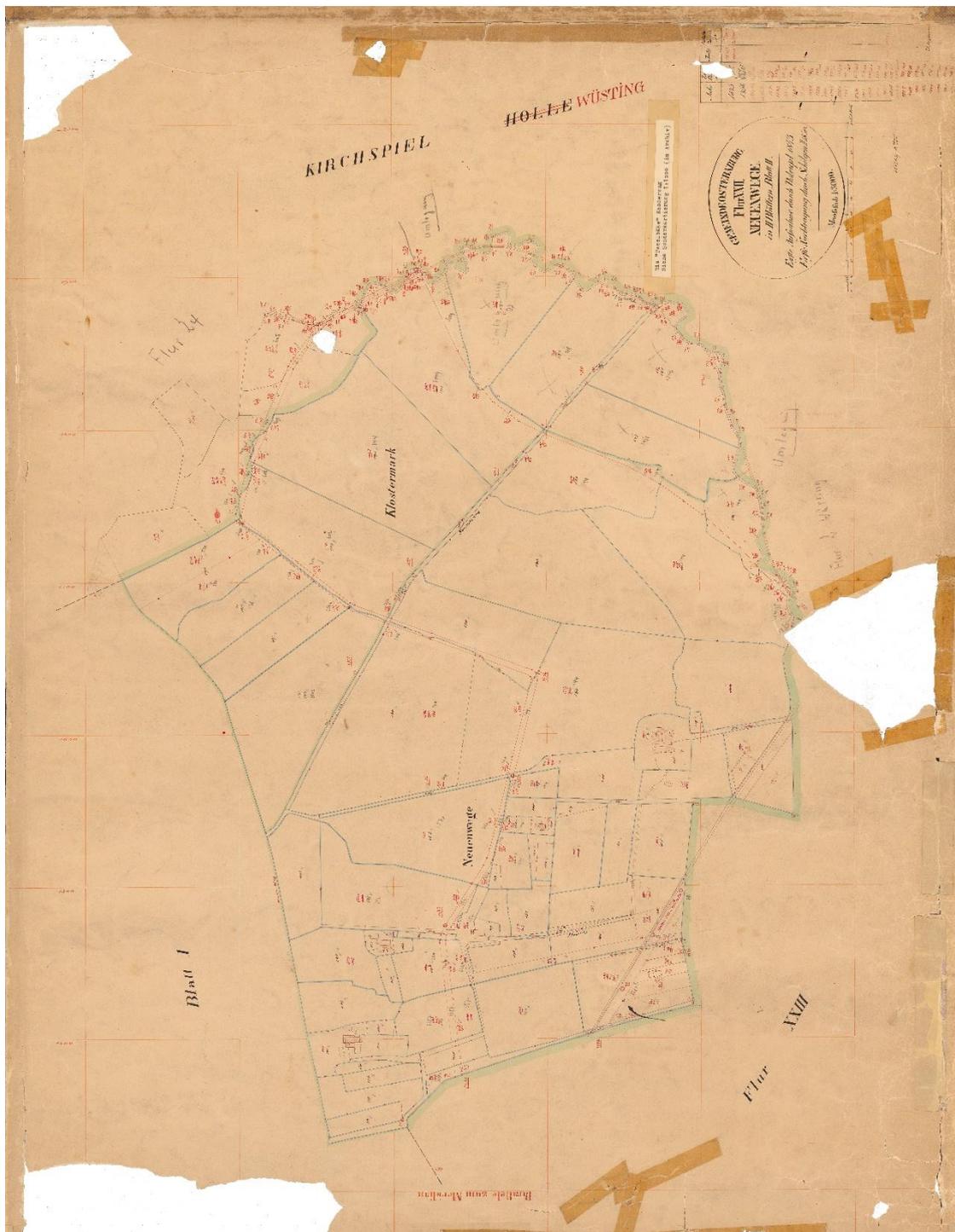
VKV (2010): AAA-Schulungsunterlagen. Modul 6.2 Integrierte Punkt- und Grundrissbearbeitung (IPG). Hannover. Abrufbar unter: [internes Dokument] (letzter Abruf: 13.01.2019).

WILLGALIS, S. u. H.-P. Göbel (2011): Umsetzung der europäischen INSPIRE-Richtlinie in Landesrecht. In: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 61 H. 1. S. 12–17. Abrufbar unter: [https://www.lgln.niedersachsen.de/download/80439/NaVKV\\_2011\\_1.pdf](https://www.lgln.niedersachsen.de/download/80439/NaVKV_2011_1.pdf) (letzter Abruf: 22.12.2018).

## **Anhang**

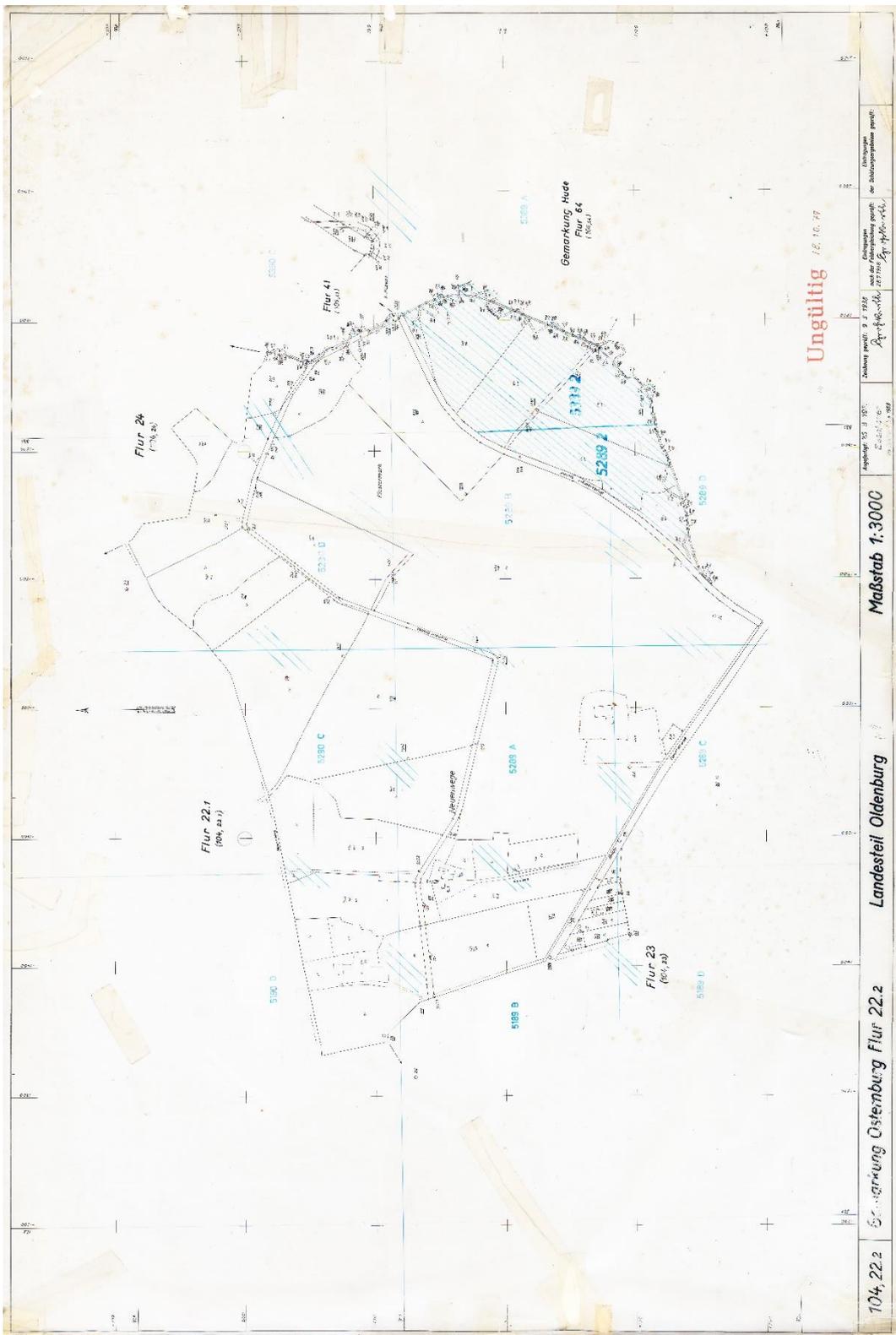
<b>Anhang A: Amtsflurkarte Osterburg .....</b>	<b>70</b>
<b>Anhang B: Inselflurkarte Osterburg .....</b>	<b>71</b>
<b>Anhang C: Rahmenkarte 5190 D.....</b>	<b>72</b>
<b>Anhang D: Vermessungsriß Osterburg.....</b>	<b>73</b>
<b>Anhang E: Amtsflurkarte des Untersuchungsgebietes .....</b>	<b>74</b>

# Anhang A: Amtsflurkarte Osternburg



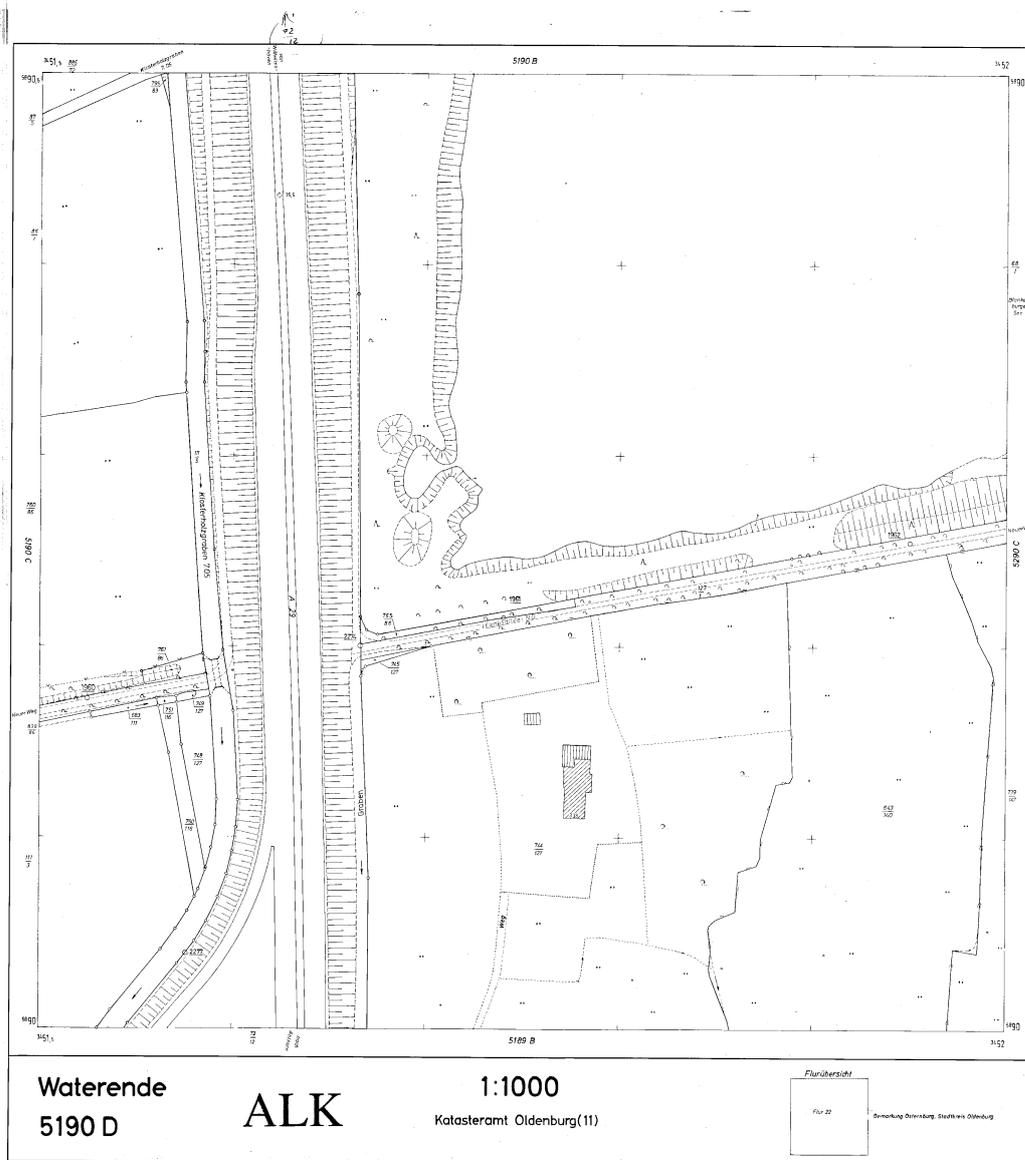
Amtsflurkarte der Gemarkung Osternburg, Flur 22 [LGLN 2019b]

# Anhang B: Inselflurkarte Osternburg



Inselflurkarte der Gemarkung Osternburg, Flur 22 [LGLN 2019b]

# Anhang C: Rahmenkarte 5190 D



Rahmenkarte 5190 D [LGLN 2019b]



# Anhang E: Amtsflurkarte des Untersuchungsgebietes



Amtsflurkarte der Gemarkung Abbhausen, Flur 1 [LGLN 2019b]

# Erklärung



## Fachbereich Bauwesen Geoinformation Gesundheitstechnologie

Name:	Soltau	Vorname:	Thorben Christian
Matrikel-Nr.:	6011563	Studien- gang:	Bachelor of Science Angewandte Geodäsie

Erklärung gemäß § 21 (5) Allgemeiner Teil (Teil A) der Prüfungsordnung für die Bachelor-Studiengänge (BPO) an der Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth in der Fassung der Bekanntmachung vom 08. Dezember 2004 (Verkündungsblatt Nummer 37/2004), zuletzt geändert durch Präsidiumsbeschluss (Verkündungsblatt Nummer 34/2013 vom 21. Februar 2013)

Die Bachelor- Arbeit ist eine Einzelarbeit.

Hiermit erkläre ich, Thorben Christian Soltau, die vorliegende Bachelor-Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Oldenburg, 21.01.2019

Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift