



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Landschaftswissenschaften und Geomatik

Master – Studiengang Geodäsie und Geoinformatik

„Katastererneuerung anhand zweier Projekte unter Anwendung der Ausgleichsrechnung“

Masterarbeit

vorgelegt von: *Gregor Gerstenberger-Zange*

Zum Erlangen des akademischen Grades

„Master of Engineering“ (M.Eng.)

Betreuer: Prof. Dipl.-Ing. Rolf-Werner Rebenstorf

M.Eng. Uwe Köster

eingereicht am: 18. Februar 2019

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2018-0851-5

Kurzfassung

Gemäß §32 Absatz 3 GeoVermG M-V ist das Liegenschaftskataster zu erneuern, wenn es nicht mehr geeignet ist, als amtliches Verzeichnis nach der Grundbuchordnung zu dienen oder wenn es den Anforderungen an ein Geobasisinformationssystem nicht entspricht. D.h., wenn insbesondere das Katasterzahlenwerk gebietsweise mangelhaft und widersprüchlich ist und die Grenzpunkte keinen geodätischen Raumbezug haben. In diesen Gebieten empfiehlt sich die vermessungstechnische Erneuerung des Liegenschaftskatasters. Das Katasterzahlenwerk ist gemäß SatLiVermVV M-V vom 26. Februar 2008 an das amtliche Lagebezugssystem entsprechend dem Lagebezugssystemerlass vom 17. Mai 2017 (ABI.M-V, S.438) anzuschließen.

Nach Nr. 2.5 „Durchführung geometrieverbessernder Maßnahmen im Liegenschaftskataster“ der Verwaltungsvorschrift über Prioritäten im Liegenschaftskataster Mecklenburg-Vorpommern (LiKatVV M-V) vom 12. Januar 2016 sind die unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörden in ihren Entscheidungsbefugnissen frei.

Zwischen dem Land Mecklenburg-Vorpommern, vertreten durch das Landesamt für innere Verwaltung – Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen – und dem ÖbVI M. wurden zwei Werkverträge zur Verbesserung des Geobasisinformationssystems Liegenschaftskataster durch Aufbereitung des Katasterzahlenwerks in einer QL-Datenbank abgeschlossen.

Es sind die Projekte Eisenbahntrasse „Angermünde – Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk) (langgestrecktes Objekt) und das Bodenreformgebiet „Damerow“ (flächenhaftes Objekt) zu analysieren. Danach ist eine Qualitätsanalyse der eingegebenen Katasterzahlen für die beiden Projekte unter der Verwendung des Programmsystems Systra durchzuführen. Die Ergebnisse dieser Qualitätsanalyse sind für beide Projekte zu bewerten und unter der Beachtung der QL-Erfassungshinweise für die QL-Datenbank bereitzustellen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Master-Arbeit ohne Hilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die aus den Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Neubrandenburg, den 18. Februar 2019

Unterschrift

Danksagungen

Zunächst möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Entstehung dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Ganz besonderen Dank gilt meinen Betreuern Herrn Prof. Dipl.-Ing. Rolf-Werner Rebenstorf und Herrn M. Eng. Uwe Köster, die mich nicht nur betreut, sondern auch mit hilfreichen Ratschlägen bzw. Hinweisen zur Seite gestanden haben.

Daneben möchte ich mich bei dem Öffentlich bestellten Vermessungsingenieur M. für das entgegengebrachte Vertrauen und der Bereitstellung der Hard- und Software bedanken.

Weiter möchte ich mich auch bedanken bei meinen Kommilitonen, die mich während meines Studiums begleitet und auch unterstützt haben.

Außerdem gilt meiner Familie und meiner Verlobten ganz besonderer Dank, die mir nicht nur während der Anfertigung der Masterarbeit, sondern über den gesamten Verlauf des Studiums die Kraft gegeben haben, dieses zu bewältigen.

Vielen Dank

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Eidesstattliche Erklärung	II
Danksagungen	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1. Geschichtliche Entwicklung der Einrichtung, Fortschreibung und Erneuerung des Grund- und Gebäudesteuernkatasters in den östlichen Provinzen des Königreichs Preußen	1
1.1 <i>Preußisches Grund- und Gebäudesteuernkataster sowie Eigentumskataster</i>	1
1.2 <i>Vom Grund- und Gebäudesteuernkataster zum Reichskataster</i>	4
1.3 <i>Zur Bodenreform in der sowjetischen Besatzungszone</i>	4
1.4 <i>Zur Entwicklung des Liegenschaftswesens in der DDR</i>	6
1.5 <i>Zur Entwicklung des Liegenschaftskatasters im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern</i>	9
2. Geobasisinformationssystem Liegenschaftskataster	11
2.1 <i>Grundlagen des Liegenschaftskatasters</i>	11
2.1.1 Zweck des Liegenschaftskatasters (§23 Absatz 1 und 2 GeoVermG M-V)	11
2.1.2 Inhalt des Liegenschaftskatasters (§22 GeoVermG M-V).....	12
2.1.3 Wozu dienen Liegenschaftsvermessungen?	13
2.1.4 Zuständigkeiten im amtlichen Vermessungswesen (§5 Absatz 2 GeoVermG M-V)	13
2.1.5 Automationsverfahren im Liegenschaftskataster	14
2.1.5.1 Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB).....	14
2.1.5.2 Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK)	14
2.2 <i>AAA-Modell</i>	19
2.2.1 Amtliches Festpunkt-Informationssystem (AFIS®).....	20
2.2.2 Amtliches Topografisch-Kartografisches-Informationssystem (ATKIS®)	21
2.2.3 Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®)	21
2.3 <i>Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster</i>	25
3. Ausgleichsrechnung	28
3.1 <i>Grundlagen der Ausgleich</i>	28
3.2 <i>Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen</i>	29
3.2.1 Funktionales Modell.....	29
3.2.2 Stochastisches Modell	33
3.2.3 Ausgleichsalgorithmus.....	35
3.3 <i>Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen</i>	37

3.4	<i>Allgemeinfall der Ausgleichsrechnung</i>	40
3.5	<i>Qualitätsbeurteilung/-maße</i>	44
3.5.1	Genauigkeit.....	44
3.5.1.1	Globale Genauigkeit.....	44
3.5.1.2	Lokale Genauigkeitsmaße.....	46
3.5.2	Zuverlässigkeit.....	48
3.5.2.1	Innere Zuverlässigkeit.....	52
3.5.2.2	Äußere Zuverlässigkeit.....	54
3.6	<i>Methoden der Netzausgleichung</i>	55
3.7	<i>Ausgleichung im Liegenschaftskataster</i>	58
4.	Programmsystem Systra	61
4.1	<i>Hintergrund</i>	61
4.2	<i>Komponenten zur Realisierung</i>	61
4.2.1	SystraShell	61
4.2.2	Sysged.....	64
4.2.3	Systra-Berechnung (Analyse).....	65
4.2.4	Sysplan.....	66
5.	Projekte	67
5.1	<i>Geschichtlicher Hintergrund</i>	67
5.1.1	Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“	67
5.1.2	Bodenreform.....	70
5.1.2.1	Allgemeines.....	70
5.1.2.2	Vermessungen für die Bodenreform.....	74
5.2	<i>Geografische Lage der Projekte</i>	77
5.2.1	Zur Lage und Entwicklung der Stadt Pasewalk	78
5.2.2	Zur Lage und Entwicklung des Bodenreformgebiets „Damerow“	79
5.3	<i>Bereitgestellte Vermessungsunterlagen durch die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde des Landkreises Vorpommern-Greifswald in Pasewalk</i>	81
5.4	<i>Vorbereitung der örtlichen Vermessungsarbeiten / Sichtung und Würdigung der Vermessungsunterlagen</i>	82
5.4.1	Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk).....	83
5.4.2	Bodenreformgebiet „Damerow“	90
5.5	<i>Ausgleichung mit dem Programmsystem Systra</i>	98
5.5.1	Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk).....	101
5.5.2	Bodenreformgebiet „Damerow“	108
5.6	<i>Aufsuchen der Grenzpunkte in der Örtlichkeit</i>	114
5.6.1	Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk).....	116
5.6.2	Bodenreformgebiet „Damerow“	120
5.7	<i>Erfassung der Katasterzahlen nach den neuen QL-Erfassungshinweisen M-V</i>	124
5.8	<i>Auswertung der Ergebnisse des vermessungstechnischen Innen- und Außendienstes</i>	129
5.8.1	Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk).....	137

5.8.2	Bodenreformgebiet „Damerow“	146
6.	Zusammenfassung	155
7.	Literaturverzeichnis	160
8.	Abbildungsverzeichnis	163
9.	Tabellenverzeichnis	167
10.	Formelverzeichnis	168

1. Geschichtliche Entwicklung der Einrichtung, Fortschreibung und Erneuerung des Grund- und Gebäudesteuernkatasters in den östlichen Provinzen des Königreichs Preußen

1.1 Preußisches Grund- und Gebäudesteuernkataster sowie Eigentumskataster

Da die beiden Projekte im ehemaligen preußischen Gebiet Vorpommern liegen, wird die geschichtliche Entwicklung des Grund- und Gebäudesteuernkatasters zunächst auf dieses Gebiet beschränkt.

Aufgrund des Gesetzes, betreffend die anderweite Regelung der Grundsteuer vom 21. Mai 1861 und des Gesetzes, betreffend die Einführung einer allgemeinen Gebäudesteuer vom 21. Mai 1861 sowie des Gesetzes, betreffend die für die Aufhebung der Grundsteuerbefreiungen und Bevorzugungen zu gewährende Entschädigung vom 21. Mai 1861 wurde das Grund- und Gebäudesteuernkataster in den östlichen Provinzen des Königreichs Preußen bis zum 1. Januar 1865 eingerichtet. Als geodätische Arbeiten waren die Herstellung der Gemarkungskarten und die Feststellung des Flächeninhalts der Liegenschaften nach der Verfahrens-Anweisung vom 21. Mai 1861 auszuführen. Die Herstellung der Gemarkungskarten sollte auf dem Wege der Kopierung bereits vorhandener Karten erfolgen. Bei der Kopierung vorhandener Karten war der Maßstab der Originalkarte beizubehalten. Die Kopien der Gemarkungskarten waren durch Nachtragungen der seit der Aufnahme der Originalkarten in der Begrenzung der Kulturarten und weiterer eingetretenen Veränderungen zu vervollständigen. Es handelt sich hier um grafisches Kataster. Aufgrund der Anweisung für das Verfahren bei der Anfertigung der Flurbücher und Mutterrollen für die Gemeinde- und selbstständigen Gutbezirke in den sechs östlichen Provinzen des Königreichs Preußen vom 18. Januar 1864 weist das Flurbuch sämtliche Liegenschaften des Gemeinde- oder selbstständigen Gutbezirks in ihrem natürlichen Zusammenhang und mit Bezeichnung, ihres Flächeninhalts und Reinertrags nach. Die Mutterrolle, die sich auf das Flurbuch bezieht, hat den Zweck, die den einzelnen Grundeigentümern innerhalb desselben Gemeinde- oder selbstständigen Gutbezirks gehörenden Liegenschaften mit Angabe ihres Flächeninhalts und Reinertrags und der danach veranlagten Grundsteuern in besonderen Artikeln genau und übersichtlich zusammenzufassen. Für das Verfahren bei den Vermessungen zum Zwecke der Fortschreibung der Grundsteuerbücher und Karten in den sechs östlichen Provinzen des Königreichs Preußen wurde am 17. Januar 1865 eine (II.) vorläufige Anweisung erlassen. Die

Mit der Allgemeinen Verfügung, betreffend die Vermarkung der Messungspunkte und der Eigentumsgrenzen ... vom 2. Juli 1880 wurde angeordnet, dass die trigonometrischen und polygonometrischen Punkte im Felde dauerhaft vermarkt werden sollen. Diese Vermarkung ist auf alle sogennaten Kreuzungspunkte der speziellen Messungslinien (Kleinpunkte) auszudehnen. Die Vermarkung der Messungspunkte soll mittels senkrecht gestellter Drainrohre erfolgen. Mit der Verfügung, betreffend die Vermarkung der Eigentumsgrenzen vom 11. Dezember 1880 wurde geregelt, dass bei der Ausführung der Fortschreibungsvermessungen und Katasterneumessungen darauf hinzuwirken ist, dass eine gute Vermarkung der Grenzen für den Grundeigentümer von Vorteil ist. Die VIII. Anweisung für das Verfahren bei Erneuerung der Karten und Bücher des Grundsteuerkatasters vom 25. Oktober 1881 wurde die gänzliche oder teilweise Erneuerung der Karten und Bücher des Grundsteuerkatasters eines Gemeinde- und selbstständigen Gutsbezirks geregelt. Gemäß §82 dieser Anweisung „Ausführung der eigentlichen Vermessung“ muss außer der Versicherung der Messungslinien (§80) auch die Aufmessung der Grenzlinien selbst, soweit es irgend erreichbar, noch durch Sicherungsmessungen (§106) festgestellt werden. Nach §92 dieser Anweisung „Die Verlesung der Ergebnisse der Stückvermessung“ sind die Ergebnisse der Stückvermessung den Grundeigentümern durch öffentliche Verlesung mitzuteilen. Zu diesem Zwecks ist ein Verlesungsprotokoll über die Ergebnisse der Stückvermessung anzufertigen. Gemäß §93 dieser Anweisung ist die Richtigkeit des nachgewiesenen Besitzstandes und der Begrenzung von den einzelnen Eigentümern in dem Verlesungsprotokoll durch Namensgegenschrift anzuerkennen. Die IX. Anweisung für die trigonometrischen und polygonometrischen Arbeiten bei der Erneuerung der Karten und Bücher des Grundsteuerkatasters vom 25. Oktober 1881 regelt, dass in der Regel das zur Stückvermessung dienende Netz der speziellen Messungslinien auf ein Polygonnetz und dieses auf ein trigonometrisches Netz zu gründen ist. Die II. Anweisung für das Verfahren bei der Durchführung von Fortschreibungsmessungen vom 21. Februar 1896 regelte unter VII. Messung in Nr. 138, dass für die Aufmessung der Grenzpunkte wirksame Sicherungsmaße beigebracht werden müssen, damit etwaige Unrichtigkeiten nicht unaufgedeckt bleiben. Nach VI. Grenzverhandlung Nr. 109 dieser Anweisung ist zu jeder Messung, die Eigentumsgrenzen betrifft, eine Grenzverhandlung aufzunehmen. Nach Nr. 117 müssen die unmittelbar beteiligten Grundeigentümer, sowie die Grenznachbarn an den Verhandlungen persönlich teilnehmen. Nach Nr. 118 sind vor der Verlesung der Niederschrift die Beteiligten auf die Bedeutung der Grenzverhandlung und ihre verbindliche Kraft (Grenzenerkennung) aufmerksam zu machen. Die Verlesung muss deutlich und anhand der Skizze (Nr. 114 d) geschehen. Die II. Anweisung für das Verfahren bei den

Fortschreibungsvermessungen vom 17. Juni 1920 ist eine Neufassung der II. Anweisung vom 21. Februar 1896 und enthält die Bestimmungen der Ergänzungsvorschriften vom 21. Februar 1913 und berücksichtigt das preußische Wassergesetz vom 7. April 1913. Die II. Anweisung vom 17. Juni 1920 für das Verfahren bei den Fortschreibungsvermessungen wurde in der Fassung vom 1. März 1939 neu herausgegeben.

1.2 Vom Grund- und Gebäudesteuerkataster zum Reichskataster

Mit dem Gesetz über die Neuordnung des Vermessungswesens vom 3. Juli 1934 (Reichsgesetzblatt I S.534) wurde der Begriff Liegenschaftskataster eingeführt.

Aufgrund des §11 des Gesetzes über die Schätzung des Kulturbodens (Bodenschätzungsgesetz - BodSchätzG) vom 16. Oktober 1934 (Reichsgesetzblatt I S.1050) waren die rechtskräftig festgestellten Schätzungsergebnisse in das Liegenschaftskataster zu übernehmen. Diese Übernahme hatte zur Folge, dass die Katasterbücher neu aufgestellt werden mussten. Mit dem Erlass zur Übernahme der Bodenschätzungsergebnisse in das Liegenschaftskataster (BodSchätzÜbernErl.) vom 23. September 1936 besteht das Katasterbuchwerk aus dem Flurbuch, dem Liegenschafts- und dem Gebäudebuch.

Durch den Runderlass des Reichsministerium des Innern vom 30. September 1940 über die Fortführung des Reichskatasters (Fortführungserlass) und dem Runderlass des Preußischen Finanzministers vom 1. November 1941 (Preußischer Fortführungserlass) wurden einheitliche Verfahrensbestimmungen über die Fortführung des Liegenschaftskatasters eingeführt.

1.3 Zur Bodenreform in der sowjetischen Besatzungszone

Nach dem 2. Weltkrieg wurde in der sowjetischen Besatzungszone auf Befehl der Sowjetischen Militäradministration (SMAD) eine Bodenreform durchgeführt (Kapitel 5.1.2). Hierzu ergingen von den durch die SMAD eingesetzten Landes- und Provinzialverwaltungen fast gleich lautende Verordnungen wie z.B. Verordnung der Bodenreform in Mecklenburg vom 5. September 1945. Die Durchführung der Bodenreform regelten Ausführungsbestimmungen, zu deren Erlass die Provinzialkommissionen ermächtigt wurden.

Die Bodenreform wurde entsprechend den Forderungen der werktätigen Bauern nach einer gerechten Bodenverteilung und Liquidierung des feudalen und junkerlichen Grundbesitzes mit Zielsetzung verordnet,

- das Ackerland der bereits bestehenden Bauernhöfe unter 5ha zu vergrößern,
- neue selbstständige Bauernwirtschaften für landlose Bauern, Landarbeiter ... zu schaffen,
- an Umsiedler und Flüchtlinge, die ihr Hab und Gut verloren haben, Land zu geben.

Zur Realisierung Bodenreform wurde ein Bodenfonds gebildet, der aus dem entschädigungslos enteigneten

- Grundbesitz der Kriegsverbrecher, der Kriegsschuldigen, der Naziführer...,
- gesamten feudaljunkerlichen Boden und Großgrundbesitzer über 100ha und
- dem landwirtschaftlichen Grundbesitz des Staates, soweit er nicht besonderen Zweck diente, besteht.

Die Aufteilung des Bodens erfolgte auf Vorschlag der Gemeindegemeindekommission durch Beschluss in Versammlungen der landarmen und landlosen Bauern und Siedler. Der Beschluss über die Aufteilung des Bodens erhielt Gesetzeskraft, nachdem dieser Beschluss durch die Kreiskommission bestätigt war.

Über die Ergebnisse der Aufteilung wurde auf der Grundlage einer von der Gemeindegemeindekommission durchzuführenden „Grobvermessung“ und eines herzustellenden „Aufteilungsplans“ ein besonderes „Aufteilungsprotokoll“ angefertigt. Um den Fortgang der Bodenreform nicht durch zeitraubende Vermessungsarbeiten zu gefährden, wurde zunächst auf eine Feinmessung (Schlussvermessung) zur Grundbuch- und Katasterberichtigung verzichtet.

Der Bauer, der durch die Bodenreform Boden erhielt, wurde nach Bestätigung des Aufteilungsprotokolls durch die Kreiskommission rechtmäßiger Besitzer des Bodens. Jedem neuen Eigentümer wurde vom zuständigen Landrat eine „Besitzurkunde“ über die zugewiesenen Grundstücke ausgehändigt.

Die zunächst nach dem Aufteilungsprotokoll im Bestandsverzeichnis des Grundbuchs erfolgten Eintragungen waren aufgrund des Veränderungsnachweises zu berichtigen, der vom zuständigen Katasteramt nach Übernahme der Bodenreformergebnisse durch Schlussvermessung in das Liegenschaftskataster zu erstellen war. Die Ausführung der Schlussvermessung lag in den Händen der Katasterämter sowie freischaffender Vermessungsbüros.

Die Schlussvermessung war nach Vermessungsinstruktion I vom 15. April 1946 mit Ergänzungsbestimmungen vom 1. Juli 1946 durchzuführen.

Anweisung	Auszug aus den Vorschriften zur:	
	geometrisch eindeutige Erfassung	Mitwirkung der Beteiligten
Sowjetische Besatzungszone Anweisung von 15. April 1946 zur Durchführung von Vermessungsarbeiten (Bodenreformmessung)	2.Vermessungsausführung „Die Breiten der neuen Flurstücke sind doppelt zu messen; soweit als möglich durchlaufend und zur Kontrolle jede Kopfbreite einzeln. [...]“	5.Grenzanerkennung „Für die Grenzanerkennung gelten die Bestimmungen der Vereinfachungserlassung vom 30.6.1942. Abschnitt III Ziffer 4 und 5, sinngemäß. Eine Anerkennung der neuen Grenzen durch die neuen Eigentümer ist erforderlich. [...]“

Tabelle 1 – Übersicht über die Anweisung der Sowjetischen Besatzungszone (Hoffmann, 2011)

1.4 Zur Entwicklung des Liegenschaftswesens in der DDR

Am 7. Oktober 1949 trat die Verfassung der DDR in Kraft. Eine grundlegende Umstrukturierung des Liegenschaftswesens erfolgte durch die Verwaltungsreform in der DDR im Jahr 1952, mit der die Länder als Verwaltungseinheiten aufgelöst und durch 15 Bezirke ersetzt wurden. Im gleichen Zuge erfolgte von 1952 bis 1954 eine Trennung des staatlichen Vermessungswesens durch die Begründung der Verwaltung Vermessungs- und Kartenwesen (VVK) beim Ministerium des Innern, dem die volkseigenen Betriebe für Landes- und Ingenieurvermessung unterstellt waren, sowie durch die Zuordnung des Katasterwesens in die örtliche Zuständigkeit des Rates des Kreises.

Von wesentlicher Bedeutung war die Aufstellung des Reichskatasters (in der DDR: Einheitskataster). Mit der Verordnung vom 15. Oktober 1952 wurde die Führung der Grundbücher und Grundakten aus dem Zuständigkeitsbereich der Amtsgerichte ausgegliedert und der damaligen Katasterabteilung beim Rat des Kreises zugeordnet. Damit waren Grundbuch und Kataster bei einer Stelle zusammengeführt.

In einem weiteren Schritt auf dem Weg zur Neuorganisation des Liegenschaftswesens im Bereich der Bodendokumentation wurden auf Beschluss des Ministerrats der DDR vom 8. Dezember 1964 Liegenschaftsdienste beim Rat des Bezirks mit Außenstellen oder kleinen Arbeitsgruppen beim Rat des Kreises eingerichtet, die dem DDR-Ministerium für Innere Angelegenheiten weisungsgebunden unterstanden.

Am 1. Januar 1976 traten das Zivilgesetzbuch der DDR vom 19. Juni 1975 und die Verordnung über die staatliche Dokumentation der Grundstücke und Grundstücksrechte in der DDR-Grundstücksdokumentationsordnung in Kraft. Gleichzeitig traten das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB) und die Grundbuchordnung außer Kraft.

Der Nachweis von Bodeneigentum und Bodennutzung in der von den Liegenschaftsdiensten geführten Liegenschaftsdokumentation ist in der Tabelle 2 ersichtlich.

Inhalt (Integrationsregister)		Form		
<i>Bodeneigentums- dokumentation</i>	<i>Bodennutzungs- dokumentation</i>	<i>Kartografische Dokumentation</i>	<i>Liegenschafts- vermessungs- dokumentation</i>	<i>registrierende Dokumentation</i>
-Flurkarte	-Nutzungsgrundkarte	-Flurkarte		-Grundbuch
-Grundbuch (Grundbuchblätter und Grundakten)	-Nutzungsgrundbuch	-Nutzungsgrundkarte -Bodenschätzungskarte		-Nutzungsgrundbuch
-Personen- verzeichnis				

Tabelle 2 – Inhalt und Form der Liegenschaftsdokumentation

Die automatisierte Führung der Liegenschaftsdokumentation erfolgte ab dem Jahr 1985 durch die Einführung und Anwendung des „EDV-Typenprojekts“ Colido (Computergestützte Liegenschaftsdokumentation). Gemäß Nr. 4/87 des Ministeriums des Innern und Chefs der deutschen Volkspolizei über Grundbuch und Grundbuchverfahren unter Colido-Bedingungen (Colido-Grundbuchanweisung) vom 27 Oktober 1987 wurde mit der automatischen Führung des Grundbuchs begonnen.

Für die Fortführung und Erneuerung des Liegenschaftskatasters in der DDR wurden folgende Anweisungen erlassen:

Anweisung	Auszug aus den Vorschriften zur:	
	geometrisch eindeutige Erfassung	Mitwirkung der Beteiligten
<p>DDR Fortführungsanleitung für das Vermessungs- und Katasterwesen vom 1. November 1952</p>	<p>E. Messung „7. Für die Aufmessung der Grenzpunkte müssen Sicherungsmaße beigebracht werden, damit Fehler nicht unaufgedeckt bleiben. [...]“</p>	<p>E. Messung 100. Eine Grenzverhandlung ist stets aufzunehmen, wenn Eigentumsgrenzen festgestellt werden. [...] Sie soll b) darlegen, dass der Inhalt den Beteiligten vorgelesen und ihnen genehmigt ist, 104. Die Grundeigentümer usw. [...] müssen an den Verhandlungen persönlich teilnehmen. [...]</p>
<p>DDR Anleitung für die Ausführung von Neumessungen vom 1. Januar 1954</p>	<p>D. Grenzfeststellung und Aufnahme 38. Die Feststellung von Grenzpunkten ist durch Sicherungsmaße zu prüfen, damit die Lage verlorengangener oder veränderter Grenzpunkte mit Hilfe des Zahlenwerks einwandfrei bestimmt werden kann und etwaige Messungsfehler bei der Kartierung aufgedeckt werden.</p>	<p>D. Grenzfeststellung und Aufnahme II. Grenzfeststellung, Vermarkung und Grenzankennung 41. Der Aufnahme geht die Feststellung und Vermarkung der Grenzen voraus. Hierzu sind die Beteiligten [...] vorzuladen. 45. Die schriftliche Anerkennung der Grenzen erfolgt in einer Niederschrift [...].</p>
<p>DDR Ordnung Nr. 102/71 vom 10. Juni 1971 Fortführungsvermessungsordnung</p>	<p>II. Örtliche Arbeiten Einzelaufnahme 74. (1) Für die lagemäßige Bestimmung der Vermessungsgegenstände, insbesondere für die Bestimmung der Grenzpunkte, sind wirksame Sicherungsmaße zu messen.</p>	<p>II. Örtliche Arbeiten Grenzverhandlungen, Grenzniederschrift 99. (1) Die Grenzverhandlung ist ein wesentlicher Bestandteil jeder Urkundsvermessung. [...] (4) Den Gegenstand der Grenzverhandlung bilden: e) die Anerkennung des Verlaufs der Liegenschaftsgrenzen durch die Beteiligten;</p>
<p>DDR Ordnung Nr. 112/82 vom 20. August 1982 Liegenschaftsvermessungsordnung, bis 1. Januar 1996 im Bundesland M-V verwendet</p>	<p>Allgemeine Vorschriften V. Qualität der Vermessungsergebnisse 29. Die Qualität der Vermessungsergebnisse ist nach der Genauigkeit der Lagebestimmung (Lagegenauigkeit) der Liegenschaftsvermessungsobjekte [...] zu beurteilen. 31. (1) Für Fortführungsvermessungen wird die Lagegenauigkeit wie folgt festgelegt: [...]. 32. (1) Die Einhaltung der Lagegenauigkeit gemäß Ziffer 31 Absatz 1 ist durch Streckenmessung zu kontrollieren.</p>	<p>Fortführungsvermessungen III. Ausführung der Vermessung Grenzverhandlungen 110. (1) Die Grenzverhandlung bildet einen wesentlichen Bestandteil jeder Urkundsvermessung. [...] 112. (1) Die Grenzverhandlung ist zu beurkunden. Die Beurkundung erfolgt in der Form einer Niederschrift (Grenzniederschrift). 115. (1) Die Grenzniederschrift ist in Gegenwart des Urkundsvermessungsberechtigten den Beteiligten vorzulesen oder zur Durchsicht vorzulegen und von ihnen zu genehmigen. (2) Die Grenzniederschrift ist durch die Beteiligten und den Urkundsvermessungsberechtigten zu unterschreiben.</p>

Tabelle 3 – Übersicht über die Anweisungen in der DDR (Hoffmann, 2011)

1.5 Zur Entwicklung des Liegenschaftskatasters im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern

Mit dem Beitritt der DDR zur Bundesrepublik Deutschland am 3. Oktober 1990 traten aufgrund des Vertrages vom 31. August 1990 zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der DDR über die Herstellung der Einheit Deutschlands u.a. das Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG), die Grundbuchordnung (GBO) und die Grundbuchverordnung (GBV) im Beitrittsgebiet in Kraft. Gemäß Artikel 70 GG liegt die Gesetzgebungszuständigkeit im amtlichen Vermessungswesen bei den einzelnen Bundesländern.

Das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern besteht aus den früheren Großherzogtümern Mecklenburg-Schwerin und Mecklenburg-Strelitz sowie den preußischen Gebietsanteilen der Provinzen Pommern und Brandenburg (Abbildung 2)



Abbildung 2 – historische Landesteile Mecklenburg und Vorpommern, getrennt durch gestrichelte rote Linie (Wikipedia, 2018)

Der Landtag des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern hat am 21. Juli 1992 das Gesetz über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg-

Vorpommern Vermessungs- und Katastergesetz (VermKatG) beschlossen, das am 12. August 1992 in Kraft trat.

In den folgenden Jahren wurde das VermKatG mehrfach geändert und am 22. Juli 2002 neu bekanntgemacht. Auch danach wurde die Neufassung mehrfach geändert bis am 30. Dezember 2010 das VermKatG durch das Gesetz über das amtliche Geoinformations- und Vermessungswesen (Geoinformations- und Vermessungsgesetz – GeoVermG M-V) ersetzt wurde.

Folgende Anweisungen wurden für die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen im Bundesland in Mecklenburg-Vorpommern erlassen:

Anweisung	Auszug aus den Vorschriften zur:	
	geometrisch eindeutige Erfassung	Mitwirkung der Beteiligten
Anweisung für die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen vom 7. Dezember 1995 (LiVermA M-V)	<p>5. Liegenschaftsvermessung</p> <p>5.2.3 Vermessungsverfahren</p> <p>5.2.3.1 Bei der Anwendung der Polarverfahren werden grundsätzlich [...], -Grenzpunkte und Gebäudepunkte kontrolliert aufgemessen</p> <p>Die Kontrollen sind zweckentsprechend durch lagekontrollierte Spannmaße, Streben [...] auszuführen.</p> <p>5.2.3.2 Bei Anwendung von Orthogonalverfahren [...] Ordinaten und Abszissen sind durch Kontrollstrecken (Streben, Spannmaße) durchgreifend zu kontrollieren.</p>	<p>4. Grenzfeststellungs- und Abmarkungsverfahren</p> <p>4.4 Grenzfeststellung</p> <p>4.4.1 Der bei der Grenzherstellung ermittelte Verlauf der Flurstücksgrenzen ist [...] festzustellen. Die Feststellung ist in der Grenzniederschrift zu dokumentieren. [...]</p> <p>4.5 Abmarkung</p> <p>4.5.1 Gemäß § 16 Absatz 1 VermKatG sind Grundstücksgrenzen dauerhaft abzumarken.</p> <p>4.6 Bekanntgabe</p> <p>4.6.1 Die Grenzfeststellung gemäß Abschnitt 4.4 und die Abmarkung gemäß 4.5 sind den im Grenztermin anwesenden Beteiligten bekanntzugeben. [...]</p> <p>4.6.2 Beteiligte, die nicht zum Grenztermin erschienen sind [...] erhalten eine Grenzfeststellungs- und Abmarkungsmittelung [...].</p>
Verwaltungsvorschrift zur Durchführung von Liegenschaftsvermessungen in Mecklenburg-Vorpommern vom 15. September 2014 (LiVermVV M-V)	<p>4. Örtliche Vermessungsarbeiten</p> <p>4.1 Grenzermittlung</p> <p>4.1.1 Allgemeines</p> <p>[...] ein Grenzpunkt ist im geodätischen Raumbezug geometrisch eindeutig erfasst, wenn für seine örtliche Lage maßgebliche Katasterzahlen vorliegen, die wirksam geprüft und widerspruchsfrei sind, und mit denen der Grenzpunkt über eine hinreichende Anzahl lageidentischer Punkte eindeutig in die Örtlichkeit übertragbar ist.</p>	<p>4. Örtliche Vermessungsarbeiten</p> <p>4.1 Grenzermittlung</p> <p>4.1.1 Allgemeines</p> <p>[...] die Mitwirkung der Beteiligten ist gegeben, wenn nachweisbar die Grenzpunkte aufgrund eines öffentlich-rechtlichen Verfahrens bestandskräftig oder nach früheren Vorschriften anerkannt wurden.</p>

Tabelle 4 – Übersicht über die Anweisungen in Mecklenburg-Vorpommern (Hoffmann, 2011)

2. Geobasisinformationssystem Liegenschaftskataster

2.1 Grundlagen des Liegenschaftskatasters

2.1.1 Zweck des Liegenschaftskatasters (§23 Absatz 1 und 2 GeoVermG M-V)

Dem Liegenschaftskataster kommen im Sinne des Mehrzweckkatasters drei grundlegende Zweckbestimmungen zu:

Zum einen ist es das amtliche Verzeichnis der Grundstücke für den Eigentumsnachweis im Grundbuch. Dargestellt und beschrieben wird die Lage des Grundeigentums in Form von Flurstücken. Als amtliches Verzeichnis der Grundstücke unterstützt das Liegenschaftskataster die Sicherung des Eigentums, die Sicherung anderer Rechte an Grundstücken und Gebäuden, dient dem Grundstücksverkehr und der Ordnung von Grund und Boden. Zudem werden als klassische Hauptfunktion die Ergebnisse der amtlichen Bodenschätzung im Liegenschaftskataster nachgewiesen. Gemäß §23 Absatz 3 GeoVermG M-V sind die Bodenrichtwerte und Kaufpreisinformationen integraler Bestandteil des Geobasisinformationssystems Liegenschaftskataster.

Zum anderen liefert das Liegenschaftskataster Geobasisdaten für die Geodateninfrastruktur (GDI) in Deutschland. Mit der Geodatendateninfrastruktur, welches ein gemeinsames Vorhaben von Bund, Länder und Kommunen ist, soll eine länderübergreifende Vernetzung von Geodaten in Deutschland aufgebaut werden, kurz GDI-DE.

„Geodaten sind Daten über Gegenstände, Geländeformen und Infrastrukturen an der Erdoberfläche, wobei als wesentliches Element ein Raumbezug vorliegen muss.“

(Universität Rostock, 2017)

Des Weiteren ist das Liegenschaftskataster die Basis für andere Aufgabenbereiche. Insbesondere stellt es seine Informationen nach den Erfordernissen der öffentlichen Verwaltung, der Wirtschaft, des Umwelt- und Naturschutzes, des Rechts, der Landesverteidigung, der öffentlichen Sicherheit und Einwohner bereit (§1 Absatz 2 GeoVermG M-V und Abbildung 3)

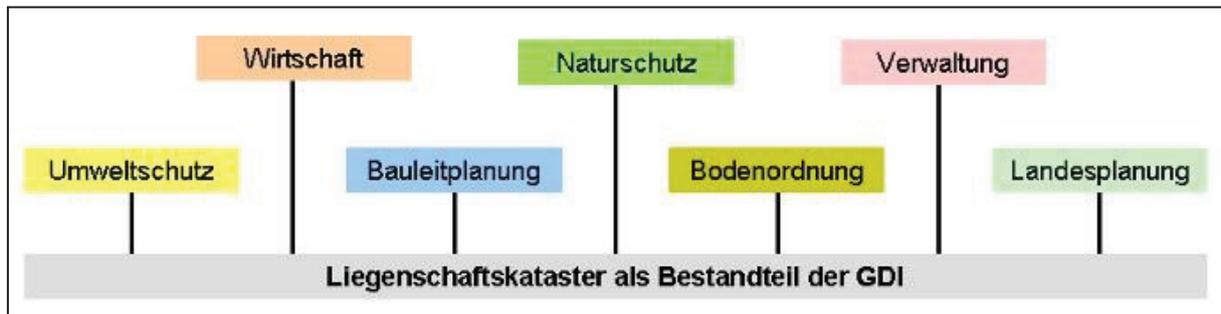


Abbildung 3 – Liegenschaftskataster als Bestandteil der GDI (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), 2018)

2.1.2 Inhalt des Liegenschaftskatasters (§22 GeoVermG M-V)

Den Inhalt des Liegenschaftskatasters bilden die Liegenschaften (Flurstücke und Gebäude) und die zu ihnen nachzuweisenden tatsächlichen und rechtlichen Merkmale. Zu unterscheiden sind die Katasterstammdaten in geometrische, bezeichnende und beschreibende Geobasisdaten sowie Eigentumsangaben und Grundbuchangaben (persönliche Daten).

Die geometrischen Daten enthalten Angaben zur Geometrie der Liegenschaften, d.h. durch Flurstücksgrenzen und ggf. Grenzmarken wird die Begrenzung der Liegenschaften festgelegt. Durch eine geometrische und mathematische Zuordnung ist die Lage der Liegenschaften auf der Erdoberfläche eindeutig definiert. Dargestellt wird die geometrische Struktur der Liegenschaften grafisch in der Liegenschaftskarte.

Zur Individualisierung und Identifizierung der Flurstücke dienen die bezeichnenden Daten. Sie sind Ordnungsmerkmale (Name der Gemarkung, Nummer der Flur und des Flurstücks) und bestimmen die Identität des Grundstücks.

Zur Kennzeichnung der tatsächlichen Eigenschaften der Liegenschaften dienen die beschreibenden Daten. Zu den beschreibenden Daten gehören u.a. Lagebezeichnung, tatsächliche Nutzung, Bodenschätzungsergebnisse, Flächeninhalt des Flurstücks und Zugehörigkeit zu kommunalen Gebietskörperschaften.

Gemäß §22 Absatz 4 GeoVermG M-V werden der geodätische Raumbezug und die geometrische Begrenzungen der Liegenschaften durch Liegenschaftsvermessungen erfasst.

Die Eigentumsangaben enthalten neben den Namen der Grundstückseigentümer und der Erbbau- und Nutzungsberechtigten, die Angaben wie die Geburtsdaten, Anschrift, Eigentums- und Nutzungsanteile, die Art von grundstücksgleichen Rechten sowie die Grundbuchangaben mit Grundbuchkennzeichen (Grundbuchbezirk, Grundbuchblatt), die Bestandsverzeichnis-Nummer und die Buchungsart (§24 GeoVermG M-V).

2.1.3 Wozu dienen Liegenschaftsvermessungen?

Die Liegenschaftsvermessungen dienen folgenden Zwecken (Nr. 1 Absatz 2 LiVermVV M-V):

- Flurstücksbildung
- Feststellung vorhandener/vorgesehener Grenzpunkte und Flurstücksgrenzen
- Grenzwiederherstellung vorhandener Grenzpunkte
- Entscheidung über die besondere Kennzeichnung eines nicht feststellbaren Grenzpunktes
- Gebäudeeinmessung
- Amtliche Erklärung zum Grenzverlauf bei festgestellten Grenzpunkten verschiedener Verfahren
- Abmarkung festgestellter Grenzpunkte
- Alleinige Erfassung von Nutzungen oder wesentlichen topografischen Merkmalen
- Fortführung, Berichtigung und Erneuerung des Liegenschaftskatasters

2.1.4 Zuständigkeiten im amtlichen Vermessungswesen (§5 Absatz 2 GeoVermG M-V)

Die Aufgaben des amtlichen Vermessungswesen werden wahrgenommen durch:

1. das Ministerium für Inneres und Europa als oberste VuGB
2. das Landesamt für innere Verwaltung, Amt für Geoinformation, Vermessung- und Katasterwesen (LAIv) als obere VuGB
3. die Landräte und Oberbürgermeister (Katasterämter) als untere VuGB
4. die Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure (ÖbVI)
5. andere Behörden (z.B. das staatliche Amt für Landwirtschaft und Umwelt (STALU))
6. die Landgesellschaft M-V mbH

2.1.5 Automationsverfahren im Liegenschaftskataster

2.1.5.1 Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB)

Da mit dem EDV-Verfahren Colido bereits größtenteils die Katasterbuchdaten für die Einführung des ALB vorlagen, wurde vom Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt ein Umsetzprogramm erstellt. Damit konnte bereits bis Ende 1994 eine flächendeckende Führung der Katasterbuchdaten für ganz Mecklenburg-Vorpommern realisiert werden.

Bis zur Einführung von ALKIS[®] 2015 wurden im ALB die wesentlichen Flurstücksangaben, wie

- die Informationen zum Flurstück (z.B. Kennzeichen, Fläche, Lagebezeichnung),
- die tatsächliche Nutzung und gesetzliche Klassifizierung,
- die Ergebnisse der Bodenschätzung,
- öffentlich-rechtliche Festlegungen (Hinweise auf Baulasten oder Naturschutzgebiete) und
- die Personenangaben (zu Eigentümern, Erbbau- oder Nutzungsberechtigten nachrichtlich zum Grundbuch)

für die mittlerweile mehr als 1,9 Millionen Flurstücke geführt.

2.1.5.2 Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK)

Im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern mussten ca. 11600 Flurkarten, die analog fortgeführt wurden, durch Digitalisierung und Georeferenzierung auf einen blattschnittfreien und objektbezogenen ALK-Datenbestand umgestellt werden. Zum beschleunigten Aufbau der ALK in Mecklenburg-Vorpommern bis zum Jahr 2007 wurde eine Verwaltungsvorschrift am 7. Mai 2001 (Verwaltungsvorschrift ALK-Grundstufe Mecklenburg-Vorpommern) erlassen. Die Digitalisierungsarbeiten zum Aufbau der ALK erfolgten im Wesentlichen bei den Kataster- und Vermessungsämtern. Das Landesvermessungsamt als Technische Stelle ALK war koordinierend tätig und unterstützte diese indirekt durch das Scannen der Flurkarten als Digitalisierungsgrundlage. Die Technische Stelle ALK war für die Entwicklung und Betreuung der technischen Realisierung verantwortlich.

Das ALK-Gesamtsystem besteht aus einem Datenbankteil und einem Verarbeitungsteil für Punkt- und Grundrissdaten, die zusammen mit der Antragsverwaltung über die Einheitliche Datenbankschnittstelle (EDBS) miteinander verbunden sind. (Abbildung 4)

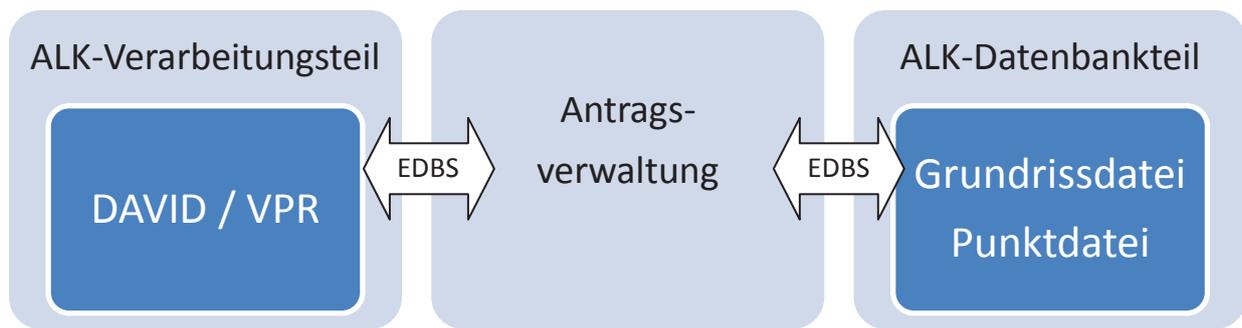


Abbildung 4 – Komponenten der ALK-Verfahrenslösung (Langer)

Für die ALK-gerechte Grundrissdatenerfassung und -verarbeitung wurde das landeseigene DAVID-ALK-Verfahren in der Version „MV 20“ eingesetzt. Die Punktdatenerfassung und -verarbeitung erfolgte mit dem Programmsystem VPR mit landesspezifischer Anwenderoberfläche. Die Verknüpfung der Bearbeitungsteile VPR und DAVID sowie der Antragsverwaltung wurde über die „Zentrale Projektverwaltung“ organisiert.

Als ALK-Datenbank wurde die im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung von mehreren Bundesländern erstellte DV-technische Realisierung verwendet. Dieser Verwaltungsvereinbarung war das Land Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 1992 als Nutzungsberechtigter beigetreten. Die Menüoberflächen wurden den landesspezifischen Anforderungen angepasst.

Zur Bereitstellung von Auszügen aus der Liegenschaftskarte wurde das im Landesvermessungsamt entwickelte Programmsystem ALK-Auskunft verwendet.

Im Gegensatz zum ALB erfolgte die Führung der ALK dezentral, d.h. bei den jeweils zuständigen Kataster- und Vermessungsämtern.

Für die landesübergreifende Bereitstellung von ALK-Daten übermittelten die Kataster- und Vermessungsämter ihre aktuellen ALK-Datenbestände quartalsweise an das Landesvermessungsamt.

Die Daten von Aufnahme-, Grenz-, Gebäude- und topografischen Punkten wurden in der automatisiert geführten Punktdatei geführt. Zu den Daten gehörten die Attribute wie Punktnummer, Koordinaten und Vermarkungsart. Für eine objektive Bewertung des Punktnachweises waren die wichtigsten Attribute der Lagestatus, die Lagegenauigkeit und die Lagezuverlässigkeit.

Stufe	Bedeutung	Kriterien für die Einordnung
0	Lagegenauigkeit genügt Anforderungen des AP-Erlasses; endgültige Koordinatenbestimmung	Berechnete Koordinaten; größte zulässige Abweichungen nach AP-Erlass eingehalten; Aufnahmepunkte sind Bestandteil des AP-Feldes
1	PAR 1: Lagegenauigkeit genügt Anforderungen des AP-Erlasses; vorläufige Koordinatenbestimmung	Berechnete Koordinaten; größte zulässige Abweichungen nach AP-Erlass eingehalten; Aufnahmepunkte sind nicht Bestandteil des AP-Feldes
	PAR 2-4: Lagegenauigkeit genügt Anforderungen der LiVerMA; Grundlage: Aufnahmepunkte der Stufe LG=0	Berechnete Koordinaten; größte zulässige Abweichungen nach LiVerMA eingehalten; Grundlage: ausgeglichene, endgültige Koordinaten der Aufnahmepunkte der AP-Feldes
2	Lagegenauigkeit genügt Anforderungen der LiVerMA; Grundlage: Aufnahmepunkte der Stufe LG=1	Berechnete Koordinaten; größte zulässige Abweichungen nach LiVerMA eingehalten; Grundlage: ausgeglichene Koordinaten der Aufnahmepunkte der AP-Netze, -Netzteile
3	Lagegenauigkeit genügt Anforderungen älterer Vorschriften	Berechnete Koordinaten; größte zulässige Abweichungen nach älteren Vorschriften eingehalten
4	Lagegenauigkeit nicht ermittelt	Berechnete Koordinaten; Abweichungen nicht ermittelbar
7	Grafische Genauigkeit bis 1:2000 (Kartenmaßstab \geq 1:2000)	Grafisch ermittelte Koordinaten
8	Grafische Genauigkeit bis 1:5000 (Kartenmaßstab \geq 1:5000)	
9	Grafische Genauigkeit ab 1:5000 (Kartenmaßstab $<$ 1:5000)	

Tabelle 5 – Übersicht über die Lagegenauigkeitsstufen (Innenministerium Mecklenburg-Vorpommern, 2006)

Der Lagestatus gibt an, in welchem Lagebezugssystem die Punkte berechnet wurden. Eingeführt wurde der Lagestatus, um die verschiedenen Koordinaten eines Punktes unterscheiden zu können, damit bei den geodätischen Berechnungen nicht die Koordinaten unterschiedlicher Bezugssysteme verwendet werden. Der Lagestatus ist unabhängig von der Lagegenauigkeit des Punktes. Die Lagegenauigkeit gibt Auskunft über Genauigkeit der Koordinatenbestimmung. Sie wurde in verschiedene Gruppen eingeteilt und als Lagegenauigkeitsstufe auf dem Koordinatenverzeichnis mit einer Nummer (0-9) gekennzeichnet (Tabelle 5). Neben dem Lagestatus und der Lagegenauigkeit ist die Lagezuverlässigkeit besonders wichtig. Sie gibt in den Stufen 0-4 an, wie zuverlässig die Vermessung und Berechnung der Punkte ist (Tabelle 6).

Stufe	Bedeutung	Kriterien für die Einordnung
0	Zuverlässigkeit nicht untersucht	
1	zuverlässig gemäß TP- bzw. AP-Erlass	Identität der Anschlusspunkte überprüft; Zuverlässigkeitskriterien der TP- bzw. AP-Erlasse durch Programm festgestellt
2	zuverlässig gemäß LiVerMA (rechnerisch überprüft)	Identität der Anschlusspunkte überprüft; Zuverlässigkeitskriterien der LiVerMA durch Beurteilung der Art der Bestimmung (wirksame Kontrollen) festgestellt
3	zuverlässig gemäß LiVerMA (überprüft durch Sachverstand), innere Genauigkeit lokaler Systeme	Zuverlässigkeitskriterien der LiVerMA durch Beurteilung der Art der Bestimmung (wirksame Kontrollen) festgestellt
4	Zuverlässigkeit nicht überprüfbar (nicht kontrolliert)	Sonstige Bestimmung, z.B. Lagekoordinate ohne wirksame Kontrolle bestimmt

Tabelle 6 – Übersicht über die Lagezuverlässigkeitsstufen (Innenministerium Mecklenburg-Vorpommern, 2006)

K O O R D I N A T E N - V E R Z E I C H N I S								
Vermessungszahlen - reduziert - Lagestatus 99				Numerierungsbezirk 0 1 5098				
A	Punkt NR	VMA	LG	LZ	R 50 Rechts	H 198 Hoch	Höhe (m)	Bemerkung
6	1	010	2	2	868.58	323.44		
5	2	010	2	3	835.99	193.03		
5	3	010	2	3	807.65	205.87		
5	4	010	2	3	779.42	218.68		
6	4	010	2	2	896.02	365.73		
6	6	010	2	3	915.11	423.29		
6	7	010	2	3	934.24	417.50		

Abbildung 5 – Beispiel für ein früheres Koordinatenverzeichnis

Neben den Punktdaten wurden auch die Grundrissdaten im ALK-Datenbankteil gespeichert. Aufgebaut wurde der Grundrissnachweis als objektstrukturierter Vektordatenbestand. Es wurden also nicht nur Punkte, Linien und Verbindungsinformationen erfasst, sondern alle Informationen bestimmten Objekten zugeordnet. So bestand beispielsweise das Objekt „Flurstück“ aus Linien, die das Objekt umschließen (Umringsdefinition = Flurstücksgrenze) und einem Schriftzusatz (die Flurstücksnummer als Teil des Flurstückskennzeichens). Somit können Objekte:

- flächenförmig (z.B. Flurstück, tatsächliche Nutzung)
- linienförmig (z.B. Zaun, Grenze) oder
- punktförmig (z.B. Grenzpunkt) sein.

Die fachlich zusammengehörenden Objekte wurden in einer Gruppe (Folie) zusammengefasst und mit einem dreistelligen Code verschlüsselt. So wurden beispielsweise alle Gebäude der Folie 011 oder sämtliche Objekte der tatsächlichen Nutzung der Folie 021 zugeordnet. Somit war es möglich, bestimmte Gruppen von Objekten aus der ALK-Datenbank auszuwählen und darzustellen. Wobei in den Objektschlüsselkatalogen (OSKA) und Objektabbildungskatalogen (OBAK) beschrieben waren, welche Folien und Objekte es gab und wie sie in der ALK-Datenbank zu verschlüsseln und abzuspeichern waren. Welche Informationen und Attribute zu den einzelnen Objekten zu speichern waren, wurde in dem OBAK festgelegt. Des Weiteren wurde in dem OBAK definiert, wie die kartografische Ausgestaltung der Objekte zu erfolgen hatte.

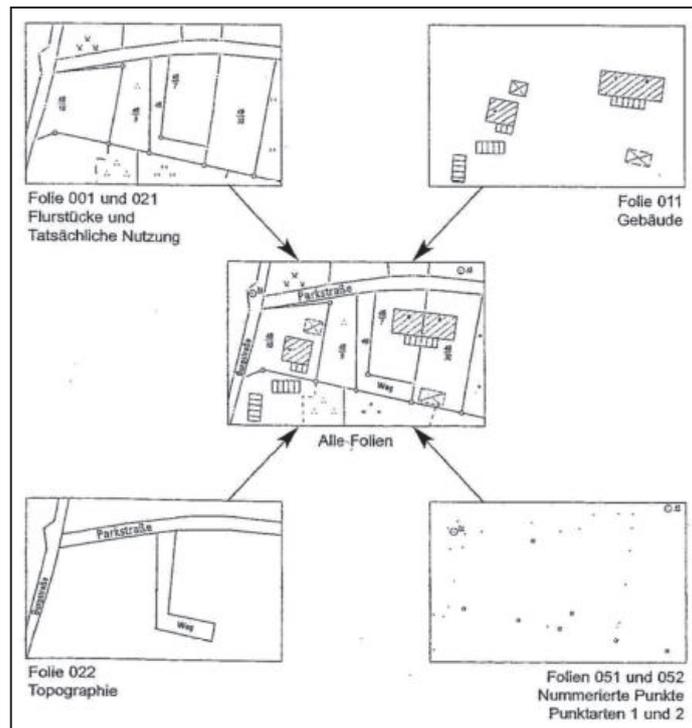


Abbildung 6 – Folienübersicht (Rebenstorf, 2015)

Bereits damals war das Ziel raumbezogene Informationssysteme anhand der ALK-Daten für verschiedene Bereiche aufzubauen.

2.2 AAA-Modell

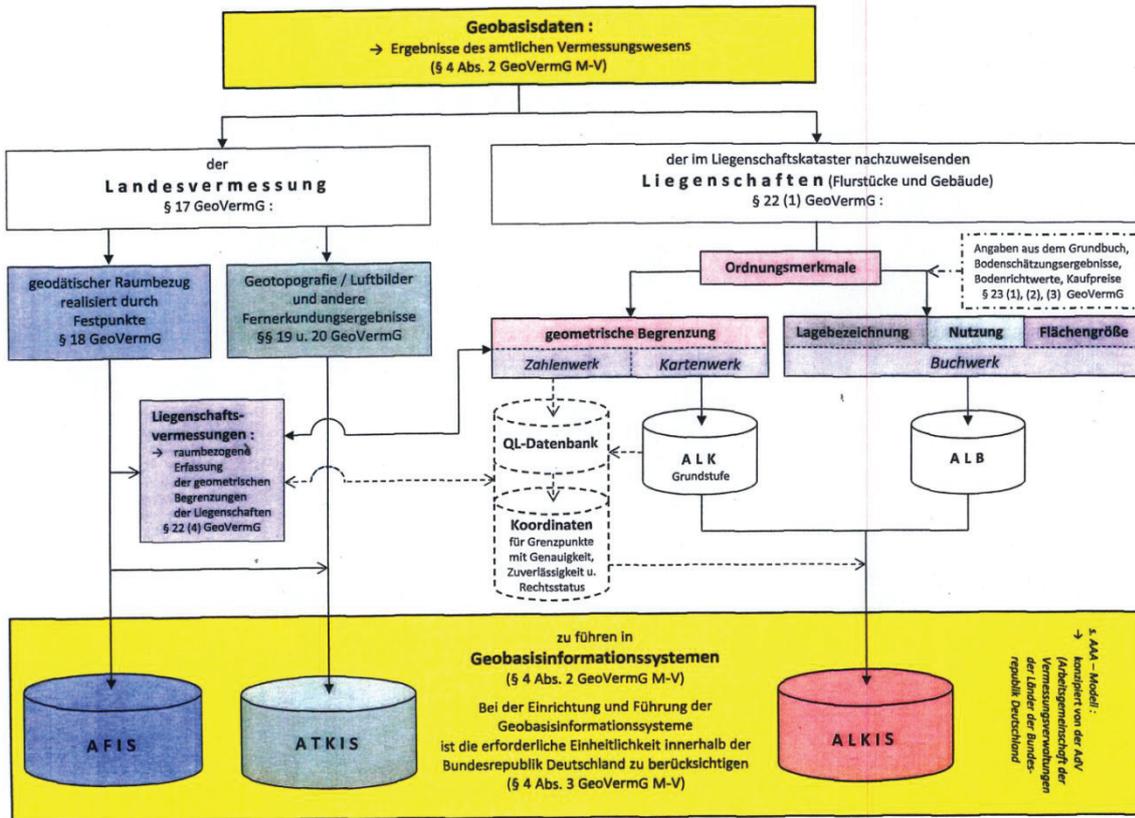


Abbildung 7 – Übersicht über die Geobasisdaten der Landesvermessung und des Liegenschaftskataster einschließlich der QL-Datendank (Rebenstorf, 2015)

Das bundesweit einheitliche AFIS[®]-ALKIS[®]-ATKIS[®]-Modell, kurz AAA-Modell, ist in den letzten Jahren zur ganzheitlichen Modellierung der Geobasisdaten des amtlichen Vermessungswesens entwickelt worden. Konzipiert wurde das AAA-Modell von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). Dieses AAA-Modell, welches das konzeptuelle Anwendungsschema für die Geoinformationssysteme AFIS[®], ALKIS[®] und ATKIS[®] ist, wurde im Jahre 2000 von der AdV beschlossen und sollte bis 2010 deutschlandweit in allen Landesämtern für Vermessung und Geoinformation eingeführt werden. Damit den Anwendern die Arbeit mit den vermessungstechnisch wichtigen Komponenten erleichtert wird, verfolgte die AdV mit dem AAA-Modell das Ziel, eine bundesweit einheitliche Geodateninfrastruktur, die alle Geobasisdaten umfasst, zu schaffen. Zur besseren Strukturierung der Geobasisdaten forderten die Nutzer u.a. aus Industrie und Wirtschaft einen bundesweit einheitlichen Grunddatenbestand. Um diese einzelnen Grunddatenbestände von AFIS[®], ALKIS[®] und ATKIS[®] in einem einheitlichen Grunddatenbestand der Geodaten des amtlichen Vermessungswesens zusammenzuführen, dient das AAA-Modell. Die AAA-Projekte werden

mit ihren länderübergreifenden Eigenschaften gemeinsam beschrieben und miteinander in Beziehung gebracht. Dieses Anwendungsschema wird unterteilt in Basisschema und Fachschema. Beschrieben werden in dem fachneutralen Basisschema die grundlegenden Eigenschaften von Geo-Objekten und in dem Fachschema die Gliederung von Objektklassen, Objektartgruppen, Objektarten und deren Attribute.

Das AAA-Modell steht für:

- AFIS[®] → Amtliches Festpunkt-Informationssystem
- ATKIS[®] → Amtliches Topografisch-Kartografisches-Informationssystem
- ALKIS[®] → Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem

2.2.1 Amtliches Festpunkt-Informationssystem (AFIS[®])

In dem Amtlichen Festpunkt-Informationssystem werden sämtliche Daten des geodätischen Raumbezugs digital geführt. Dazu gehören alle Informationen zu den Lage- (LFP), Höhen- (HFP) und Schwerefestpunkten (SFP). Somit wird erstmals der Nachweis aller Festpunkte in einem gemeinsamen Datenmodell geführt. Nachgewiesen werden zusätzlich die Angaben zu den SAPOS-Referenzstationen in der Objektart Referenzstationspunkt (RSP) sowie die Geodätischen Grundnetzpunkte (GGP).

Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen Mecklenburg-Vorpommern Lübecker Str. 289-19100 Schwentinchen 0385-188 94300		Einzelnachweis Lagefestpunkt 88202000 Erstellt am: 26.01.2018	
Auszug aus dem amtlichen Festpunktinformationssystem			
Punktvermarkung Festlegung z. Bie S. Ordnung, Kopf 10x15 oder 10x12 cm, Bezugspunkt Platte 30x30 cm	Klassifikation Ordnung TP (2) - Trigonomischer Punkt 2. Ordnung Hierarchiestufe Wertigkeit		
Überwachungsdatum 01.09.1997	Lage System ETRS89_UTM33 Messjahr 1963 Genauigkeitstufe 33 427396,716	North [m] 5932664,298 Standardabweichung S <= 3 m	
Übersicht DTK25 Gemeinde Schönwalde	Höhe System DE_DHHN2016_NH Messjahr 1963 Genauigkeitstufe Pfeilerhöhe [m] 0,900	Höhe [m] 48,972 Standardabweichung S <= 10 m Messjahr 1997	
Bemerkungen			
Lage-Einmessungsskizze/Ansicht			
Dieser Ausdruck ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Herausgebers. Als Vervielfältigung gelten z.B. Ausdruck, Fotografie, Mikroverfilmung, Digitalisierung und Speicherung auf Datenträgern.			S. 1 von 1

Abbildung 8 – Auszug aus dem amtlichen Festpunktinformationssystem

2.2.2 Amtliches Topografisch-Kartografisches-Informationssystem (ATKIS®)

In dem Amtlichen Topografisch-Kartografischen-Informationssystem werden Geobasisdaten geführt, die die Erdoberfläche beschreiben, wie z.B. ein Relief oder ein Gewässer. ATKIS® stellt digital folgende Bestandteile bereit:

- Digitale Landschaftsmodelle (DLM),
- Digitale Geländemodelle (DGM),
- Digitale Topografische Karten (DTK) und
- Digitale Orthophotos (DOP).

Mit der Überführung der bisherigen ATKIS®-Objektdateien in die Objektstruktur des AAA-Datenmodells fand gleichzeitig eine Harmonisierung statt, d.h. eine Vereinheitlichung mit den Daten des Liegenschaftskatasters. Damit sind die Datenmodelle ATKIS® und ALKIS® aufeinander abgestimmt.



Abbildung 9 – Ausschnitt von einem DLM, DTK, DOP und DGM (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), 2018)

2.2.3 Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®)

In dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem sind die bisher getrennt geführten Daten der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und des Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) zusammengeführt worden. Die nun in ALKIS® enthaltenden Geobasisdaten wurden aus den raumbezogenen Karten-Daten und den nicht raumbezogenen Buch-Daten systematisch verbunden und werden heute redundanzfrei geführt. Damit soll auf Basis internationaler Standards und Normen (ISO, OGC) ein einheitliches Liegenschaftskataster in Deutschland erreicht werden (lat. Interoperabilität).

Diese zahlreichen Veränderungen bewirken eine Vielzahl von Vorteilen. Zum Beispiel wurden die bisherigen Daten des amtlichen Vermessungswesens in unterschiedlichen Datenformaten bereitgestellt. Die ALB-Daten im WLDGE-Format und die ALK-Vektordaten im EBDS-Format.

Mit der Einführung eines neuen Datenaustauschformats gehört das frühere Problem der Nichteinheitlichkeit der Vergangenheit an. Mit der Normbasierten Austauschchnittstelle (NAS), die auf XML Standards basiert, gibt es deutschlandweit nur noch ein einheitliches Datenaustauschformat. Dies bedeutet auch, dass die bisherigen Schnittstellen (WLDGE und EDBS) nicht mehr verfügbar sind bzw. nicht mehr unterstützt werden. Mit der international genormten Austauschchnittstelle NAS wird der Datenaustausch zwischen den verschiedenen Geobasisinformationssystemen der Vermessungsverwaltungen enorm erleichtert.

Eine weitere Veränderung ist die nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung (NBA). Sie löste den Beziehungssekundärnachweis (BZSN) ab. Damit haben die Nutzer (z.B. von Kommunen oder Versorgungsunternehmen) von Sekundärdaten die Möglichkeit, regelmäßig Aktualisierungsdaten abzurufen bzw. auf dem neusten Stand zu halten.

Auf dem Weg zum integrierten Liegenschaftskataster war bei der Migration (Überführung) von ALB und ALK nach ALKIS[®] folgendes Stufenkonzept vorgesehen: Es begann mit der Vormigration und Datenqualifizierung, dann mit der Migration und als letztes mit der Umstellung auf ETRS89/UTM.

Bei der technischen Umsetzung der Migration waren drei Komponenten erforderlich: die Erhebungs- und Qualifizierungskomponente (EQK), die Datenhaltungskomponente (DHK) sowie die Auskunftskomponente (APK). Voraussetzung sollte sein, dass diese dabei über die neue Normbasierte Austauschchnittstelle (NAS) miteinander kommunizieren können. Das hat den Vorteil, dass die Softwarekomponenten auf Soft- und Hardware-Lösungen unterschiedlicher Systemanbieter basieren können. Mit dieser Lösung wurde eine optimale interoperable Nutzung der Geobasisdaten erreicht.

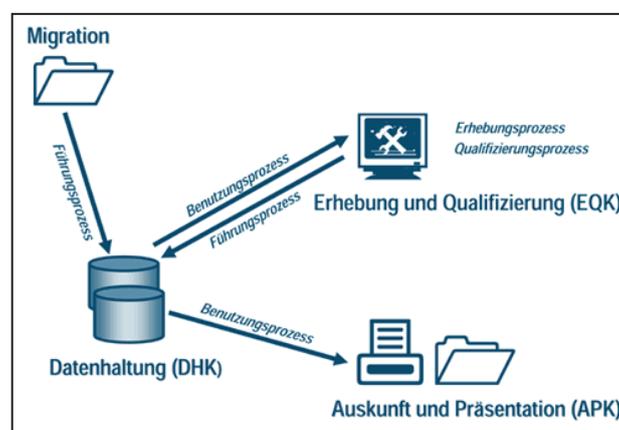
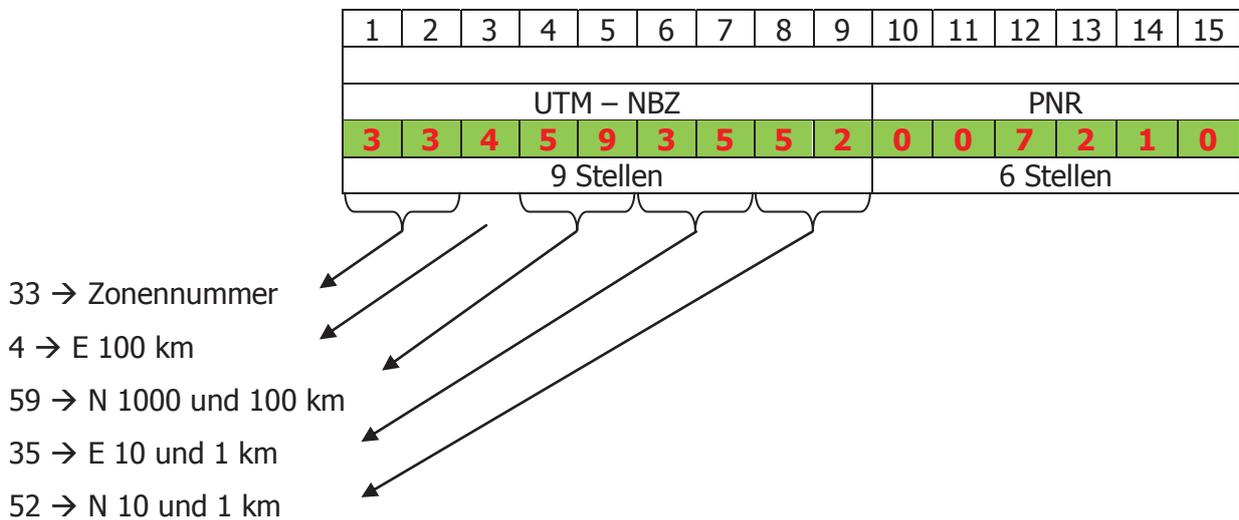


Abbildung 10 – Weg der Migration (LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg), 2018)

Die Überführung der Daten aus ALB und ALK über den Migrationspool in das ALKIS®-Datenmodell wurde im Land Mecklenburg-Vorpommern im vierten Quartal des Jahres 2014 begonnen und im Februar 2016 abgeschlossen. Im Zusammenhang mit der Migration wurde das bisherige Lagebezugssystem des Liegenschaftskatasters geändert. So wurde das bisherige Lagebezugssystem S42/83 mit dem Krassowski-Ellipsoid und der Gauß-Krüger-Abbildung (3°-Meridianstreifen) durch das Lagebezugssystem ETRS89 mit dem GRS80-Ellipsoid und der UTM-Abbildung (6°-Meridianstreifen) ersetzt. Mit der Umstellung auf das ETRS89 folgte auch die Umnummerierung der Punktkennzeichen auf den UTM-Nummerierungsbezirk. So wurde eine 15-stellige Nummer eingeführt, wobei die ersten neun Stellen die Lage des Punktes beschreiben und die restlichen sechs Stellen die eigentliche Punktnummer darstellen.



Eingelesene Referenzpunkte			
LfdNr	Punktkennzeichen	Rechts (Y) m	Hoch (X) m
1	85-06238	33435448.736	5952982.739
2	85-07105	33435454.312	5952980.298
3	334593552007219	33435428.811	5952521.602
4	334593552007213	33435436.566	5952556.788
5	334593552007210	33435427.470	5952515.515
6	334593552007208	33435426.410	5952510.705
7	334593552007195	33435416.521	5952482.876

Abbildung 11 – Beispiel für die Zusammensetzung der 15-stelligen Punktnummer

Bei der Umsetzung musste auf verschiedene Parameter geachtet werden. So mussten unter Anwendung des mittleren Erdradius (Radius der Gaußischen Schmiegunskugel), des mittleren Ostwerts des Punktfeldes und der ellipsoidischen Höhe, die Reduktion von Strecken zur Koordinatenberechnung von der mittleren Höhe des Messungsgebiets (Geländehöhe) auf das GRS80-Ellipsoid berücksichtigt werden.

Für den Zonenübergang wurde beschlossen, dass die ALKIS®-Datenhaltung bei den unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörden im Land Mecklenburg-Vorpommern einheitlich in der Zone 33 erfolgt.

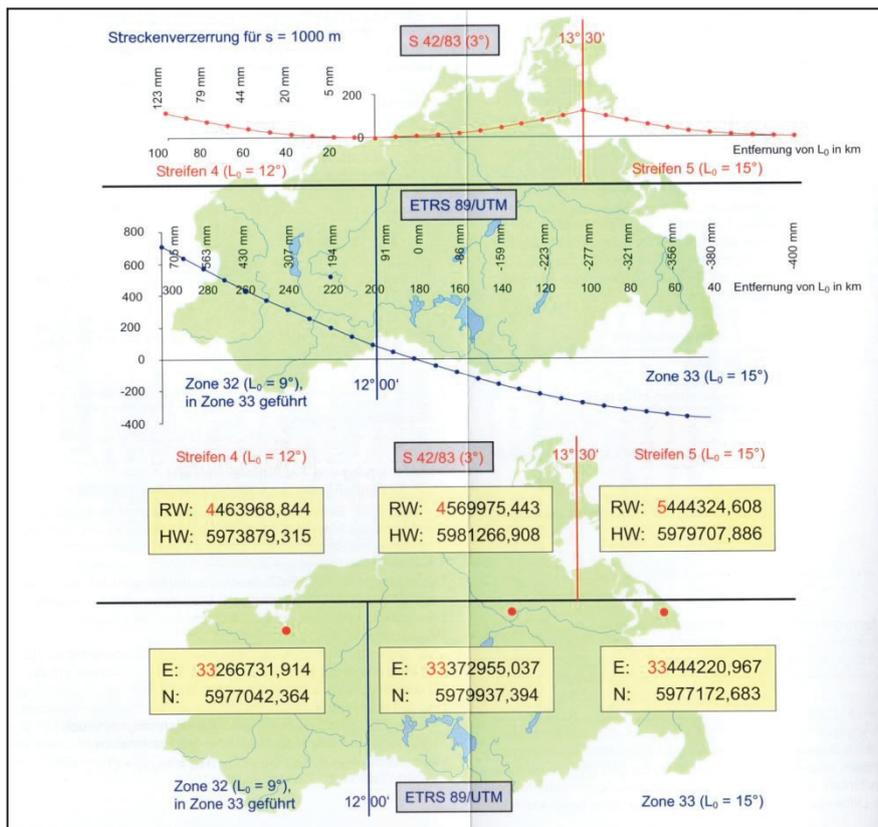


Abbildung 12 – Zonenübergang (Landesamt für innere Verwaltung - Amt für Geoinformaiton, Vermessungs- und Katasterwesen, 2011)

Die nun geltenden Vorschriften haben sich mit dem technischen Fortschritt ebenfalls geändert. Die ALB- und ALK-Vorschriften sowie der OBAK M-V, der OSKA M-V und der NAErl. M-V wurden durch die Verwaltungsvorschrift zur Führung des Liegenschaftskatasters im Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem in Mecklenburg-Vorpommern (ALKISVV M-V) ersetzt.

2.3 Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster

Die Anforderungen an die Geobasisdaten des Liegenschaftskatasters erfordern ein hohes Maß an Qualität. Um dieser Qualität gerecht zu werden, gibt es verschiedene Ziele, die bei der Umsetzung dieser Anforderung erfüllt werden müssen. Eines dieser Ziele ist die Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster.

Entwickelt wurden für die Bearbeitung der Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster (QL) entsprechende Erfassungshinweise durch Mitarbeiter des Kataster- und Vermessungsamts Landkreis Oder-Spree.

Nach dem Vorbild der „QL-Erfassungshinweise im Land Brandenburg“ sind diese von einer Arbeitsgruppe der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörden für das Land Mecklenburg-Vorpommern mit geringen Änderungen eingeführt worden.

Im Kapitel 5.7 und 5.8 werden die wichtigsten Punkte dieser QL-Erfassungshinweise sowohl theoretisch als auch praktisch an zwei Projekten in Hinblick auf wirtschaftliches Arbeiten kritisch betrachtet.

Für die einheitliche Auswertung sämtlicher amtlicher Vermessungen, ist die umfangreiche Attributierung der Punkte notwendig. Die Festlegungen, wie die Punktdaten des Liegenschaftskatasters in Mecklenburg-Vorpommern zu führen sind, ist der Anlage 9 der ALKIS-Verwaltungsvorschrift zu entnehmen.

Unterschieden werden die Punkte in ALKIS nach Objektarten, wobei den einzelnen Objektarten verschiedene Attribute zugeordnet sind. Die Punktobjekte bestehen aus einem Fachobjekt (zusammengesetztes Objekt / ZUSO) und mindestens einem Punktort (raumbezogenes Elementarobjekt / REO).

Beispielsweise ist die Art des Punktes eine Objektart des Datentyps ZUSO (Abbildung 14 (gelber Kreis)). Dies bedeutet, dass alle Fachinformationen zum Punkt in diesen Objektarten gespeichert werden und diese einzelnen Objektarten verschiedene Attribute besitzen. Zu den verschiedenen Objektarten werden immer die Punktorte des Datentyps REO zugeordnet (Abbildung 14 (blauer Kreis)). Die Punktorte beinhalten die wichtigen Informationen über die Koordinaten und deren Qualitätsangaben.

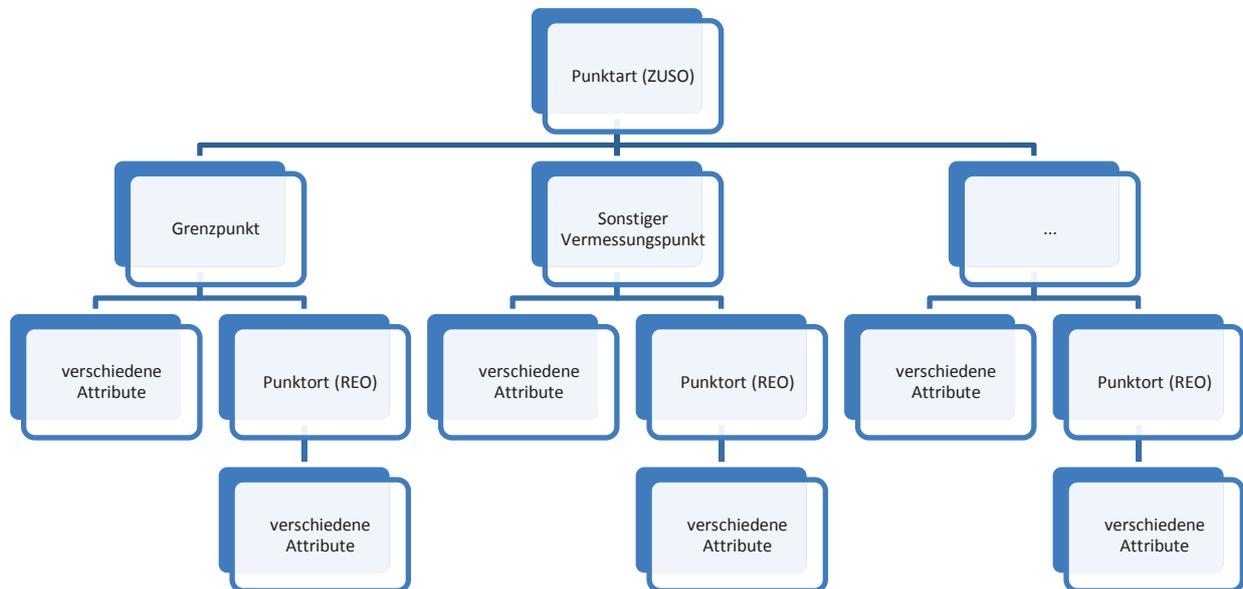


Abbildung 13 – Überblick über die Anordnung der Objektgruppen an Beispielen

Wird die Punktobjektart „Grenzpunkt“ gewählt, kann diese Objektart durch folgende Attribute beschrieben werden:

- Punktkennung (PKN),
- Zuständige Stelle (ZST),
- Vermarkungsart (ABM/VMA),
- Bemerkung zur Abmarkung (BZA),
- Relative Höhe (RHO),
- Zeitpunkt der Entstehung,
- Sonstige Eigenschaft (SOE),
- Festgestellter Grenzpunkt,
- Besondere Punktnummer,

die in der Abbildung 14 mit roten Markierungen gekennzeichnet sind. Die Attribute des Punkorts werden hingegen durch folgende Attribute beschrieben:

- Genauigkeitsstufe (GST),
- Koordinatenstatus (KST),
- Vertrauenswürdigkeit (VWL),
- Herkunft (DES),
- Lagezuverlässigkeit (LZK),
- Überprüfungsdatum,

die in der Abbildung 14 mit grünen Markierungen gekennzeichnet sind.

Punkt bearbeiten [89] 334593234001003

Punktart: Grenzpunkt

zuständige Stelle (ZST): Kataster- und Vermessungsamt LK Vorpommern-Gre

Abmarkung (ABM/VMA): 1100 - Stein

relative Höhe (RHO) in m: 0.00

Bemerkung zur Abmarkung (BZA): <nicht belegt>

Entstehung: ohne Datum

Sonstige Eigenschaft (SOE): ALK-PAR: 2, ALK-PKZ: 5459323704190

festgestellter Grenzpunkt (FGP):

Besondere Punktnummer:

ETRS89_UTM33

Genauigkeitsstufe (GST): <nicht belegt>

Koordinatenstatus (KST): 1000 - Amtliche Koordinaten bzw. amtliche Höhe

Vertrauenswürdigkeit (VWL): 1300 - Vertrauenswürdigkeitsstufe Bestimmungsverfahren

Herkunft (DES): 1800 - Aus Koordinatentransformation ermittelt

Lagezuverlässigkeit (LZK): Nein

Überprüfungsdatum: ohne Datum

Erhebungsdatum: ohne Datum

Berechnungsdatum: 01.01.2006

Zusatzattribute [Edit-Modus] Standardfeld OK Abbrechen

Abbildung 14 – Überblick über die Attribute eines Punktes

Um in der späteren Auswertung aussagekräftige Angaben über die Qualität der Punkte zu treffen, sind die Attribute Genauigkeitsstufe (GST) und Vertrauenswürdigkeit (VWL) von höchster Priorität. Die Qualitätsangaben wie Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Vertrauenswürdigkeit erhält man nur über die Ausgleichsrechnung, die im Kapitel 3 beschrieben wird.

3. Ausgleichsrechnung

3.1 Grundlagen der Ausgleichung

In der Geodäsie gibt es zahlreiche Einflüsse, die das Ergebnis der Messung beeinflussen können. Diese Einflüsse sind u.a. Geräteungenauigkeiten, verbliebende Restfehler nach Kalibrierung/Justierung, Umwelteinflüsse und die Unzulänglichkeit der menschlichen Sinne. Nachdem Grundsatz „eine Messung ist keine Messung“ sollten die Messungen (=Beobachtungen) mehrere Male wiederholt werden. Dies dient nicht nur aus Kontrollgründen, sondern auch zur Erhöhung der Messgenauigkeit.

Es gibt drei Bereiche in dem die Fehler/Abweichungen eingeordnet werden:

- Grobe Fehler
- Systematische Abweichung (früher: systematische Fehler)
- Zufällige Abweichung (früher: zufällige Fehler)

Die groben Fehler entstehen meist durch mangelnde Konzentration beim Messen, z.B. Zahldreher oder Zielverwechslung und sind völlig fehlerhafte Messwerte. Diese können allerdings durch unabhängige Kontrollmessungen/-rechnungen verhindert werden.

Hingegen werden die systematischen Abweichungen durch nicht beherrschbare äußere Einflüsse, wie z.B. Temperatur oder Kalibrierfehler hervorgerufen. Sie wirken nur einseitig (Vorzeichen ist positiv oder negativ) und bewirken, dass die Ergebnisse zu groß oder zu klein werden. Sie können nicht durch Wiederholungsmessungen eliminiert werden. Um die Abweichungen soweit wie möglich zu beseitigen, sollten die Instrumente immer sorgfältig kalibriert sein und geeignete Messverfahren gewählt werden.

Die zufälligen Abweichungen können bei der Messung nicht verhindert werden. Hervorgerufen werden sie durch unkontrollierbare zufällige Veränderungen des Messobjekts und die durch die Kalibrierung nicht mehr erfassbaren zufälligen Genauigkeitsschwankungen der Instrumente.

Um nicht nur die Fehler aufzudecken, sondern auch die Kontrolliertheit (Zuverlässigkeit) und die Genauigkeit einer Messung zu garantieren, wird die Anwendung der Ausgleichsrechnung in der Geodäsie sehr empfohlen. Weiter bietet die Ausgleichsrechnung die Möglichkeit, unterschiedliche Messungen (Messband-, Tachymeter- oder GNSS-Messungen) mit deren unterschiedlichsten Genauigkeiten in einem Modell gleichzeitig auszuwerten.

Die Modelle, die in der Ausgleichung unterschieden werden, sind folgend dargestellt:

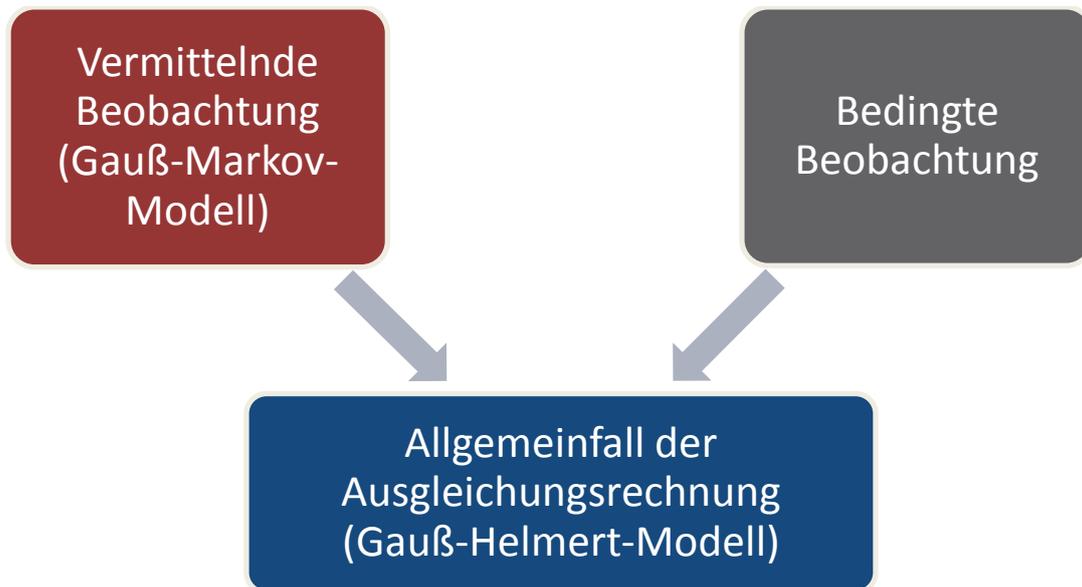


Abbildung 15 – Klassifizierung der Ausgleichungsmodelle (Foppe, 2009)

3.2 Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen

Das Verfahren der vermittelnden Beobachtungen wird angewandt, wenn mehrere Unbekannte gemeinsam zu bestimmen sind und die Anzahl der Beobachtungen größer ist als die der Unbekannten. Dabei sind in sehr vielen Fällen nicht die Unbekannten selbst beobachtet worden, sondern andere Größen, die mit ihnen in einem funktionellen Zusammenhang stehen. So werden z.B. Richtungen gemessen; als Unbekannte aber werden die Koordinaten des Neupunktes eingeführt. Zur Lösung drückt man zunächst in den Fehlergleichungen die Beobachtungen durch die Unbekannten aus, so dass man sie „mittels“ der Unbekannten miteinander vergleichen kann.

$$\Phi(\tilde{X}) = \tilde{L}$$

Formel 1 – Ausgleichungsansatz (Foppe, 2009)

3.2.1 Funktionales Modell

Die wichtigsten Parameter der Ausgleichsrechnung sind zum einen die Beobachtungen und zum anderen die Unbekannten. Die *Beobachtungen*, die in einem Beobachtungsvektor L zusammengefasst werden, können z.B. Längen oder Winkel sein, die mit einem Instrument

beobachtet worden sind. Die *Unbekannten*, die in einem Unbekanntenvektor X zusammengefasst werden, sind in der Regel die zu erhaltenden Koordinaten für die gesuchten Punkte. Da die Unbekannten oft nicht direkt gemessen werden können, stehen sie in einem funktionalen Zusammenhang mit den Beobachtungen (funktionales Modell). Wichtig für die Ausgleichsrechnung ist es, dass das System überbestimmt ist. Dies bedeutet, dass stets mehr Beobachtungen vorliegen sollten, als Unbekannte ($L > X$). Dies hat den Vorteil, dass alle Beobachtungen in die Ausgleichung einfließen und kein Messwert ungenutzt bleibt. Wäre dies nicht der Fall, d. h. wäre eine gleiche Anzahl an Beobachtungen wie Unbekannte gegeben ($L = X$), könnten die Parameter zwar berechnet werden, aber es gäbe keinerlei Aussagen über die Qualität der Messung.

$$L = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{bmatrix}$$

Formel 2 – Beobachtungsvektor (Foppe, 2009)

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_u \end{bmatrix}$$

Formel 3 – Unbekanntenvektor (Foppe, 2009)

Voraussetzung zum Aufstellen des funktionalen Modells ist es, dass es zwischen den Messgrößen L und den zu bestimmenden Parametern X einen sachlogischen Zusammenhang gibt. Dieser Zusammenhang muss plausibel und funktional erfassbar sein. Somit kommt es im funktionalen Modell zur Einführung von „wahren“ Werten. Damit wird der Zusammenhang zwischen den wahren Werten der Beobachtungen \tilde{L} und den wahren Werten der Unbekannten beschrieben \tilde{X} . Da in der Ausgleichung größtenteils die wahren Werte nicht bekannt sind, werden der Beobachtungsvektor und der Unbekanntenvektor durch andere Parameter ersetzt. Der Beobachtungsvektor durch die tatsächlichen Beobachtungen L und kleinen Verbesserungen v und der Unbekanntenvektor durch die geschätzten (ausgeglichenen) Unbekannten \hat{X} . Um die ausgeglichenen Unbekannten \hat{X} zu erhalten, wird der Unbekanntenvektor zerlegt und setzt sich somit aus der Addition von fixen (nichtstochastischen) Näherungswerten X^0 und den stochastischen Koordinatenzuschlägen \hat{x} zusammen. Diese stochastischen Koordinatenzuschläge \hat{x} sind die eigentlichen Parameter im linearisierten Ausgleichsmodell. Sollten für die Unbekannten Näherungswerte X^0 vorliegen, kann der Unbekanntenvektor zerlegt werden.

Diese Näherungskordinaten erhält man u.a.:

- aus dem Katasternachweis (Koordinaten mit geringerer Lagequalität)
- durch berechnete Koordinaten
- im Felde erzeugte Koordinaten
- digitalisierte Koordinaten
- grafische Koordinaten oder
- Schätzwerte.

$$X^0 = \begin{bmatrix} (X_1)_0 \\ (X_2)_0 \\ \vdots \\ (X_u)_0 \end{bmatrix}$$

Formel 4 – genäherte Unbekannte (Foppe, 2009)

Da die Ausgleichung ausschließlich Verbesserungswerte liefert, die an die Näherungswerte angebracht werden, sollten die Näherungswerte relativ genau sein. Zu beachten ist hierbei, dass die Näherungswerte L^0 für die Messgrößen an den Näherungsstellen X^0 bestimmt und nicht frei gewählt werden.

$$L_i^0 = f_i(X_1^0, X_2^0, \dots, X_u^0)$$

Formel 5 – genäherten Beobachtungen (Foppe, 2009)

Um die linearisierte Verbesserungsgleichung aufzustellen, muss der Vektor der gekürzten Beobachtungen l berechnet werden. Dieser ergibt sich aus der eigentlichen Beobachtung L und den vorher bestimmten Näherungswerten L^0 .

$$l = L - L^0$$

Formel 6 – gekürzte Beobachtungen (Foppe, 2009)

Somit steht die linearisierte Form des funktionalen Modells. Diese Verbesserungsgleichung bildet das Fundament für sämtliche weitere Berechnungen zum funktionalen Modell.

$$\hat{l} = l + v = A * \hat{x}$$

Formel 7 – linearisierte Verbesserungsgleichung (Foppe, 2009)

Bei *linearen Beziehungen*, wie z.B. bei einem Höhennetz, können die linearen Verbesserungsgleichungen schnell und ohne großen Rechenaufwand aufgestellt werden.

$$\hat{L}_j = L_j + v_j = \Phi_j(\hat{X})$$

Formel 8 – nichtlineare Verbesserungsgleichungen (Foppe, 2009)

Allerdings gibt es zwischen einer *linearen Beziehung* und einer *nichtlinearen Beziehung* einen großen Unterschied, der anhand der Formeln 9 und 10 zu erkennen ist:

Lineare Beziehung

$$l + v = H_2 - H_1$$

Formel 9 – lineare Beziehung (Niemeier, 2008)

Nichtlineare Beziehung

$$l + v = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Formel 10 – nichtlineare Beziehung (Niemeier, 2008)

Mit einigen Ausnahmen (z.B. bei einem Höhennetz) kommen in der Geodäsie die *nichtlinearen Beziehungen* zwischen den Messgrößen und den Parametern relativ häufig vor. Da für eine Parameterschätzung zwischen Messgrößen und den Parametern eine *lineare Beziehung* Voraussetzung ist, muss eine Linearisierung durchgeführt werden. Diese Linearisierung wird mittels der Reihenentwicklung nach Taylor durchgeführt. Hierbei kann der Funktionswert f an einer Stelle $X^0 + x$ bestimmt werden. Voraussetzung dafür ist, dass der Fortschritt x relativ klein ist, d.h. ein gleichmäßiger Funktionsverlauf gegeben ist und die Funktion f_0 in X^0 bekannt ist.

$$f(X^0 + x) = f_i(X^0) + \left(\frac{\partial f}{\partial X}\right)_{X=X^0} * x + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial X^2}\right)_{X=X^0} * x^2 + O(x^3)$$

Formel 11 – Reihendarstellung nach Taylor (Niemeier, 2008)

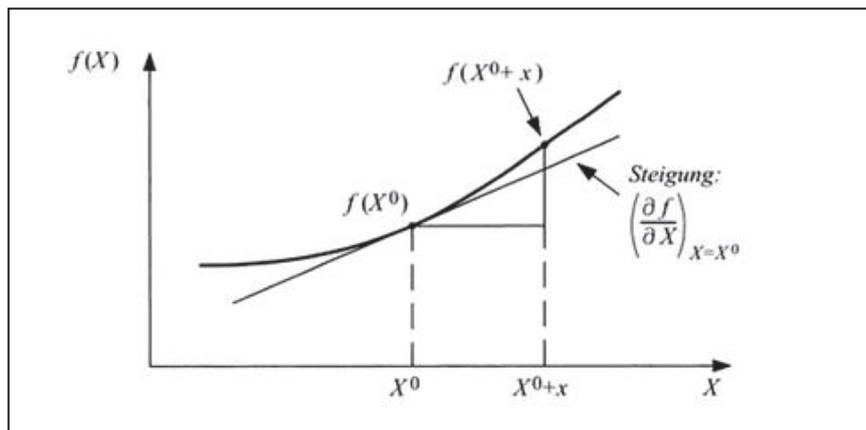


Abbildung 16 – Prinzip der Taylorreihe für einen Parameter (Niemeier, 2008)

In der sich nun ergebenden Reihenentwicklung ergibt sich die partielle Ableitung der Funktion in X^0 . Diese kann als Steigung der Tangente im Punkt $f(X^0)$ angesehen werden. In der Abbildung 16 ist erkenntlich, dass die partielle Ableitung eine Näherungslösung X^0 ist. Dies führt nur dann zu einer guten Annäherung für den gesuchten Funktionswert $f(X^0 + x)$, wenn die Fortschritte in x klein sind (d.h. bei guten Näherungskoodinaten). Aufgrund der gewünschten Linearität, wird die Reihenentwicklung auf Glieder der 1.Ordnung beschränkt und es werden die folgenden Ableitungen vernachlässigt.

Wie in der Formel 12 zu sehen ist, wird anschließend jede n te Beobachtung L_i als n te Funktion f_i von den Unbekanntenparametern X_i dargestellt. Anschließend werden die partiellen Ableitungen ausgedrückt als a_{ij} und bilden die A- bzw. Designmatrix.

$$L_i + v_i = f_i(X_1^0, X_2^0, \dots, X_u^0) + \left(\frac{\partial f_i}{\partial X_1}\right)_{X^0} * \hat{x}_1 + \left(\frac{\partial f_i}{\partial X_2}\right)_{X^0} * \hat{x}_2 + \dots + \left(\frac{\partial f_i}{\partial X_u}\right)_{X^0} * \hat{x}_u$$

Formel 12 – allgemeine Darstellung der Taylorreihe (Niemeier, 2008)

$$a_{ij} = \left(\frac{\partial f_i}{\partial X_j}\right)_{X^0}$$

Formel 13 – partielle Ableitung (Niemeier, 2008)

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1u} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2u} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nu} \end{bmatrix}$$

Formel 14 – A- bzw. Designmatrix der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

3.2.2 Stochastisches Modell

Um im Ausgleichsprozess die für uns relevanten Genauigkeitsinformationen zu gewinnen, folgt die Ausarbeitung des stochastischen Modells. Beschrieben werden die Eigenschaften sämtlicher Beobachtungsgruppen in der Kovarianzmatrix Σ_{ll} . Sie besteht auf den Hauptdiagonalen aus den Standardabweichungen σ der Beobachtungen L_i und auf den Neben-Diagonal Elementen sind die Korrelationskoeffizienten ρ zwischen Beobachtungen (L_i und L_j) enthalten (Formel 15).

$$\Sigma_{ll} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12}\sigma_1\sigma_2 & \dots & \dots & \rho_{1n}\sigma_1\sigma_n \\ \rho_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & \dots & \dots & \rho_{2n}\sigma_2\sigma_n \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1}\sigma_n\sigma_1 & \rho_{n2}\sigma_n\sigma_2 & \dots & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Formel 15 – Kovarianzmatrix der Beobachtungen (Foppe, 2009)

Aufgabe eines Ingenieurs ist es, eine gute Abschätzung für die Genauigkeiten zu treffen. Diese im Vorfeld geschätzte Genauigkeit, auch a priori-Standardabweichung genannt, ist extrem wichtig, da die funktionalen Beziehungen die Genauigkeitsmaße der Parameter beeinflussen. Diese a priori-Standardabweichung kann festgelegt werden durch:

- Herstellerangaben
- Werte aus Vorschriften oder
- Erfahrungswerten
 - bei alten Liegenschaftsvermessungen für Streckenmessungen können Erfahrungswerte im Bereich von 30mm+200ppm* (gute Messung) bis 50mm+300ppm* (schlechte Messung) angenommen werden
 - bei Richtungsmessungen kann je nach verwendetem Gerät 3 bis 7 Milligon angenommen werden
 - nicht zu vernachlässigen ist die Zentriergenauigkeit von ca. 5 Millimeter

*= ppm bedeutet parts per million. (1ppm auf 1000 Meter = 1 Millimeter)

Streckenlänge [m]	σ bei 30mm+200ppm [cm]	σ bei 50mm+200ppm [cm]
20	3,5	5,5
50	4	6,5
100	5	8
200	7	11
300	9	14

Tabelle 7 – Erfahrungswerte bei Streckenmessungen (Köster, 2017)

Der entscheidende Faktor ist somit die Gewichtung der Beobachtungen. Da die Gewichtung einen Einfluss auf das bestmögliche Ergebnis hat, ist es wichtig, ob die Bestimmungsgenauigkeit stark oder schwach gewichtet wird. Beispielsweise bekommt eine durch ein Tachymeter aufgenommene Polarstrecke ein höheres Gewicht, als eine Messbandstrecke.

Für die Berechnung der Kofaktormatrix Q_{LL} wird eine Varianz σ_0^2 eingeführt. Diese „Varianz der Gewichtseinheit“ ist unbekannt, was aber die rechnerische Auswertung nicht beeinträchtigt. Mit der oft genutzten Annahme, dass die Varianz $\sigma_0^2 = 1$ ist, ist sofort zu erkennen, dass die Beobachtung mit einer großen Standardabweichung σ ein geringeres Gewicht annimmt.

$$Q_{LL} = \frac{1}{\sigma_0^2} * \Sigma_{LL}$$

Formel 16 – Kofaktormatrix der Beobachtungen (Foppe, 2009)

Die Gewichtsmatrix P ergibt sich aus der Inverse der Kofaktormatrix Q_{LL} .

$$P = Q_{LL}^{-1}$$

Formel 17 – Gewichtsmatrix (Foppe, 2009)

Das am häufigsten angewandte Schätzverfahren für Ausgleichsaufgaben ist die mathematische Methode der kleinsten Quadrate, die auch unter dem Namen „L2-Norm“ bekannt ist. Entwickelt wurde die Methode vom dem Mathematiker und Geodäten Carl Friedrich Gauß. Er hat das Weltbild in dem Vermessungswesen revolutioniert. Nach der Gauß’schen Methode ist davon auszugehen, dass jeder Messwert (=Beobachtung) fehlerbehaftet ist. Demzufolge erhält jede Beobachtung am Ende der Ausgleichsrechnung eine Verbesserung v . Diese Verbesserung ergibt sich aus der Differenz des ausgeglichenen (optimierten) Ergebnisses und dem Messwert. Ergibt nun das Quadrat aller Verbesserungen unter der Beachtung der jeweiligen einzelnen Gewichtung P ein Minimum, dann ist das bestmögliche Gesamtergebnis erreicht. Das Ergebnis soll somit sein, dass die ausgeglichenen Beobachtungen bzw. Unbekannten die wahrscheinlichsten Werte und alle ausgeglichenen Größen die kleinstmöglichen Standardabweichungen erhalten.

$$v^T * P * v \rightarrow \min$$

Formel 18 – Zielfunktion der Gauß’schen Methode (Foppe, 2009)

3.2.3 Ausgleichsalgorithmus

Mit dem gegebenen linearisierten und stochastischen Modell, kann das Rechenschema der Ausgleichsaufgabe starten und somit den Unbekanntenvektor \hat{x} bestimmen.

$$N * \hat{x} - n = 0$$

Formel 19 – Normalgleichung der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Hier wird als erstes das Absolutglied n auf die rechte Seite gebracht und wird ausgedrückt durch das Produkt der transponierten Designmatrix A^T , der Gewichtsmatrix P und den Beobachtungsvektor l .

$$n = A^T * P * l$$

Formel 20 – Absolutgliedvektor der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Gleichzeitig wird die Normalgleichungsmatrix aufgestellt, die aus dem Produkt der transponierten Designmatrix A^T , der Gewichtsmatrix P und der Designmatrix A berechnet wird.

$$N = A^T * P * A$$

Formel 21 – Normalgleichungsmatrix der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Anschließend folgt die Auflösung der Normalgleichungen und man erhält durch Inversion der Normalgleichungsmatrix die Kofaktormatrix der Unbekannten $Q_{\hat{x}\hat{x}}$.

$$Q_{\hat{x}\hat{x}} = N^{-1}$$

Formel 22 – Kofaktormatrix der Unbekannten (Foppe, 2009)

Mit der Kofaktormatrix der Unbekannten $Q_{\hat{x}\hat{x}}$ und dem Absolutglied n kann der Unbekanntenvektor \hat{x} berechnet werden.

$$\hat{x} = Q_{\hat{x}\hat{x}} * n$$

Formel 23 – Ausgeglichene gekürzte Unbekannte der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Mit den Unbekanntenvektor \hat{x} können die ausgeglichenen Unbekannten berechnet werden.

$$\hat{X} = X_0 + \hat{x}$$

Formel 24 – Ausgeglichene Unbekannte der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Danach folgt die Berechnung der Verbesserungen.

$$v = A * \hat{x} - l$$

Formel 25 – Vektor der Verbesserungen der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Mit den berechneten Verbesserungen ist es nun möglich die ausgeglichenen Beobachtungen zu berechnen.

$$\hat{l} = l + v$$

Formel 26 – Ausgegliche gekürzte Beobachtungen der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

$$\hat{L} = L + v$$

Formel 27 – Ausgegliche Beobachtungen der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Als letztes wird die Schlussprobe berechnet, die zu jeder Ausgleichung dazugehört.

$$\hat{L} = \Phi(\hat{X})$$

Formel 28 – Ausgleichsprobe der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

3.3 Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen

In dem Prozess der Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen wird sich nur in dem Bereich der Beobachtungen bewegt. Die Unbekannten kommen bei diesem Ansatz nicht vor, womit „nur“ eine Ausgleichung der inneren Geometrie stattfindet. Der Ausgleichungsansatz bedingter Beobachtungen lautet:

$$\Phi(\tilde{L}) = 0$$

Formel 29 – Ausgleichungsansatz der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)

Der Knackpunkt bei einer bedingten Ausgleichung ist, dass zwischen den einzelnen Beobachtungen mit mathematischen bzw. geodätischen Kenntnissen Bedingungen zu finden sind.

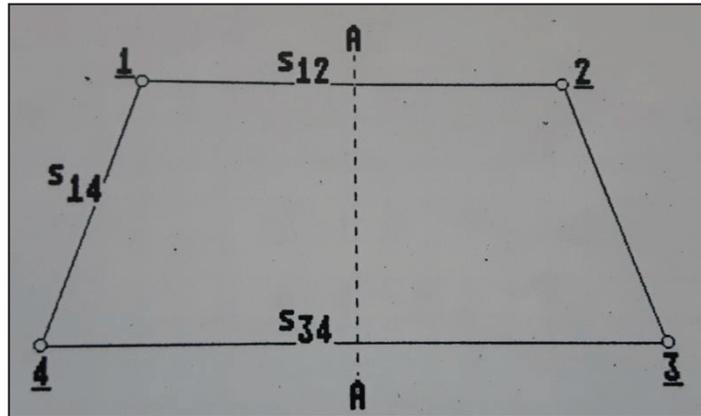


Abbildung 17 – symmetrisches Trapez (Foppe, 2016)

Beispielsweise sei die Aufgabe, dass aus einer Absteckung in Form eines symmetrischen Trapezes die vier Eckpunkte vorliegen. Gegeben seien die vier Koordinaten $(X_1, Y_1, \dots, X_4, Y_4)$ der Eckpunkte, die Länge der Seite $s_{14} = 650 \text{ m}$ und dass das Seitenverhältnis von $s_{12}:s_{34} = 3:4$ eingehalten werden soll. Damit die Geometrie des Trapezes fest ist, sind zwei Bedingungen nötig:

- Diagonalen gleich ($s_{13} = s_{24}$) und
- Strecke $s_{14} = s_{23}$

Wie viele einzelne Bedingungen bei vorkommenden Beobachtungen benötigt werden, ist nicht geregelt. Fakt ist allerdings, dass lineare Abhängigkeiten umgangen werden sollten, damit die Lösung eindeutig wird. Zur Vermeidung der linearen Abhängigkeit, sollte in jeder neuen Bedingungsgleichung mindestens eine noch nicht verwendete Beobachtung vorkommen. Für das Beispiel bedeutet das, alle vorhandene Beobachtungen aufzubrauchen. Hierfür werden nun zwei weitere Zusatzbedingungen benötigt:

- $s_{14} = 650 \text{ m}$
- $s_{12}:s_{34} = 3:4$

Mit den Bedingungen können anschließend die Bedingungsgleichungen aufgestellt werden. Die Anzahl der Bedingungsgleichungen kann wenn möglich auch aus den vermittelnden Beobachtungen abgeleitet werden.

$$\begin{aligned} \psi_1 &= \sqrt{(X_4 - X_2)^2 + (Y_4 - Y_2)^2} - \sqrt{(X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2} = 0 \\ &\vdots \\ \psi_4 &= 4 * \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} - 3 * \sqrt{(X_4 - X_3)^2 + (Y_4 - Y_3)^2} = 0 \end{aligned}$$

Formel 30 – aufgestellte Bedingungsgleichungen der bedingten Ausgleichung

Da es bei der bedingten Ausgleichung keinen Unbekanntenvektor X und keine Näherungswerte X^0 bzw. L^0 gibt, entfällt somit das Aufstellen der A- bzw. Designmatrix. Für die Linearisierung des funktionalen Modells werden ein Widerspruchsvektor w (Formel 31) und eine B-Matrix eingeführt. In der B-Matrix sind die partiellen Ableitungen nach den Beobachtungen enthalten (Formel 32).

$$w = \Psi(L) = \begin{bmatrix} \Psi_1(L) \\ \Psi_2(L) \\ \vdots \\ \Psi_r(L) \end{bmatrix}_0$$

Formel 31 – Widerspruchsvektor der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2016)

$$B = \frac{\partial \Psi(L)}{\partial L} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Psi_1}{\partial L_1} & \frac{\partial \Psi_1}{\partial L_2} & \dots & \frac{\partial \Psi_1}{\partial L_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Psi_r}{\partial L_1} & \frac{\partial \Psi_r}{\partial L_2} & \dots & \frac{\partial \Psi_r}{\partial L_n} \end{bmatrix}_0$$

Formel 32 – B-Matrix mit partiellen Ableitungen nach den Beobachtungen (Foppe, 2016)

Durch den Wegfall der A-Matrix ergibt sich eine vereinfachte Darstellung des linearisierten funktionalen Modells für die bedingte Ausgleichung.

$$B * v + w = 0$$

Formel 33 – linearisiertes funktionales Modell der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2016)

Mit dem linearisierten Modell kann der Algorithmus starten und die ausgeglichenen Beobachtungen \hat{L} berechnet werden. Die wichtigsten Formeln der Bedingten Ausgleichung werden anschließend aufgezeigt.

$$B * Q_{LL} * B^T * k + w = 0$$

Formel 34 – Normalgleichung der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)

$$N = B * Q_{LL} * B^T$$

Formel 35 – Normalgleichungsmatrix der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)

$$Q = N^{-1}$$

Formel 36 – Inversion der Normalgleichungsmatrix der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)

$$k = -Q * w$$

Formel 37 – Korrelatenvektor der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)

Mit der Einführung des Korrelatenvektor k kann anschließend der Vektor der Verbesserungen v der bedingten Ausgleichung gerechnet werden.

$$v = Q_{LL} * B^T * k$$

Formel 38 – Vektor der Verbesserungen der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)

$$\hat{L} = L + v$$

Formel 39 – Ausgegliche Beobachtungen der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)

3.4 Allgemeinfeld der Ausgleichsrechnung

Im Gegensatz zu der Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen, in dem genau eine Beobachtungsgröße in jeder Verbesserungsgleichung vorkommt, wird der Ansatz bei dem Allgemeinfeld der Ausgleichsrechnung erweitert. Der Allgemeinfeld ist einfach ausgedrückt, die Summe aus der Ausgleichung aus vermittelten Beobachtungen und der bedingten Ausgleichung. In diesem, auch als Gauß-Helmert bezeichnetem Modell, können gleichzeitig mehrere Beobachtungen und Unbekannte in den funktionalen Beziehungen vorkommen (s. nachfolgenden Ausgleichungsansatz).

$$\Psi(\hat{L}, \hat{X}) = 0$$

Formel 40 – Ausgleichungsansatz (Foppe, 2009)

Beispielsweise sei die Aufgabe, einen Kreis zu bestimmen. Über Richtungswinkel und Strecke sind n Punkte auf einem Kreis gemessen. So ergeben sich für die Bestimmung der Koordinaten die Formeln:

$$s_i * \cos t_i = X_i$$

Formel 41 – Berechnung über Richtungswinkel und Strecke (Gruber, et al., 2004)

$$s_i * \sin t_i = Y_i$$

Formel 42 – Berechnung über Richtungswinkel und Strecke (Gruber, et al., 2004)

Zur Definition des Kreises, wird die Kreisgleichung aufgestellt. Diese Kreisgleichung lautet:

$$(X_i - X_M)^2 + (Y_i - Y_M)^2 = R^2$$

Formel 43 – Kreisgleichung (Gruber, et al., 2004)

Mit dem Einsetzen der Formeln in die Kreisgleichung, ist zu sehen, dass die Bestimmung von X_i und Y_i nicht erforderlich sind und es kommen nur noch 3 Unbekannte vor (Mittelpunkt des Kreises (X_M, Y_M) und der Radius R).

$$(s_i * \cos t_i - X_M)^2 + (s_i * \sin t_i - Y_M)^2 - R^2 = 0$$

Formel 44 – nichtlineare Beziehung

Bei dieser nichtlinearen Beziehung sind zwei Beobachtungen und drei Unbekannte enthalten. Die Forderung bei dem Allgemeinen Ausgleichsansatz sagt aus, dass sich die jeweilige Funktion in mindestens einer Beobachtung unterscheiden und sämtliche Beobachtungen in den aufzustellenden Funktionen ein- oder mehrmals vorkommen sollen. (Niemeier, 2008)

Abhängig von der Anzahl der Beobachtungen sind folgend die Bedingungsgleichungen aufzustellen. Um dies besser visualisieren zu können, gehen wir anhand des Beispiels von acht gemessenen Punkten aus. Somit hätten wir 16 Beobachtungen und demzufolge acht Bedingungsgleichungen:

$$\begin{aligned} \Psi_1 &= (s_1 * \cos t_1 - X_M)^2 + (s_1 * \sin t_1 - Y_M)^2 - R^2 = 0 \\ \Psi_2 &= (s_2 * \cos t_2 - X_M)^2 + (s_2 * \sin t_2 - Y_M)^2 - R^2 = 0 \\ &\vdots \\ \Psi_8 &= (s_8 * \cos t_8 - X_M)^2 + (s_8 * \sin t_8 - Y_M)^2 - R^2 = 0 \end{aligned}$$

Formel 45 – aufgestellte Bedingungsgleichungen für die allgemeine Ausgleichung

Um der Grundforderung der Ausgleichsrechnung nachzugehen, müssen auch hier die nichtlinearen Beziehungen bearbeitet werden. Dafür werden für X und L wieder

Näherungswerte eingeführt. Die partiellen Ableitungen für die Linearisierung sind hier nach den Beobachtungen und den Unbekannten durchzuführen.

$$\Psi(\hat{L}, \hat{X}) = \Psi(L, X_0) + \frac{\partial \Psi(L, X)}{\partial L} \underbrace{(\hat{L} - L)}_v + \frac{\partial \Psi(L, X)}{\partial X} \underbrace{(\hat{X} - X_0)}_{\hat{x}} = 0$$

Formel 46 – Taylor-Entwicklung des funktionalen Modells (Foppe, 2016)

Mit den Beobachtungen, den Unbekannten und den Bedingungen (funktionalen Beziehungen) ist diese Taylor-Entwicklung ist sehr komplex. Daher wird ein Widerspruchsvektor w , eine B-Matrix und die bereits bekannte A-Matrix eingeführt. Wobei die B-Matrix die partiellen Ableitungen nach den Beobachtungen und die A-Matrix die partiellen Ableitungen nach den Unbekannten enthält.

$$w = \Psi(L, X_0) = \begin{bmatrix} \Psi_1(L, X_0) \\ \Psi_2(L, X_0) \\ \vdots \\ \Psi_r(L, X_0) \end{bmatrix}_0$$

Formel 47 – Widerspruchsvektor (Foppe, 2016)

$$B = \left(\frac{\partial \Psi(L, X)}{\partial L} \right)_0 = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Psi_1}{\partial L_1} & \frac{\partial \Psi_1}{\partial L_2} & \dots & \frac{\partial \Psi_1}{\partial L_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Psi_r}{\partial L_1} & \frac{\partial \Psi_r}{\partial L_2} & \dots & \frac{\partial \Psi_r}{\partial L_n} \end{bmatrix}_0$$

Formel 48 – B-Matrix mit partiellen Ableitungen nach den Beobachtungen (Foppe, 2016)

$$A = \left(\frac{\partial \Psi(L, X)}{\partial X} \right) = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Psi_1}{\partial X_1} & \frac{\partial \Psi_1}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial \Psi_1}{\partial X_u} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial \Psi_r}{\partial X_1} & \frac{\partial \Psi_r}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial \Psi_r}{\partial X_u} \end{bmatrix}$$

Formel 49 – A-Matrix mit partiellen Ableitungen nach den Unbekannten (Foppe, 2016)

Durch die eingeführten Matrizen (A, B) und den Widerspruchsvektor w , ergibt sich eine übersichtliche Darstellung des linearisierten funktionalen Modell für den Allgemeinfeld der Ausgleichung:

$$B * v + A * \hat{x} + w = 0$$

Formel 50 – linearisiertes funktionales Modell für den Allgemeinfeld der Ausgleichung (Foppe, 2009)

Die wichtigsten Formeln zu der Allgemeinen Ausgleichung werden in dem Ausgleichsalgorithmus aufgezeigt:

$$\begin{bmatrix} B * Q_{LL} * B^T & A \\ A^T & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} k \\ \hat{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W \\ 0 \end{bmatrix} = 0$$

Formel 51 – Normalgleichung in Blockmatrixschreibweise der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)

Zur einfacheren Berechnung, wird die Blockmatrix durch Q -Elemente ersetzt und nach der relevanten Matrix mit den Elementen k und \hat{x} umgestellt.

$$\begin{bmatrix} k \\ \hat{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} W \\ 0 \end{bmatrix}$$

Formel 52 – Auflösung der Normalgleichung in übersichtlicher Form (Foppe, 2009)

Die verschiedenen Beziehungen der einzelnen Q -Matrizen sind folgend aufgezeigt.

$$Q_{11} = -(B * Q_{LL} * B^T)^{-1} * (E - A * Q_{21})$$

Formel 53 – 1.Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)

$$Q_{12} = -(B * Q_{LL} * B^T)^{-1} * A * Q_{22}$$

Formel 54 – 2. Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)

$$Q_{21} = Q_{12}$$

Formel 55 – 3. Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)

$$Q_{22} = [A^T * (B * Q_{LL} * B^T)^{-1} * A]$$

Formel 56 – 4.Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)

Mit den Korrelatenvektor k und Verbesserungsvektor v , die beide wie bei der bedingten Ausgleichung aufgestellt sind, ist der Unbekanntenvektor zu ermitteln.

$$\hat{x} = Q_{21} * w$$

Formel 57 – ausgeglichene gekürzte Unbekannten der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)

Letztlich können mit dem allgemeinen Fall der Ausgleichung alle Probleme behoben werden, wobei das auch den großen Nachteil der allgemeinen Ausgleichung aufzeigt: ihre Komplexität. Deswegen sollte bei der Ausgleichung das Modell nach vermittelnden Beobachtungen anzustreben sein.

3.5 Qualitätsbeurteilung/-maße

Eine Ausgleichung ist nur dann sinnvoll, wenn Überbestimmungen vorliegen. Dies bedeutet, umso mehr Überbestimmungen gemessen werden, desto aussagekräftiger ist das Ergebnis der Ausgleichung und liefert umfangreiche Informationen über die Qualität der Messung. Die Qualitätskriterien lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

- Genauigkeit und
- Zuverlässigkeit

3.5.1 Genauigkeit

Die **Genauigkeit** sagt aus, wie präzise die Koordinaten oder Unbekannten bestimmt werden können. Vorausgesetzt, der funktionale Zusammenhang zwischen Messgrößen und den zu schätzenden Parametern ist fehlerfrei und die a priori Annahmen über die Standardabweichungen treffen zu. Somit beschreibt die Genauigkeit die „Qualität des Entwurfs“.

3.5.1.1 Globale Genauigkeit

Die Genauigkeitsmaße der ausgeglichenen Unbekannten sind der Kofaktormatrix $Q_{\hat{x}\hat{x}}$ zu entnehmen.

$$s_0^2 = \frac{v^T * P * v}{n - u}$$

Formel 58 – Varianz der Gewichtseinheit (a posteriori) der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)

Neben der Kofaktormatrix der ausgeglichenen Unbekannten ist für eine ausreichende Beurteilung der Genauigkeit die Varianz der Gewichtseinheit (a posteriori) s_0^2 zu berechnen. Mit der berechneten Varianz der Gewichtseinheit (a posteriori) s_0^2 findet ein Vergleich mit der Standardabweichung a priori σ_0^2 statt, um den Gewichtsansatz zu überprüfen. Für diesen Vergleich gibt es zwei Möglichkeiten, den statistischen Test oder die Berechnung des Konfidenzbereichs. Bei dem statistischen Test wird die Fisher-Verteilung und bei den Konfidenzbereich wird die χ^2 -Verteilung angewendet.

Beispiel für den statistischen Test:

Hypothesen:	$H_0 : E\{s_0^2\} = \sigma_0^2$ $H_A : E\{s_0^2\} > \sigma_0^2$	
Testgröße:	$\hat{F} = \frac{\sigma_0^2}{s_0^2} = \frac{1}{?} = ?$	
Quantil:	$F_{f_1, f_2, 1-\alpha} = F_{\infty, ?, 0,95} = ?$	$\alpha = 0,05 = \text{signifikant}$ $\alpha = 0,01 = \text{hochsignifikant}$
Entscheidung:	$\hat{F} \leq F \rightarrow H_0 \text{ annehmen}$ $\hat{F} > F \rightarrow H_A \text{ annehmen}$	

Abbildung 18 – Beispiel statistischer Test

Diese Testgröße \hat{F} sollte dem Erwartungswert 1 nahe kommen. Ist das Ergebnis > 1 sind die Messwerte somit ungenauer als angenommen. Ist das Ergebnis < 1 sind die Messwerte genauer als angenommen. Der anzustrebende Bereich ist abhängig von dem Quantil, das von der Anzahl der Beobachtungen vorgegeben wird (nähere Beschreibung siehe Kapitel 5.5).

Wenn die Standardabweichung außerhalb des Konfidenzbereichs liegt oder die Nullhypothese bei dem statistischen Test verworfen wird, muss das Modell überprüft werden. Die möglichen Ursachen, wie z.B. unrealistische a priori Schätzung in der Σ_{ll} oder Fehler im funktionalen Modell, sollten überprüft und behoben werden. Dieser statistische Test wird als **Globaltest** bezeichnet.

Wenn allerdings die a posteriori Standardabweichung von der a priori Standardabweichung abweicht, kann das ein Indiz dafür sein, dass das stochastische Modell falsch angesetzt wurde oder dass das funktionale Modell ungenügend ist. Für das stochastische Modell würde das bedeuten, dass die a priori Standardabweichung nicht die numerischen Werte der ausgeglichenen Unbekannten beeinflussen würde. Beim dem funktionalen Modell würde das bedeuten, wenn grobe Fehler in den Beobachtungen wären, würden die sich direkt auf die Unbekannten auswirken und diese verfälschen.

Statistik Beobachtungsgruppen				
Beobachtungstyp	Varianzanteil	Redundanzanteil		VVP
Referenzkoordinaten	0.07	72.3	27.6 %	0.31
Strecken	0.45	64.0	24.4 %	12.85
Abszissen	0.41	73.4	28.0 %	12.25
Ordinaten	0.33	49.6	18.9 %	5.47
Maßstäbe	0.41	2.8	1.1 %	0.48
Insgesamt	0.35	262.0	100.0 %	31.36

Abbildung 19 – zu schlecht geschätzte Beobachtungsgruppen und somit müssen die Standardabweichungen a priori angepasst werden

Statistik Beobachtungsgruppen				
Beobachtungstyp	Varianzanteil	Redundanzanteil		VVP
Referenzkoordinaten	1.80	0.8	0.8 %	2.71
Strecken	0.83	8.5	8.2 %	5.81
Abszissen	1.06	30.3	29.1 %	34.29
Ordinaten	0.75	29.7	28.6 %	16.57
Maßstäbe	0.85	7.9	7.6 %	5.71
Richtungen	0.67	5.2	5.0 %	2.28
Polarstrecken	1.36	21.7	20.8 %	40.13
Insgesamt	1.02	104.0	100.0 %	107.49

Abbildung 20 – gut geschätzte Beobachtungsgruppen

Liegt die Standardabweichung im Konfidenzbereich oder kann die Nullhypothese beim statistischen Test angenommen werden, kann die Berechnung der Kovarianzmatrix der ausgeglichenen Unbekannten $\Sigma_{\hat{x}\hat{x}}$ erfolgen.

$$\Sigma_{\hat{x}\hat{x}} = s_0^2 * Q_{\hat{x}\hat{x}}$$

Formel 59 – Kovarianzmatrix der ausgeglichenen Unbekannten (Foppe, 2009)

3.5.1.2 Lokale Genauigkeitsmaße

Natürlich liegt bei der Beurteilung der Qualität das Interesse auch auf die Genauigkeitsbereiche der Koordinaten der Punkte. Diese können für neutrale Beobachter über Ellipsen visualisiert und somit leichter interpretierbar gemacht werden. Dafür wird ein entsprechender Ausschnitt aus der Kofaktormatrix $Q_{\hat{x}\hat{x}}$ verwendet, nämlich die sich auf den Hauptdiagonalen befindliche Submatrix Q_{jj} . Multipliziert mit den verlässlichen Schätzwert s_0^2 , der bereits im Vorhinein berechnet worden ist, erhält man die Submatrizen aus der Kovarianzmatrix der ausgeglichenen Unbekannten $\Sigma_{\hat{x}\hat{x}}$. So ergibt sich aus der 2x2 Submatrix für jeden beliebigen Punkt die Kenngrößen der Ellipse. Es lassen sich also die Standardabweichungen der Koordinaten (s_x, s_y) , die Standardabweichungen der jeweiligen Punkte (s_p) , die großen bzw. kleinen Halbachsen (a_1, a_2) und der Richtungswinkel (θ) berechnen.

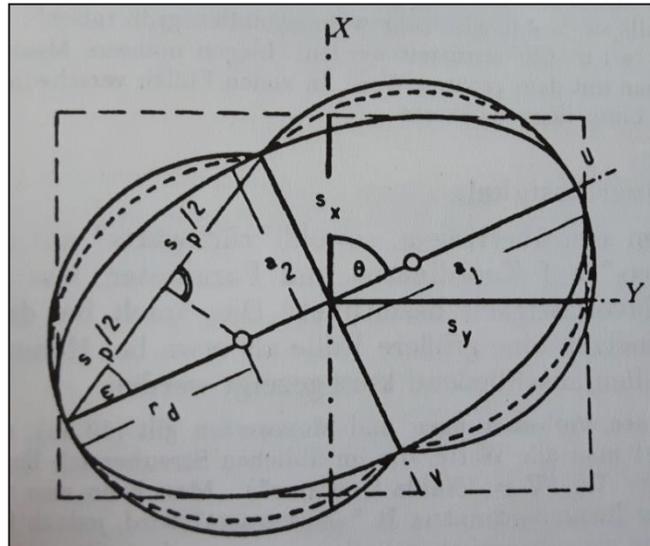


Abbildung 21 – Übersicht über die Parameter einer Fehlerellipse (Baumann, 1998)

Diese Ellipsen werden unterschieden in Fehlerellipsen (auch bekannt unter dem Namen Helmertsche Fehlerellipsen) und Konfidenzellipsen. Der Unterschied ist der, dass die Fehlerellipse den wahren Punkt nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 39,3% (Neitzel, 2017) und die Konfidenzellipse den wahren Punkt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% umschließt (Abbildung 22).

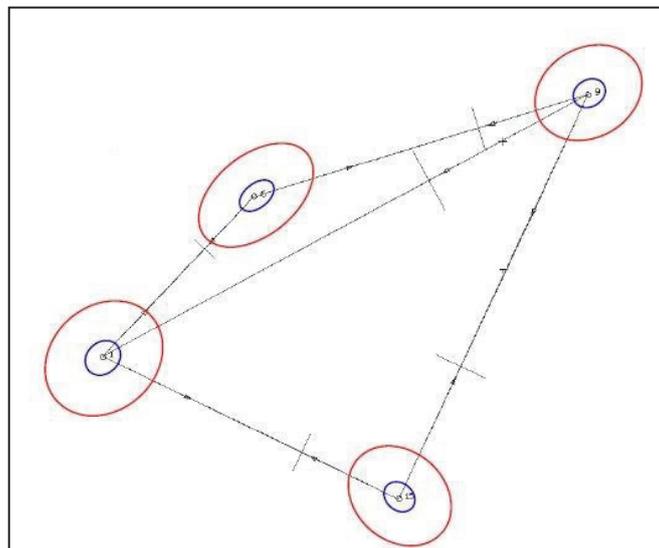


Abbildung 22 – Visualisierung des Unterschieds zwischen Fehler- und Konfidenzellipse (Neitzel, 2017)

3.5.2 Zuverlässigkeit

Die **Zuverlässigkeit** gibt Auskunft über die im Ausgleichsmodell enthaltenen Kontrollmöglichkeiten für die Beobachtungen. Zu entnehmen sind die wesentlichen Informationen der Kofaktormatrix für die Verbesserungen Q_{VV} .

$$Q_{VV} = Q_{LL} - Q_{\hat{L}\hat{L}}$$

Formel 60 – Kofaktormatrix der Verbesserungen (Foppe, 2009)

$$Q_{\hat{L}\hat{L}} = A * Q_{\hat{X}\hat{X}} * A^T$$

Formel 61 – Kofaktormatrix der ausgeglichenen Beobachtungen (Foppe, 2009)

Um die Kontrolliertheit bzw. Kontrollierbarkeit zu gewährleisten, ist es notwendig, die Beobachtungen durch unabhängige Elemente zu kontrollieren. Die Zuverlässigkeit einer Ausgleichungsaufgabe hängt also ab von:

- der Anzahl der überschüssigen Beobachtungen (Gesamtredundanzen) und
- der Aufnahmekonfiguration (geometrische Anordnung).

Um eine zuverlässige Aufnahmekonfiguration zu gewährleisten, sollte sie so angelegt werden, dass sich die Beobachtungen gegenseitig kontrollieren. Umzusetzen wäre dies über das doppelte polare Aufmaß oder der unabhängigen doppelten GNSS-Messung.

Die Aufnahmekonfiguration gibt zum einen, die Lage der Messungen zueinander und zum anderen, die Gewichte der Messungen an. Wobei die Design-Matrix A den Einfluss der Lage der Messungen zueinander und die Gewichtsmatrix P den Einfluss der Gewichte der Messungen enthält. Entscheidend für das Gewicht ist im Allgemeinen die Länge des Messelements, d.h. je kürzer, desto genauer.

Die überschüssigen Beobachtungen erreicht man beispielsweise bei der Bestimmung eines Neupunkts mittels Vorwärtsschnitt, wenn von beiden Standpunkten jeweils der Neupunkt berechnet wird. Mit vier Beobachtungen ($D1$, $D2$, α und β) und zwei Unbekannten (x_N und y_N), wäre die Gesamtredundanz = 2. Dies wäre eine zuverlässige Bestimmung des Neupunkts und ein möglicher Fehler in einer Beobachtung könnte aufgedeckt werden.

Die Gesamtredundanz r , auch unter den statistischen Freiheitsgraden f bekannt, ergibt sich aus der Differenz der Beobachtungen n und den Unbekannten u .

$$r = f = n - u$$

Formel 62 – Gesamtredundanz (Neitzel, 2017)

In Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit gibt die Bedingungsichte B bzw. der durchschnittliche Redundanzanteil \bar{r} an, wie gut ein Netz bestimmt ist. Sie gibt das Verhältnis der Gesamtredundanz zu den Gesamtbeobachtungen an.

$$B = \bar{r} = \frac{r = f}{n}$$

Formel 63 – Bedingungsichte (Foppe, 2009)

Als Redundanzanteil r_i , wird das i -te Diagonalelement der Kofaktormatrix Q_{VV} bezeichnet. Berechnet wird der Anteil einer Beobachtung an der Gesamtredundanz.

$$r_i = (q_{vv})_{ii}$$

Formel 64 – Redundanzanteil (Niemeier, 2008)

Mit der Gesamtredundanz lässt sich die Berechnung des mittleren Redundanzanteils durchführen. Der mittlere Redundanzanteil ergibt sich, wenn die Gesamtredundanz gleichmäßig auf die Beobachtungen verteilt wird und man erkennt, ob die Messung gut oder schlecht kontrolliert ist. Beispielsweise mit 20 Beobachtungen und 17 Unbekannten ergäbe der mittlere Redundanzanteil nur 15%, was ein Hinweis auf schlecht kontrollierte Beobachtungen ist.

$$\hat{r} = 1 - \frac{u}{n}$$

Formel 65 – mittlerer Redundanzanteil (Neitzel, 2017)

Die Formel für den mittleren Redundanzanteil gilt aber nur, wenn alle Beobachtungen mit einer gleichen Genauigkeit eingeführt werden. Somit gilt der Wert \hat{r} für alle r_i . Das bedeutet, dass alle Beobachtungen gleich kontrolliert sind. In der Praxis sieht das natürlich anders aus. Hier haben die Beobachtungen meist unterschiedliche Genauigkeiten. Diese gehen somit

auch in das stochastische Modell ein. Der Zuverlässigkeitsparameter einer einzelnen Beobachtung berechnet sich statt der Formel 65 über die Formel 66.

$$r_i = 1 - \frac{q_{\hat{L}_j} q_{\hat{L}_j}}{q_{L_j} q_{L_j}}$$

Formel 66 – Redundanzanteil (Foppe, 2009)

Berechnen lässt sich der Redundanzanteil r_i aus dem Quotienten des Elements der Kofaktormatrix a posteriori und des Elements der Kofaktormatrix a priori, welcher von 1 abgezogen wird. Der Redundanzanteil der einzelnen Beobachtung r_i gibt an, wie überflüssig die jeweilige Beobachtung im Verhältnis zur Punktbestimmung ist. Eine Beobachtung mit einem Redundanzanteil von $r_i=0$, wäre von anderen Beobachtungen nicht kontrolliert. Wenn ein grober Fehler vorhanden wäre, könnte dieser nicht aufgedeckt werden, aber würde in die Berechnung zu 100% eingehen (Beispiel siehe Kapitel 5.5.1).

Wenn eine Beobachtung ein Redundanzanteil von $r_i=1$ hätte, dann wäre diese Beobachtung von anderen Beobachtungen sehr gut kontrolliert. Wenn diese Beobachtung weggelassen werden würde, hätte dies keine nennenswerte Änderung im Ausgleichsergebnis zur Folge. Anhand der Abbildung 23 ist zu sehen, welchen Wert r_i mindestens annehmen muss, damit eine wirkliche Kontrolliertheit gegeben ist.

Ein Beispiel dafür ist, wenn ein Neupunkt bestimmt wird und sich die Redundanz ($r_i=1$) proportional zur Streckenlänge verhält, trägt ein kurzes Messelement mehr zur Bestimmung des Neupunkts bei, als ein langes Messelement. Dieses kurze demzufolge auch genauere Messelement bekommt daher weniger Redundanzanteile. Das kurze Messelement kann nicht durch ein längeres Messelement überprüft werden, aber umgekehrt kann das lange „leichtgewichtiger“ Messelement durch ein kürzeres überprüft werden.

Redundanzanteil	Messwert
$r_i < 0,1$	– nicht kontrolliert
$0,1 < r_i < 0,3$	– ausreichend kontrolliert – Aufdeckung grober Fehler kaum möglich – weitere Beobachtungen – Netzoptimierung
$0,3 < r_i < 0,7$	– kontrolliert – gute gegenseitige Kontrolle
$0,7 < r_i < 1,0$	– gut kontrolliert – eine Beobachtung wird durch andere vollständig kontrolliert

Abbildung 23 – Kontrollierbarkeit der Messwerte (Möser, et al., 2012)

Die Redundanzanteile r_i sind Verhältniszahlen und liegen im Bereich von $0 \leq r_i \leq 1$. Allerdings werden die Redundanzanteile in der Praxis in % angegeben und als relativer Einfluss auf die Verbesserung bezeichnet, dem sogenannten EV-Wert.

$$EV = r_i * 100\%.$$

Formel 67 – Einfluss auf die Verbesserung (Möser, et al., 2012)

Strecken									
LfdNr	Von Punkt	Nach Punkt	Strecke m	S (v) cm	V cm	EV %	GF cm	NV	
1	H054	334593120090001	46.300	10.0	-2.8	29.4	9.6	0.5	
2	R015	85-00408	129.400	10.0	-1.0	1.5	67.1	0.8	
3	R026	R045	43.000	10.0	8.4	21.9	38.3	1.8	
4	R026	R046	130.300	10.0	0.0	unkontrolliert	-	-	
5	R027	R015	148.000	10.0	12.2	42.5	28.7	1.9	
6	R022	R070	24.000	10.0	4.0	9.0	22.7	1.1	

Abbildung 24 – Beispiel aus dem Systra-Protokoll

Um grobe Fehler aufzudecken, werden in dem Ausreißertest die Redundanzanteile genutzt, die nicht zur Bestimmung der Unbekannten erforderlich sind. Mit der Annahme, dass sich ein grober Fehler in den Beobachtungen befindet, deren statistische Verteilung nicht zu den übrigen Beobachtungen gehört, wird das Verfahren „Data-Snooping“ nach Baarda angewandt. Verwendet wird dabei die Funktion der Normierte Verbesserung (NV). Dieser Ausreißertest analysiert die einzelnen Beobachtungen und wird deshalb als **Lokaltest** bezeichnet.

$$NV_i = \frac{|v_i|}{\sigma_i * \sqrt{r_i}}$$

Formel 68 – Normierte Verbesserung (Niemeier, 2008)

Bei diesem Ausreißertest wird geprüft, ob der dimensionslose NV bestimmte Grenzwerte überschreitet. Aus Erfahrungswerten her, wäre ein grober Fehler ab einen $NV > 2,5$ möglich und bei einem $NV > 4,0$ sehr wahrscheinlich. Überschreitet eine Beobachtung den Grenzwert, ist diese zu überprüfen, gegebenenfalls zu korrigieren oder gar zu streichen. Danach folgt eine erneute Ausgleichung (detaillierte Beschreibung siehe ab Kapitel 5.5). Anhand der Abbildung 25 ist zu erkennen, dass das System ab einer Verbesserung über dem 2,5 fachen der Standardabweichung anfängt zu „riechen“.

Normierte Verbesserung	Fehlervermutung
$0 < NV_i < 2,5$	kein grober Fehler
$2,5 < NV_i < 4,0$	grob Fehler möglich
$4,0 < NV_i$	grob Fehler sehr wahrscheinlich

Abbildung 25 – Normierte Verbesserung und grober Fehler (Möser, et al., 2012)

3.5.2.1 Innere Zuverlässigkeit

Neben der Analyse der jeweiligen Beobachtungen, hat für den Nutzer die Interpretation der inneren und der äußeren Zuverlässigkeit besondere Bedeutung.

Um einen möglichen **g**roben **F**ehler in einer Beobachtung (GF_i) aufzudecken, wird ein Fehlervektor ∇l eingeführt. Dieser Fehlervektor enthält einen groben Fehler ∇l_i und alle restlichen Elemente sind gleich 0.

$$\nabla l = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \nabla l_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Formel 69 – Fehlervektor (Niemeier, 2008)

Dieser grobe Fehler, vorausgesetzt alle Redundanzanteile sind überall gleich groß, wirkt sich bei normalen Ausgleichsgeometrien in der zugehörigen Verbesserung v_i aus. Dies ist allerdings nicht der Fall, wenn die Redundanzanteile klein sind. Hier wirkt sich der Fehler auch auf andere Verbesserungen aus und „verschmiert“ diese. Jedoch fließt der überwiegende Anteil in die entsprechende Verbesserung und es gilt die Gleichung:

$$v_i = -r_i * \nabla l_i$$

Formel 70 – Berechnung der Verbesserung (Möser, et al., 2012)

Somit kann von einer Verbesserung direkt auf den Wert des GF_i geschlossen werden. Dieser ergibt sich, aus dem negativen Quotienten des Redundanzanteils einer Beobachtung r_i und der Verbesserung einer Beobachtung v_i .

$$GF_i = -\frac{v_i}{r_i}$$

Formel 71 – möglicher grober Fehler (Möser, et al., 2012)

Zu erkennen ist, je kleiner die Redundanzanteile sind, desto größer wird der GF . Aus diesem Grund, ist bei jeder Messung ein homogenes Netz mit ausreichenden Redundanzanteilen anzustreben.

Neben der Berechnung des möglichen groben Fehlers, kann die innere Zuverlässigkeit eine Aussage darüber treffen, ab welchem Grenzwert ein grober Fehler auch als ein solcher erkannt wird. Erforderlich hierfür ist eine Abschätzung von dem Einfluss des groben Fehlers auf die normierte Verbesserung.

Wird die Formel der Verbesserung (Formel 70) mit der Formel der normierten Verbesserungen (Formel 68) zusammengeführt, erhält man den Ausdruck:

$$\nabla NV_i = \frac{|v_i|}{\sigma_0 * \sqrt{r_i}} = \frac{r_i * \nabla l_i}{\sigma_0 * \sqrt{r_i}} = \frac{\nabla l_i * \sqrt{r_i}}{\sigma_0} = \frac{GF_i * \sqrt{r_i}}{\sigma_0}$$

Formel 72 – Abschätzung auf einen groben Fehler auf die normierte Verbesserung (Neitzel, 2017)

Sind keine groben Ausreißer vorhanden, folgen die normierten Verbesserungen der standardisierten Normalverteilung mit $N(0,1)$. Wenn allerdings ein grober Ausreißer vorhanden ist, folgen die normierten Verbesserungen der nichtzentralen Normalverteilung mit $N(\delta_i, 1)$, mit dem spezifischen Nichtzentralitätsparameter δ_i . Für einen groben Fehler ∇l_i lautet die Null- und die Alternativhypothese für einen statistischen Test demzufolge:

$$H_0 : E\{\nabla l_i\} = 0$$

$$H_A : E\{\nabla l_i\} = \nabla l_i$$

Formel 73 – statistischer Test für einen groben Fehler (Neitzel, 2017)

Wichtig für die Fehlersuche ist es, ab wann bzw. ab welchem Grenzwert ein grober Fehler noch als solcher erkannt wird. Um diesen Schwellenwert zu erhalten, wird wie in der Formel 74 zu sehen ist, statt der normierten Verbesserung NV der Nichtzentralitätsparameter δ_i eingesetzt.

$$\nabla_0 NV_i = \delta_i = \frac{\nabla_0 l_i * \sqrt{r_i}}{\sigma_0}$$

Formel 74 – Grenzwert (Neitzel, 2017)

Somit erhält man den gerade noch erkennbaren **Grenzwert**, der bei Vorgabe der Irrtumswahrscheinlichkeit und der Testgüte für δ_i berechnet werden kann.

$$GRZW_i = \nabla_0 l_i = \frac{s_{li}}{\sqrt{r_i}} * \delta_i$$

Formel 75 – Grenzwert für nicht erkennbare Fehler (Möser, et al., 2012)

3.5.2.2 Äußere Zuverlässigkeit

Mit der äußeren Zuverlässigkeit wird die Fortpflanzung eines groben Fehlers auf die Koordinaten der Neupunkte beschrieben. Somit ist die Auswirkung nicht erkannter grober Fehler, die kleiner sind als $GF = \nabla l_i$, für die Qualität des gesamten Netzes auf die ausgeglichenen Koordinaten entscheidend.

Hier wird die Formel der Unbekannten \hat{x} (Formel 23) und des Absolutglieds n (Formel 20) zusammen geführt.

Somit ergibt sich eine direkte Beziehung zwischen den Beobachtungen und den Unbekannten:

$$\hat{x} = Q_{\hat{x}\hat{x}} * A^T * P * l.$$

Formel 76 – Matrix der Unbekannten (Möser, et al., 2012)

Für die Unbekannten ergibt sich mit dem Einfluss der differentiellen Änderungen

$$\Delta \hat{x} = Q_{\hat{x}\hat{x}} * A^T * P * \Delta l.$$

Formel 77 – differenzielle Änderung (Möser, et al., 2012)

Wenn der Beobachtungsvektor Δl nur einen Fehler ($GF = \nabla l_i$) beinhaltet, wird dieser durch die Multiplikation mit den anderen Matrizen auf alle Parameter übertragen. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass sich bei einer Messung der Haupteinfluss des Fehlers auf den Anfangs- und Endpunkt auswirkt. Um die Auswirkung auf die Koordinate als äußere Zuverlässigkeit zu erkennen, wird der ($GF = \nabla l_i$) durch das Maß für die innere Zuverlässigkeit ($GRZW = \nabla_0 l_i$) ersetzt:

$$\nabla_0 x_i = Q_{\hat{x}\hat{x}} * A^T * P * \nabla_0 l_i$$

Formel 78 – Auswirkung auf die Koordinate (Möser, et al., 2012)

Mit der Annahme, dass der Beobachtungsvektor nur einen Fehler enthält, ergibt das für jede i-te Messung mit $GRZW = \nabla_0 l_i$, der Ausdruck:

$$EGK_i = (1 - r_i) * GRZW_i.$$

Formel 79 – Einfluss des Grenzwerts auf die Koordinate der berührenden Punkte (Möser, et al., 2012)

Dieser *EGK*-Wert drückt den **E**influss des **G**renzwertes auf die **K**oordinate der berührenden Punkte aus.

Wenn die äußere Zuverlässigkeit aus den Verbesserungen bzw. aus den ($GF = \nabla l_i$) berechnet wird, dann erhält man den **E**influss eines eventuellen groben Fehlers auf den die Messung berührenden **P**unkt.

$$EP_i = (1 - r_i) * GF_i$$

Formel 80 – Einfluss eines etwaigen Fehlers auf die Punktlage (Möser, et al., 2012)

Mit dem *EP*-Wert wird geprüft, wie sich die Punktlage ändert, wenn der Messwert nicht an der Ausgleichung teilnimmt. Die geforderte Punktgenauigkeit sollte der *EP*-Wert nicht überschreiten. (siehe LiVermVV M-V 10.2 Qualitätsanforderungen)

Wenn das Ergebnis von den unerkannten groben Fehlern nicht bzw. kaum beeinflusst wird, kann von einer guten äußeren Zuverlässigkeit gesprochen werden.

3.6 Methoden der Netzausgleichung

Geodätische Netze können nach verschiedenen Methoden ausgeglichen werden:

- freies Netz mit Teil- oder Gesamtspurminimierung
- unter Zwang
- zwangsfrei oder
- dynamisch.

Hierbei werden zwischen Festpunkten, Datumspunkten und Neupunkten unterschieden.

Bei der Ausgleichung *unter Zwang* werden die Neupunkte zwischen die unveränderlichen Festpunkte gezwängt und es wird ihnen keinerlei Bewegungsfreiraum gewährt. Was sich allerdings als Nachteil des hochgenauen lokalen Netzes auswirkt, da dadurch die Geometrie „verbogen“ wird (Abbildung 26).

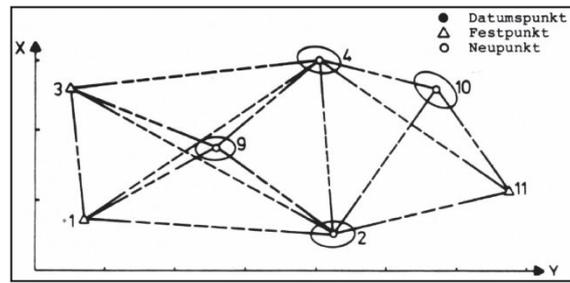


Abbildung 26 – Beispiel für eine Ausgleichung unter Zwang (Foppe, 2009)

Diese Festpunkte sind bei einer *freien Ausgleichung* nicht mehr vorhanden. Hier wird unterschieden zwischen der freien Ausgleichung mit Gesamtspurminimierung und Teilspurminimierung. Bei der freien Netzausgleichung mit Gesamtspurminimierung werden alle Punkte als Datumspunkte angesehen, deren innere Geometrie und Punktgenauigkeit sich nur aus den Beobachtungen ergibt.

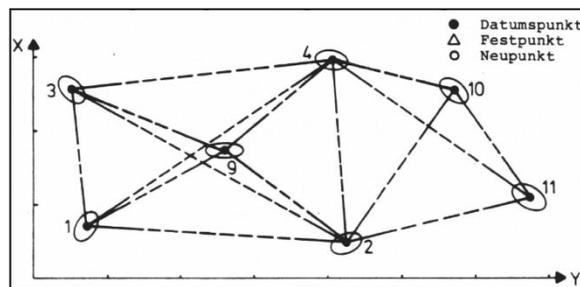


Abbildung 27 – Beispiel für eine freie Ausgleichung mit Gesamtspurminimierung (Foppe, 2009)

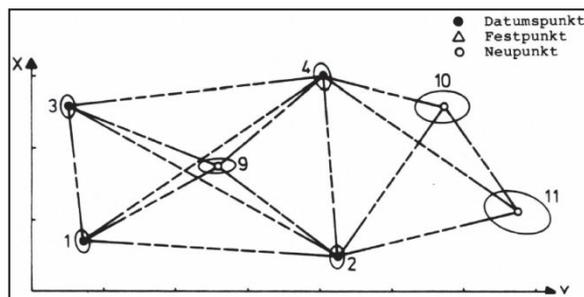


Abbildung 28 – Beispiel für eine freie Ausgleichung mit Teilspurminimierung (Foppe, 2009)

Bei der freien Netzausgleichung mit Teilspurminimierung werden hingegen nur einige Punkte als Datumspunkte (sogenannte weiche Festpunkte) und der Rest als unveränderliche Neupunkte angesehen. Die eigentliche Lagerung, die Orientierung und der Maßstab des Netzes sind, wie auch bei der Gesamtspurminimierung noch nicht festgelegt.

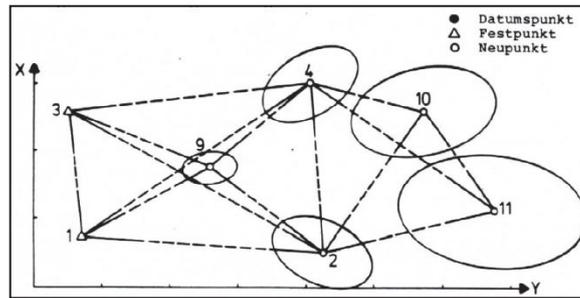


Abbildung 29 – Beispiel für eine zwangsfreie Ausgleichsrechnung (Foppe, 2009)

Durch die Festpunkte ist die zwangsfreie Netzausgleichung von den Datumsdefekten befreit und schließt die Neupunkte ohne „Verbiegung“ an. Voraussetzung bei der *zwangsfreien Netzausgleichung* ist, dass die Festpunkte fehlerfrei sind. Wenn dies nicht der Fall ist und die Festpunktkoordinaten trotzdem fehlerbehaftet sind, wirken die daraus resultierenden Netzspannungen sich direkt auf die zu bestimmenden Neupunkte aus. Des Weiteren wird die innere Netzgeometrie nicht verbogen und wie man in der Abbildung 29 gut sieht, werden die Fehlerellipsen der Neupunkte größer, umso weiter sie von den Festpunkten entfernt sind.

Bei der dynamischen Ausgleichung wird die Qualität der Festpunkte in Frage gestellt. Das heißt, ihnen wird nicht vertraut. Sie werden mit einer Standardabweichung belegt und somit „weich“ gestellt. Somit wird von einer dynamischen Ausgleichung auch als „Ausgleichung unter Zwang mit weichem Datum“ gesprochen. Vorteil daran ist, dass die Koordinaten als Beobachtungen mit in die Ausgleichung eingeführt werden. Durch das „weich“ schalten bzw. der Untergewichtung kann die Abweichung zwischen der eigenen Messung und der Ursprungsmessung bzw. bereits ALKIS bekannten Punkten dargestellt werden.

Referenzkoordinaten														
LfdNr	Punktkennezeichen	S(V)P cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X	V-P cm	EV-P %	GF-P cm	NV-P
1	334593229005615	3.0	-2.5	21.9	11.5	2.5	-0.9	22.0	4.2	0.9	2.7	21.9	12.3	2.7
2	334593229005616	3.0	3.0	17.3	-17.2	3.4***	2.1	16.2	-12.8	2.4	3.6	16.8	21.4	4.2***
3	334593229005628	3.0	-1.0	21.4	4.7	1.0	0.9	22.1	-4.0	0.9	1.4	21.8	6.2	1.4

Abbildung 30 – Festpunkte mit weichem Datum

3.7 Ausgleichung im Liegenschaftskataster

Bei der Ausgleichung der Katasterzahlen im Liegenschaftskataster werden verschiedene Messungen (Messband-, Tachymeter- und GNSS-Messungen) miteinander kombiniert und gleichzeitig ausgewertet. Dies hat den Vorteil, dass keine Messungen ungenutzt bleiben. Es werden alle Beobachtungen bei der Ausgleichsberechnung verwendet. Die früheren Fortführungsvermessungen sind bei weitem nicht so kontrolliert wie die heutigen Liegenschaftsvermessungen. Dies ist sehr gut an der Bedingungsichte zu erkennen. Sie gibt das Verhältnis zwischen der Anzahl der Überbestimmungen und der Anzahl der Beobachtungen an (siehe Kapitel 3.5.2). Bei vielen Liegenschaftsvermessungen liegt die Bedingungsichte unter 20%. Dies bedeutet, dass nicht alle Beobachtungen ausreichend kontrolliert sind. Somit ist bei früheren Fortführungsvermessungen die Wahrscheinlichkeit gering, einen vorhandenen groben Fehler aufzudecken.

In der Abbildung 31 (linkes Bild) ist ein Ausschnitt einer Straßenschlussvermessung zu sehen. Hier wurde die Fortführungsvermessung nicht kontrolliert durchgeführt. Zu erkennen ist dies an den fehlenden Kontrollmessungen. Die roten Ellipsen markieren die fehlenden Kontrollmessungen. Dagegen ist in der Abbildung 31 (rechtes Bild) ist ein Feldbuch einer Eisenbahnvermessung mit einem kontrollierten Aufmaß dargestellt. Durch das Messen der Grenzlängen und Streben konnte bereits im vermessungstechnischen Außendienst mit Hilfe des Satzes von Pythagoras Kontrollen berechnet werden, um grobe Fehler vor Ort sofort zu erkennen. Diese gemessenen Kontrollen wurden durch die grünen Ellipsen gekennzeichnet.

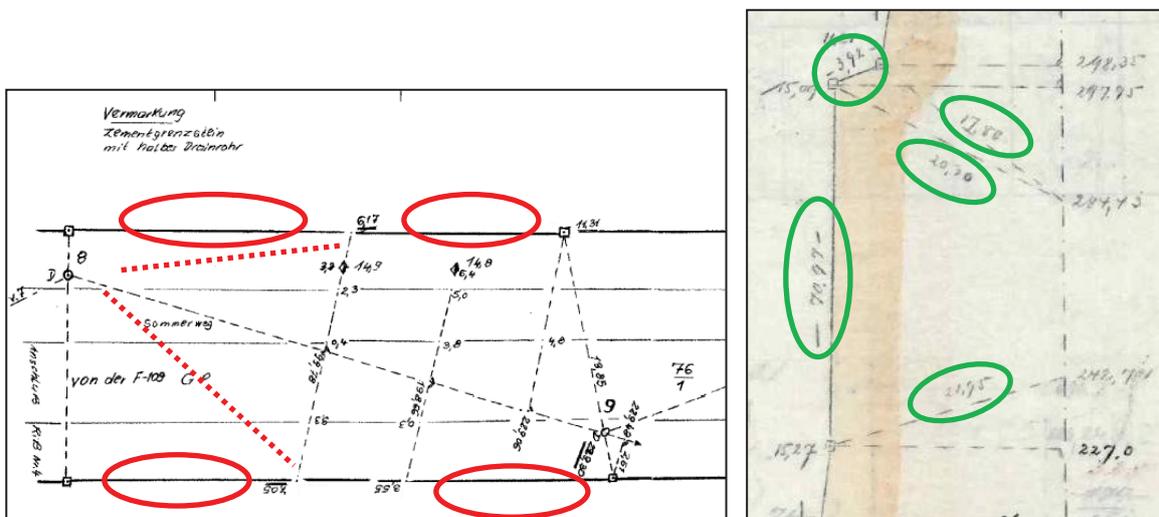


Abbildung 31 – schlechte kontrollierte Messung (links), gut kontrollierte Messung (rechts)

Die Ziele der Ausgleichsrechnung der Katasterzahlen im Liegenschaftskataster sind:

- die Verbesserung der Genauigkeit durch Einbeziehung aller Messwerte,
- die Lokalisierung und Beseitigung von Widersprüchen,
- die Generierung qualitativer Aussagen über die Zuverlässigkeit und Genauigkeit,
- die Schaffung einer besseren Vergleichbarkeit von Liegenschaftsvermessungen und
- die Prüfung der geometrischen Eindeutigkeit von Liegenschaftsvermessungen.

Für die Umsetzung dieser Ziele müssen zukünftig verschiedene Lösungswege bzw. Maßnahmen in Betracht gezogen werden. Durch Fortbildungsveranstaltungen muss den Mitarbeitern der Vermessungsstellen die Ausgleichsrechnung für die Bearbeitung von Liegenschaftsvermessungen vermittelt werden. Dieser Mehraufwand ist notwendig, um die o.g. Ziele zu erreichen. Das heißt, dass die Bearbeiter nicht nur den Umgang mit der Software beherrschen, sondern umfangreiche Kenntnisse der Ausgleichsrechnung besitzen sollten. Für die Bearbeitung von Liegenschaftsvermessungen ist es somit wichtig, den Ausgleichsalgorithmus zu verstehen.

Nach §29 Absatz 1 GeoVermG-MV ist ein Grenzpunkt bzw. eine Flurstückgrenze festgestellt, wenn

- seine örtliche Lage im geodätischen Raumbezug geometrisch eindeutig erfasst ist und
- die Entscheidung über seine Lage unter Mitwirkung der Beteiligten bestandskräftig geworden ist.

Um nun seine örtliche Lage im geodätischen Raumbezug geometrisch eindeutig zu erfassen, ist es notwendig, die geometrische Eindeutigkeit herzustellen, die nur unter Anwendung der Ausgleichsrechnung festzustellen ist. Nordrhein-Westfalen hat als erstes Bundesland ab dem 1. Januar 2019 verpflichtend die Ausgleichung zur Bearbeitung der Liegenschaftsvermessungen eingeführt (Gräfrath, 2017).

Auch die Einbeziehung aller Messband-, Tachymeter- oder GNSS-Messungen zur Erhöhung der Genauigkeit kann nur unter der Anwendung der Ausgleichsrechnung erreicht werden. Des Weiteren können Widersprüche, die in früheren Fortführungsvermessungen auftreten, nur mit der Hilfe der Ausgleichsrechnung aufgedeckt und dadurch aussagekräftige Angaben zur Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Beobachtungen und der Unbekannten (Koordinaten) entnommen werden.

Zur Durchführung der Ausgleichsrechnung stehen dem Anwender verschiedene Programme zur Auswahl:

- Cremer
- KAFKA
- Jag 3D
- Systra
- ...

Bearbeitet wurden die Projekte mit dem Programmsystem Systra, das in dem Kapitel 4 kurz vorgestellt wird.

4. Programmsystem Systra

4.1 Hintergrund

Zur Bearbeitung der Projekte wird das Programmsystem Systra verwendet. Entwickelt bzw. weiterentwickelt wird das Programmsystem Systra von der Firma *technet GmbH gründig+partner* mit Sitz in Berlin und Stuttgart.

Das Programmsystem Systra wird vorwiegend im Liegenschaftskataster verwendet und ist ein Ausgleichsprogramm, welches geodätische Messungen und grafische Koordinaten geometrisch zusammenführt. Mittels einer flächenhaften Ausgleichung werden alle Beobachtungen in ein gemeinsames Zielkoordinatensystem transformiert.

Für die unterschiedlichen Anforderungen besteht das Programmsystem Systra aus verschiedenen Software-Komponenten, die zur Bearbeitung eines Projekts verwendet werden:

- SystraShell (Projektverwaltung)
- Sysged (grafischer Editor)
- Systra Berechnung (Ausgleichskern)
- Sysplan (Analysegrafik)

4.2 Komponenten zur Realisierung

4.2.1 SystraShell

Zum Starten des Gesamtprogrammsystems wird das Programm *SystraShell* genutzt. Das Programm *SystraShell* ist für die Verwaltung und Steuerung des Gesamtprogrammsystems verantwortlich. Hier werden u.a. die Steuerparameter für den Programmablauf festgelegt. Des Weiteren können durch das Programm *SystraShell* die anderen Programmkomponenten, wie *Sysged* oder *Sysplan* aufgerufen und die daraus folgenden Protokolle betrachtet bzw. interpretiert werden.

Nach dem Start bzw. dem Anlegen eines Projekts, erzeugt die SystraShell in dem Verzeichnispfad die ersten verschiedenen Eingabedateien. Diese Eingabedateien bekommen den Namen des Projekts, womit der Bearbeiter sofort erkennen kann, dass alle Dateien Eingabedateien sind. Im weiteren Verlauf der Projektbearbeitung findet, neben dem

Importieren der Referenzkoordinaten und Bearbeiten in Sysged, die Ausgleichung statt. Die Ausgabedateien, die nach der Ausgleichung erzeugt werden, sind im Verzeichnis nicht mit dem Projektnamen versehen, sondern mit dem Namen „Systra.***“. Somit ist in dem Verzeichnispfad schon an den Namen der Dateien erkennbar, ob eine Ausgleichung durchgeführt wurde oder nicht.

Eine relevante Maßnahme, die der Bearbeiter bereits über SystraShell bearbeiten sollte, bevor die Eingabe in Sysged stattfindet, ist die Einstellung der Steuerparameter. Über mehrere Registerkarten hinweg können verschiedene Steuerparametergruppen eingestellt werden. Diese Gruppen sind:

- Ausgleichung allgemein
- Steuerung der Beobachtungen
- Näherungskordinaten
- Strenge Ausgleichung
- Nachbarschaftstreue Anpassung
- Koordinatenvergleich
- Ausgabe allgemein
- Ausgabe individuell

Werden in den einzelnen Registerkarten beispielsweise die Grenzwerte für Beobachtungen, Grenzwerte für die normierte Verbesserung, Meridiankorrektur für den Rechtswert, Einstellung der ellipsoidischen Höhe, Reduktionen u.a. Einstellungen vorgenommen, werden diese in der INI-Datei gespeichert.

Ein weiterer wichtiger Baustein für die Ausgleichung mit dem Programmsystem Systra ist die Einstellung der jeweiligen Beobachtungsgruppe. Für unterschiedliche Beobachtungstypen, wie die Messungslinien, Spanmaße oder die polaren Messwerte, werden die Steuerdaten über die Beobachtungsgruppen organisiert. Somit wird für gleichartige Beobachtungstypen, wie beispielsweise für die Messungslinien, eine Beobachtungsgruppe festgelegt. Das heißt, dass bei schlechten Messungen eine Genauigkeit von 20cm und bei guten Messungen eine Genauigkeit von 5cm angenommen werden kann. Welche Genauigkeit erreicht werden kann, hängt aber von der Qualität der vorhandenen Katasterzahlen ab.

Neben den Namen der Dateien, ist auch auf die verschiedenen Endungen zu achten. Dabei sind die Dateien mit den Endungen KOO, LOK, KAN, ZUS und OUT diejenigen, die genauer betrachtet werden sollten. Es beginnt mit der Auftrags.KOO bzw. Systra.KOO. In der Auftrags.KOO sind alle Festpunkte mit den Koordinaten enthalten, mit der die Ausgleichung

startet. Nach der Ausgleichung werden alle berechneten Punkte in der Systra.KOO aufgeführt. Die Systra.KOO enthält auch Informationen über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Die Genauigkeit a posteriori wird mit σ_p und die Zuverlässigkeit mit dem EGK (Einfluss eines nicht erkennbaren groben Fehlers auf die Koordinate) angegeben. Mit den Koordinaten der Systra.KOO werden im vermessungstechnischen Außendienst die Punkte aufgesucht.

Die LOK-Datei enthält die orthogonalen Messelemente, die vom Bearbeiter einzugeben sind. Pro Zeile ist der Name der Messungslinie, die Punktnummer des Punktes, das Abszissen- und Ordinatenmaß des Punktes bezogen auf die jeweilige Messungslinie enthalten.

Die Beobachtungen, wie z.B. Richtungen oder Bogenschnitte, werden im Programmsystem Systra als zusätzliche Messungen in der ZUS-Datei gespeichert. Beispielsweise erzeugt das Programmsystem Systra in der ZUS-Datei bei Polarmessungen pro Richtung und Polarstrecke eine Zeile. Das heißt, bei einer Richtungsmessung mit Standpunkt, Anfangspunkt und Endpunkt erzeugt das Programmsystem Systra zwei Zeilen.

Neben den orthogonalen Messelementen und zusätzlichen Beobachtungen werden auch Grenzlängen und Spannmaße gemessen. Diese „Von - Nach“-Beobachtungen werden in der KAN-Datei gespeichert. Hier werden pro Zeile der Anfangs- und Endpunkt der Beobachtung, die Länge der Beobachtung, der Katasternachweis und die Beobachtungsgruppe angezeigt.

Die für den Bearbeiter wichtigste Datei ist allerdings die Systra.OUT. In dieser Protokolldatei sind alle Analyseergebnisse enthalten. Der Bearbeiter erhält hier eine kompakte Zusammenfassung sämtlicher Einstellungen, die in der Projektverwaltung *SystraShell* enthalten sind und die daraus resultierenden Analyseergebnisse. Aufgeführt werden u.a. die eingestellten Genauigkeiten aller Beobachtungstypen, die eingelesenen Referenzpunkte, alle eingegeben Werte der jeweiligen Beobachtungstypen, die ausgeglichenen Koordinaten der Neupunkte, die Statistik der Beobachtungsgruppen und die größten normierten Verbesserungen. All diese Punkte müssen vom Bearbeiter gelesen und interpretiert werden können.

4.2.2 Sysged

Die Komponente *Sysged* wird aus *SystraShell* über den Menüpunkt *Bearbeiten*→*Sysged* (*SystraDB*) geöffnet. Bei dem Öffnen wird eine Datenbank angelegt, die an der Nennung „.mdb“ am Ende des Projektnamens zu erkennen ist. In dem grafischen Editor *Sysged* werden alle möglichen Beobachtungstypen numerisch eingegeben. Zu den Beobachtungstypen gehören u.a. die geodätischen Messungen wie die Polarmessungen (Richtung und Strecke), die Messungslinien (Abszissen- und Ordinatenmaße) oder die geometrischen Bedingungen wie die Gradlinigkeiten und Punktidentitäten.

Bei dem Starten von *Sysged* erscheinen über den Menüpunkt *Grafik* zwei verschiedene Fenster. Zum einen das Fenster *Referenzkoordinaten*, in dem der Bearbeiter eine Übersicht aller benutzten Referenzpunkte erhält und zum anderen das Fenster *Ergebnis*, in dem der Bearbeiter alle Beobachtungen eingeben kann. Somit ist das Fenster *Ergebnis*, das, in dem der Bearbeiter hauptsächlich arbeitet. Sind die Koordinaten noch nicht über *SystraShell* importiert worden, besteht im *Sysged* die Möglichkeit dies nachzuholen. Über den Menüpunkt *Projekt* → *Import extern* → *Koordinatenliste* können die Koordinaten aus einer PKT-Datei eingelesen werden.

Für die numerische Eingabe von Beobachtungen stehen verschiedene Menüpunkte zur Auswahl. Beispielsweise hat der Bearbeiter die Möglichkeit über den Menüpunkt *Grafik* → *Beobachtungen* → *Abszissen und Ordinaten* eine Messungslinie aufzubauen. Über zwei bekannte Punkte, die auf einer Messungslinie liegen, kann die Linie erzeugt werden. Nach und nach können so alle Messungslinien eingegeben werden. Um die Kontrolliertheit zu gewährleisten, sollten neben den Messungslinien auch die Grenzlängen und die Spannmaße und wenn vorhanden, die Polarmessungen mit eingegeben werden. Wichtig ist, dass nicht alle Beobachtungen des Projekts so schnell wie möglich in die Datenbank eingegeben werden, sondern dass die Ausgleichsberechnung immer wieder durchgeführt wird, um zu erkennen, ob die aufgebaute Geometrie überhaupt berechenbar ist oder ob grobe Eingabefehler vorhanden sind. Über Menüpunkt *Projekt* → *Export Systra* können sämtliche Beobachtungen exportiert werden. In der Maske *Export Systra* stehen verschiedene Auswahlmöglichkeiten zu Verfügung. Der Bearbeiter kann dann entscheiden, welche Beobachtungstypen exportiert werden sollen.

Anschließend wird im *SystraShell* der Ausgleichsalgorithmus gestartet. Nach der Ausgleichung werden die Ergebnisdaten wieder in *Sysged* importiert. Über das Menü *Projekt* → *Import Systra* ist es möglich, die neu berechneten Ergebnisse der Ausgleichung zu laden.

Sysged aktualisiert daraufhin den Grafikeditor und verbessert die Übersicht der Beobachtungen. Danach kann der Bearbeiter die Eingabe der Beobachtungstypen fortsetzen. Sollten trotzdem Fehler vorhanden sein, ist es möglich in dem Fenster der Beobachtungstypen einzelne Beobachtungen aus- bzw. weich zu schalten. Dafür wird die einzelne Beobachtung mit einer Standardabweichung von 99,99cm versehen, was bedeutet, dass diese nicht mehr Bestandteil der Ausgleichung ist. Vorausgesetzt, die Beobachtung ist ausreichend kontrolliert, wird der verbesserte Wert in der Protokoll-Datei angezeigt.

Letztendlich können in dem grafischen Editor viele Daten mit ihren geometrischen Attributen zusammengeführt, angezeigt und bearbeitet werden. *Sysged* bietet dem Bearbeiter Vielseitigkeit an und somit hat er die Möglichkeit über mehrere Fenster die relevanten Werte einzugeben.

4.2.3 Systra-Berechnung (Analyse)

Wie bereits unter dem Kapitel 4.2.1 erwähnt, kann über *SystraShell* die Systra- Ausgleichung mit dem Programmsystem *Systra* gestartet werden. Möglichkeiten, um die Ausgleichung starten zu lassen, gibt es zum einen über den Menüpunkt *2D-Analyse* → *Systra* oder zum anderen direkt mit dem Funktionsknopf *Systra*.

Für die Berechnung wird die Ausgleichungsmethode der kleinsten Quadrate verwendet. Grundsätzlich verfügt das Programmsystem *Systra* über drei verschiedene Ausgleichungsstufen. In der ersten Ausgleichungsstufe findet die Berechnung von Näherungskordinaten statt. Diese werden für die Ausgleichung nichtlinearer Gleichungssysteme benötigt. Allerdings können diese Näherungskordinaten z.B. durch Digitalisierung der Neupunkte in *Sysged* eingelesen werden. In der zweiten Ausgleichungsstufe findet die strenge Ausgleichung und Analyse statt. Hier werden mit einer verketteten Transformation die eingegebenen Beobachtungen untersucht und die ersten ausgeglichenen Koordinaten berechnet. Diese ausgeglichenen Koordinaten werden bei der nächsten *Systra*-Ausgleichung als Näherungskordinaten verwendet (bekannt auch als Analysekreislauf). Durch die statistische Analyse ist es möglich, fehlerhafte Beobachtungen aufzudecken. Mit dem vorgegebenen Qualitätsziel, das in den Steuerparametern festgelegt wird, muss diese Stufe so oft wiederholt werden, bis alle fehlerhaften Beobachtungen bzw. groben Fehler eliminiert sind. Diese fehlerhaften Beobachtungen bzw. groben Fehler werden in der Liste der größten normierten Verbesserung angezeigt. Nach erfolgreicher Analyse kann als letzte Ausgleichungsstufe eine Homogenisierung durchgeführt werden. Im Programmsystem *Systra* ist eine nachbarschaftstreue Einpassung der grafischen Koordinaten möglich. Hier werden die grafischen Koordinaten nach der Ausgleichung mit abweichender

Modellierung erneut berechnet. Bezeichnet wird dieser Modellierung auch als Membran-Methode.

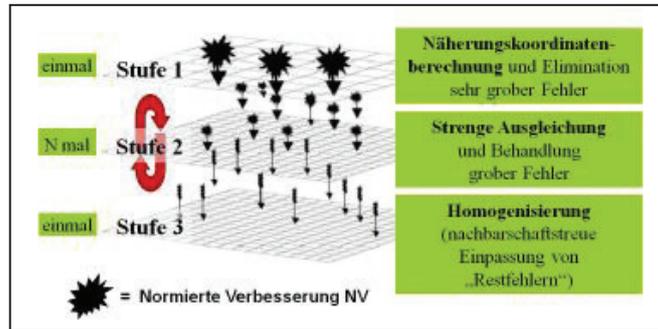


Abbildung 32 – Stufen der Systra-Ausgleichung (technet GmbH, 2016)

4.2.4 Sysplan

In der letzten Komponente, dem *Sysplan*, werden die Ergebnisse der Ausgleichung, wie die Netzgeometrie (Messungen und Koordinate) und die Qualitätsparameter für Messungen (normierte Verbesserung) und Punkte (Genauigkeit und Zuverlässigkeit) grafisch dargestellt. Es ist möglich, sich alle Referenz- und ausgeglichenen Neupunkte, Beobachtungen und Systeme (Linien) mit ihren vom Programmsystem Systra berechneten Analysekenngößen der Zuverlässigkeitsanalyse (NV, EV) und der Genauigkeitsanalyse (Punktfehler) anzeigen zu lassen. Der Inhalt der Darstellung im Sysplan ist abhängig von der letzten berechneten Ausgleichungsstufe ab.

Neben verschiedenen Einstellungen, wie z.B. den Druckeinstellungen oder Einstellungen der Sichtbarkeit bzw. Kolorierung von Beobachtungen, ist die Einstellung der Fehlerellipsen für den Bearbeiter hilfreich. Der Bearbeiter hat die Möglichkeit, sich die Fehlerellipsen anzeigen zu lassen. Demzufolge kann der Bearbeiter mit Hilfe vom *Sysplan* erkennen, wo in dem zu bearbeiteten Gebiet Spannungen auftreten.

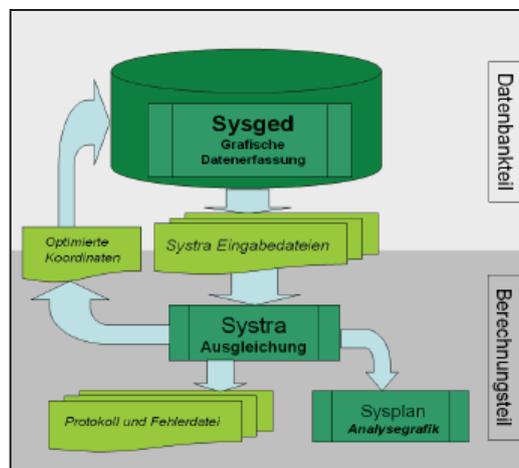


Abbildung 33 – Schnittstellen zwischen Datenbankteil und Berechnungsteil (technet GmbH, 2016)

5. Projekte

5.1 Geschichtlicher Hintergrund

5.1.1 Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“

Die von der Berlin-Stettiner Eisenbahn-Gesellschaft (BStE) erbaute Eisenbahnstrecke Angermünde-Stralsund liegt heute im Nordosten der Bundesrepublik Deutschland. Sie wurde ab 1863 in der preußischen Provinz Pommern erbaut und zählt zu den ältesten Eisenbahnstrecken Vorpommerns. Als ein Teil der Fernverbindung von Berlin nach Rügen durchläuft die Eisenbahnstrecke die heutigen Bundesländer Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.

Der Streckenverlauf beginnt am Bahnhof Angermünde und durchquert einige größere Städte, wie Prenzlau, Pasewalk, Anklam und Greifswald. Die Eisenbahnstrecke endet dann im Stralsunder Hauptbahnhof. Landschaftlich bzw. geografisch zieht sich die Eisenbahnstrecke durch außergewöhnliches Gelände. Beginnend im Land Brandenburg entlang der Uckermärkischen Seen, der Uecker und der nordöstlich der Stadt Prenzlau erstreckenden Endmoränenlandschaft. Zwischen den Städten Prenzlau und Pasewalk überquert die Eisenbahnstrecke die Landesgrenze zu Mecklenburg-Vorpommern. In unmittelbarer Nähe dieser Landesgrenze befindet sich der Bahnhof Nechlin, der ca. zwei Kilometer entfernt ist. Ursprünglich lag diese Landesgrenze der ehemaligen preußischen Provinz Brandenburg bis 1945 ca. fünf Kilometer nördlicher, d.h. an der heutigen Gemarkungsgrenze von Papendorf zu Pasewalk. Durch die Gründung der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) am 7. Oktober 1949 und der am 25. Juli 1952 inkraftgetretenden Kreisgebietsreform wurde fast die gesamte Eisenbahnstrecke dem Bezirk Neubrandenburg zugeordnet. Seit dem 3. Oktober 1990, mit dem Beitritt der DDR zur Bundesrepublik, verläuft die Landesgrenze ca. zwei Kilometer nördlich des Bahnhofs Nechlin.

Im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern durchläuft die Eisenbahnstrecke zunächst die Stadt Pasewalk, die Ausläufer der ‚Ueckermünder Heide‘ und der ‚Friedländer Großen Wiesen‘ bis zur Stadt Anklam. Kurz hinter der Stadt Anklam wird die Peene über eine 1938 neu errichtete Klappbrücke überquert, die sich als anspruchsvollstes Ingenieurbauwerk herausstellte. Im letzten Abschnitt zwischen den Städten Greifswald und Stralsund verläuft die Eisenbahntrasse fast ausschließlich parallel zur Ostseeküste, bevor sie in der Tribseer Vorstadt im Bahnhof der Stadt Stralsund endet.

Mit dem Bau der Eisenbahntrasse Berlin-Stettin ab dem Jahr 1837 kamen erstmals Pläne zum Entwurf einer Eisenbahntrasse in Richtung Vorpommern auf. Wobei die Stadt Prenzlau an das Komitee der BStE herantrat, die Eisenbahntrasse nach Stettin so dicht wie möglich an die Stadt Prenzlau heranzuführen. Somit hatte die Stadt Prenzlau das Ziel, das Zentrum der Uckermark überregional anzubinden und dadurch wirtschaftlichen Aufschwung zu generieren. Unter der Bedingung, dass sich die Stadt Prenzlau finanziell beteiligt, erklärte sich das Komitee bereit, die Eisenbahnstrecke ca. zwei Kilometer bis vor die Tore Prenzlaus heranzuführen. Allerdings weigerte sich die Stadt Prenzlau sich finanziell zu beteiligen, was dazu führte, dass sich die BStE für eine südlichere Trasse entschied.

Trotzdem bemühte sich die Stadt Prenzlau in den Folgejahren weiter um einen Eisenbahnanschluss. Dabei hoffte die Stadt Prenzlau auf die Unterstützung der vorpommerschen Hafenstädte. Gerade nach der Bekanntgabe der Pläne im Jahr 1842 über eine Direktverbindung von Berlin nach Stralsund über Neustrelitz, war die Konkurrenz zwischen den beiden Lagern groß. Allerdings sahen die vorpommerschen Hafenstädte die Strecke über Neustrelitz nicht für konkurrenzfähig an, da diese durch ‚mecklenburgisches‘ Gebiet verlaufen würde und große Teile der Uckermark als auch Vorpommerns abgeschnitten gewesen wären.

Der damalige preußische König Friedrich Wilhelm IV. genehmigte am 18. Juni 1853 den Bau der Eisenbahnstrecke von Berlin über Neustrelitz nach Stralsund. Diese Entscheidung führte allerdings zu erheblichen Diskussionen. Die preußischen Minister, die überwiegend für den Bau der Trasse durch die Uckermark und Vorpommern eingetreten waren, überzeugten den preußischen König, seine Meinung zu ändern. Am 16. November 1853 stimmte er den ersten drei Bauabschnitten in Vorpommern zu.



Abbildung 34 – Bahnbau (Bartnik, 2007)

Nach mehreren Jahren der Planung und Debatten, wo der Anfangs- bzw. Endpunkt der Eisenbahnstrecke liegen sollte, wurde am 1. August 1861 mit den Bauarbeiten begonnen. Zunächst ist die Eisenbahnstrecke eingleisig ausgebaut worden. Allerdings wurden für ein

zweites Gleis alle notwendigen Maßnahmen vorbereitet. Der Bau der Eisenbahntrasse verlief bis Anklam ohne Probleme, sodass die Strecke Angermünde-Anklam bereits am 16. März 1863 eröffnet werden konnte. Probleme, die zu der Verzögerung führten, machten der Bau der Brücken über die Peene und der Ryck und die Tatsache, dass die genaue Lage des Stralsunder Bahnhofs zu diesem Zeitpunkt noch nicht fest stand. Nachdem diese Probleme behoben wurden, fuhr der erste Sonderzug mit dem preußischen König Wilhelm I. am 26. Oktober 1863 und der offizielle Personen- und Güterverkehr am 1. November 1863 auf dieser Eisenbahnstrecke.

In den Folgejahren wurden dann verschiedene neue Eisenbahnzweigstrecken gebaut, wie z.B. die Eisenbahnstrecke Ducherow-Swinemünde. Beispielsweise führte durch den neuen Fährverkehr von Stralsund nach Altefähr, den Bau der Eisenbahnstrecke Altefähr-Bergen und spätere Verlängerung nach Sassnitz zu einem enormen Anstieg der Fahrgäste. Nicht nur Urlauber lockte diese neue Eisenbahnverbindung an, sondern auch Personen, die nach Skandinavien wollten. Die ab dem Jahr 1897 eingesetzte Postdampferlinie in Richtung Trelleborg ermöglichte die Überfahrt nach Schweden. Diese Postdampferlinie wurde aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens im Jahre 1909 zu einer Eisenbahnfähre umgewandelt. Seit diesen Feierlichkeiten anlässlich dieser Verkehrsanbindung, bei denen der deutsche Kaiser Wilhelm II. König von Preußen und der schwedische König Gustav V. anwesend waren, wird sie als ‚Königslinie‘ bezeichnet.

Durch den Anstieg der Passagiere und den daraus resultierenden steigenden Verkehr war die Eisenbahnstrecke diesem Verkehr nicht mehr gewachsen, sodass die gesamte Eisenbahnstrecke in den Jahren 1907 und 1908 zweigleisig ausgebaut wurde.

Da im Jahr 1912 die Eisenbahnschlussvermessung stattfand, lässt sich daraus schließen, dass der zweigleisige Ausbau der Grund für diese Vermessung war.

5.1.2 Bodenreform

5.1.2.1 Allgemeines

Während der nationalsozialistischen Herrschaft war das Ziel der Landwirtschaft, die Bevölkerung, unabhängig von internationalen Märkten, bestmöglich aus eigener Produktion zu versorgen. Allerdings wurden diese Ziele zu keinem Zeitpunkt erreicht. Was u.a. daran lag, dass sich die Führung des Regimes vorwiegend auf Rüstungsproduktion fokussierte, um weiter „kriegsfähig“ zu bleiben. Dass die Priorität während der zwölfjährigen nationalsozialistischen Herrschaft auf der Rüstungsproduktion lag, hatte erhebliche Auswirkungen auf die deutsche Landwirtschaft. Die unterschiedlichsten Gründe trugen dazu bei, dass die Produktionsmengen erheblich sanken. So waren nur noch veraltete Maschinen und Geräte vorhanden bzw. im Einsatz, die Nutztiere fehlten und die benötigten Arbeitskräfte wurden zum Kriegsdienst verpflichtet. Ebenfalls forderte das Kampfgeschehen einen hohen Tribut. So wurden Dörfer zerstört, Transportwege waren unpassierbar und es fanden sich viele Blindgänger auf den Feldern wieder, sodass eine Bewirtschaftung nicht realisierbar war. Dass die Bevölkerung trotz dieser erheblichen Engpässe nicht verhungerte, ist der Tatsache zu verdanken, dass die besetzten Länder von dem NS-Regime gnadenlos ausgebeutet wurden und dieses Diebesgut dann in die deutsche Versorgung eingeflossen ist. Zum Ende der NS-Zeit stand die Landwirtschaft vor einer Herausforderung ungeahnten Ausmaßes. Diese bestand darin, die dringenden landwirtschaftlichen Erträge schnell zu steigern.

Der damals im russischen Exil lebende deutsche Kommunist Edwin Hoernle, formte 1942 erste Gedanken für die Planung einer Bodenreform auf dem Gebiet der sowjetischen Besatzungsmacht. Edwin Hoernle, der seit 1920 der KPD (Kommunistische Partei Deutschlands) angehörte, war ein Agrarexperte auf dem Gebiet Deutschlands. In seinen Entwürfen, die sich stark an den Grundsätzen des Marxismus-Leninismus orientierten, setzte er sich u.a. für umfangreiche Enteignungen ein. Wie bereits 1917 in der Sowjetunion durchgeführt, sollten allen Eigentümern ihr Land entzogen werden, die mit Hilfe von Lohnarbeitern ihr Land bewirtschaften. Hoernle hatte auch die Idee von verschiedenen Betriebsformen wie z.B.:

- kleine Neubauernhöfe,
- staatliche und kommunale Mustergüter,
- bäuerliche Genossenschaften und
- voll funktionsfähige Einzelbauernwirtschaften.

Mit der voraussehbaren Niederlage Deutschlands konkretisierten die Alliierten die Aufteilung Deutschlands in Besatzungszonen und es wurde endgültig bestätigt, dass die Siegermächte über ihre jeweilige Besatzungszone die Entscheidungshoheit bekamen.

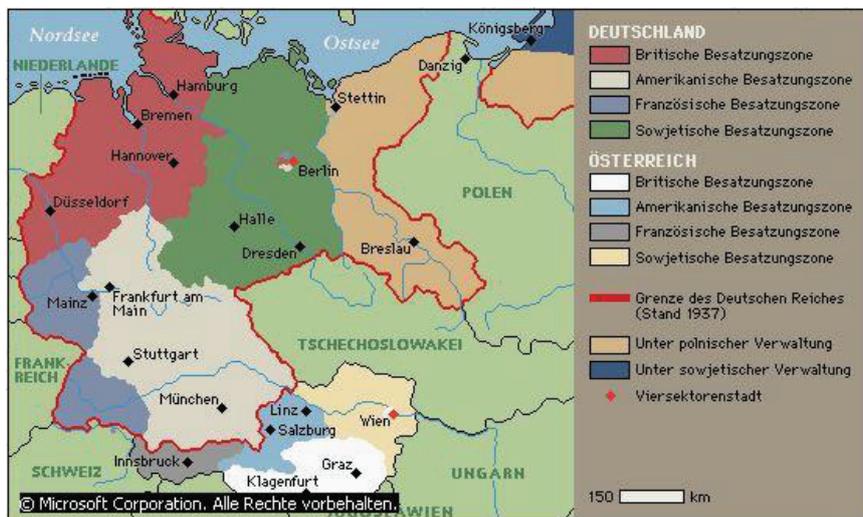


Abbildung 35 – Übersicht über die Besatzungszonen (Schuka, 2019)

Nach dem Kriegsende kehrten die Spitzen der KPD nach Deutschland zurück. Mit der Priorität, alles zu beseitigen, was mit der nationalistischen Diktatur zu tun hatte. Entsprechend der marxistisch-leninistischen Theorie galt es „die Macht des Rittergutbesitzer [zu] brechen“ und demzufolge alle Großgrundbesitzer (Junker) zu enteignen. Nach der Forderung Stalins an die KPD, eine zügige umfassende Bodenreform durchzuführen, wurden rasche Maßnahmen ergriffen. Mit der Grundforderung der KPD, die *„Liquidierung des Großgrundbesitzes, der großen Güter der Junker, Grafen und Fürsten und Übergabe ihres ganzen Grund und Bodens sowie des lebenden und des toten Inventars an die Provinzial- und Landesverwaltungen zur Zuteilung an die durch den Krieg ruinierten und besitzlos gewordenen Bauern“*, begann die Bodenreform.

Verwirklicht werden konnte das Ziel nur über den administrativen Weg, mittels Gesetze oder Verordnungen. Somit übernahm die sowjetische Militäradministration in Deutschland (SMAD) die Entscheidungsgewalt auf dem Gebiet der sowjetischen Besatzungszone (SBZ). Am 31. Juli 1945 wurden in einem Schreiben von der SMAD an Stalin schließlich die Grundzüge der Bodenreform festgelegt. In dem u.a. stand, dass alle *„Betriebe mit einer Fläche von 100 oder mehr Hektar entschädigungslos enteignet werden müssen.“* Weiter sollte *„der Grundbesitz führender Funktionsträger der Nazipartei und des Staates sowie anderer Kriegsverbrecher“* ebenfalls enteignet werden. Für eine gerechte Verteilung sollten Bodenfonds gebildet und Eigentumsrechte an Landarme und Landlose übertragen werden. Damit es nicht so wirkte,

dass die Bodenreform als Maßnahme der sowjetischen Besatzungsmacht schien, wurde die Umsetzung der Reform der KPD übertragen.

Die Spitzengremien der KPD waren nachdem Erhalt des sowjetischen Entwurfs der Bodenreformverordnung unverzüglich an der Umsetzung des ersten Ziels der kommunistischen Agrarpolitik interessiert. In einem Beschluss vom 20. August 1945 wurde die Entscheidung getroffen, dass die Bodenreform am 1. September 1945 beginnen sollte. Es wurde beschlossen, dass in der Provinz Sachsen der Startschuss fällt, um einen Präzedenzfall für die gesamte SBZ zu schaffen.

Nach dem Präzedenzfall in Sachsen, wurden die Gesetzestexte von den restlichen Landes- und Provinzialverwaltungen verabschiedet. (5. September 1945 in Mecklenburg-Vorpommern, 6. September 1945 in Brandenburg und am 10. September 1945 in Thüringen und Sachsen). Gemäß Gesetzestext war die Bildung von Bodenkommissionen mit je fünf bis sieben Mitglieder in den Dörfern vorgesehen, die die Enteignungen vollstrecken sollten. Mit dem Ziel, später das gewonnene Land an Landlose und Landarme zur Bewirtschaftung von Kleinstbetrieben zu übertragen, wurden die enteigneten Gebiete in staatliche Bodenfonds überführt. Die Begünstigten erhielten ihr Land mit einer durchschnittlichen Größe von fünf Hektar (bei schlechtem Boden ausnahmsweise bis zu zehn Hektar). Sie bekamen das Land schuldenfrei und als gebundenes Eigentum, wobei sie verpflichtend für dessen Erwerb den Wert einer Jahresernte zu entrichten hatten (1000 bis 1500 Kilogramm Roggen je Hektar) und das Land nicht verkaufen, verpachten, teilen oder mit Hypotheken belasten durften. Dieser Umstand verringerte enorm die Handlungsfähigkeit und die Wirtschaftsführung der Neubauern gegenüber den Altbauern als Volleigentümer ihres Landes.

Bis zum 1. Oktober 1947 wurden über drei Millionen Hektar Land (eine Fläche so groß wie das heutige Bundesland Brandenburg) in den staatlichen Bodenfonds überführt. Insgesamt wurden 7.112 Gutsbetriebe und 4.278 Betriebe, deren Besitzer nachweislich Nazi- und Kriegsverbrecher waren, enteignet. Auch die Bodenkommissionen entwickelten sich rasch, es bildeten sich 9.400 Kommissionen mit ca. 51.232 Mitgliedern, die weitreichende Befugnisse hatten u.a. die Parzellierung der Flächen des zu verteilenden Landes.

Die Umsetzung der Bodenreform wurde am 1. Juni 1948 von der SMAD offiziell als abgeschlossen erklärt.



Abbildung 36 – Bodenreformurkunde (Wikipedia, 2018)

Allerdings war die Konsequenz dieser überschnellen Durchsetzung der Reform eine massive Landflucht und die Aufgabe von vielen Neubauernstellen. Bereits im Jahr 1949 waren es 10.000 Neubauern, die ihre Betriebe aufgeben mussten. Im Jahr 1950 waren es schon 16.000 Neubauern. Im Jahr 1952 waren es mit 67.000 Aufgaben sogar ein Drittel der Neubauernstellen.

Diese enorme Landflucht der Neubauern stellte die Führung der KPD vor ein gewaltiges Problem. Es musste die nachhaltige Produktionssteigerung gesichert werden. Man hat erkannt, dass die einzigen, die in den Dörfern ökonomisch erfolgreich arbeiteten, die Großbauern waren. Um die selbsterbebrachte agrarwirtschaftliche Zwangslage zu bewerkstelligen und gleichzeitig die kommunistische Ideologie zu vertreten, blieb nur die Kollektivierung als einzige Möglichkeit übrig. Nachdem Vorbild sowjetischer Kolchosen sollte das Eigentum nun in landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften (kurz LPG) eingebracht werden. Es wurde die Auffassung vertreten, dass nur durch die LPG's der Sozialismus auf dem Land siegen wird.

5.1.2.2 Vermessungen für die Bodenreform

Um die beschlossene Bodenreform umzusetzen, wurde von der „Deutschen Verwaltung für Land- und Forstwirtschaft in der sowjetischen Besatzungszone“ am 15. April 1946 eine Anweisung zur Durchführung von Vermessungsarbeiten herausgegeben. Diese Vermessungsinstruktion beinhaltete sämtliche Informationen über die auszuführenden Vermessungsarbeiten, den Einsatz von Fachkräften, die Kosten und die Finanzierung der Vermessungsarbeiten. Unklarheiten, die auftauchten, wurden in den Ergänzungsbestimmungen vom 1. Juli 1946 geklärt.

Den Vermessungsfachkräften wurde nicht nur vorgeschrieben, wie die vermessungstechnischen Arbeiten durchzuführen sind, sondern sie sollten bereits eine zweckmäßige Lage für Wege und Gräben schaffen, um von Anfang an Streusiedlungen zu vermeiden. In der Vermessungsinstruktion wurde beschrieben, mit welchen Messmethoden die Neumessungen durchzuführen sind, wie die enteigneten Liegenschaften in neue Besitzstücke aufzumessen bzw. zu vermarken sind und wie die Ausarbeitung und Kartierung zu erfolgen hat.

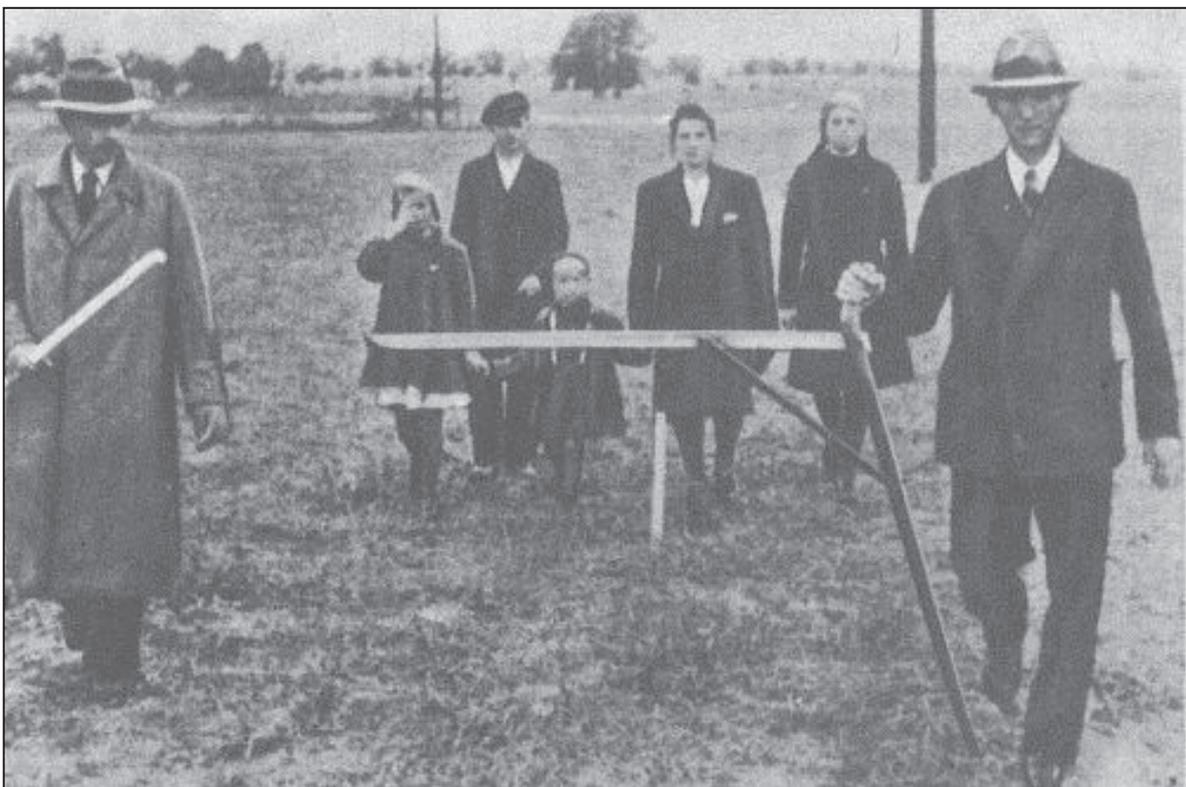
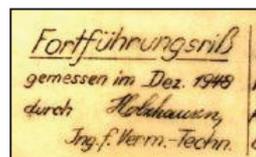
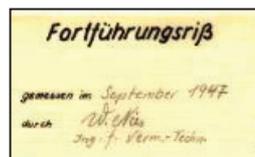
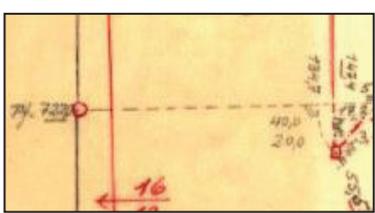
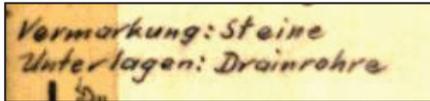
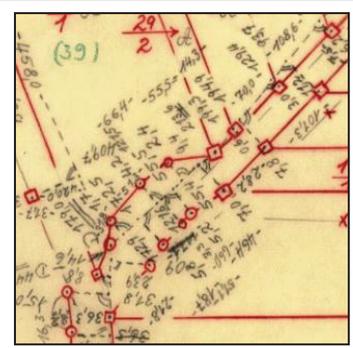
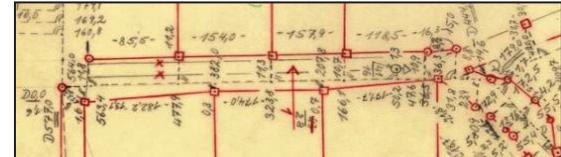
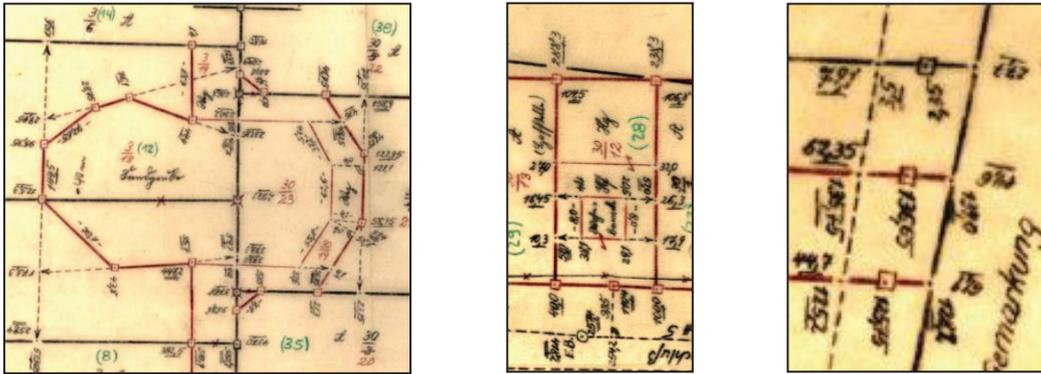


Abbildung 37 – Vermessungsfachkräfte mit einer Feldmesslatte bei der „Grobvermessung“ während der Bodenreform (Rote Seiten, 2011)

Wie in der Abbildung 37 ersichtlich, wurde z.B. die „Grobvermessung“ der Ackerlänge mit einer Feldmesslatte gemessen. Eine Feldmesslatte besteht aus drei Hölzern, wovon zwei an den Enden zusammengeführt sind und das dritte Holzstück zur Stabilisierung dient. Die Feinmessung (Schlussvermessung) wurde von Vermessungsfachkräften der Katasterämter und freischaffender Vermessungsbüros unter Verwendung von Messbändern, Winkelprismen und ggf. Theodoliten durchgeführt.

Anhand verschiedener Ausschnitte der Fortführungsrisse der Bodenreformmessung der Jahre 1947 und 1948 werden einige Bestimmungen der Vermessungsinstruktion in der Tabelle 8 verdeutlicht.

<p>„Der mit der Durchführung der Vermessung beauftragte Vermessungsfachmann hat einen möglichst lichtpausfähigen maßstäblichen Verfahren-(Aufteilungs-)Plan zu liefern. ...“ „Zur Vermarkung sind senkrecht gestellte Drainröhre von etwa 5 cm lichter Weite zu verwenden.</p>		
<p>Die Versenkung der Röhren muß – je nach Ackerkultur – 30 bis 50cm, von der Bodenoberfläche bis zum oberen Rande gerechnet, betragen.“</p>		
	<p>„Die Abmarkung der Grenzen hat mit landesüblichem dauerhaftem Material, in der Regel mit Steinen von entsprechender Größe zu geschehen. Ausnahmen sind nur in besonderen Fällen zulässig, wie z.B. in moorigem Gelände, wo die Abmarkung mit 1 m langen, möglichst eichenen Pfählen von angemessener Dicke statthaft ist.“</p>	
	<p>„Entgegen den Anordnungen der Vermessungsanweisungen wird die Bestimmung von Polygonpunkten in geschlossenen Zügen zugelassen. Eine Verbindung mit dem vorhandenen trigonometrischen Netz hat zu unterbleiben, sofern geeignete Anschlusspunkte in der Nähe des Messungsgebiets fehlen. Am äußeren Umringe der zu vermessenden Fläche sind die Polygonpunkte tunlichst so nahe an die Umringsgrenzen zu legen, dass letztere von den Polygonseiten bequem aufgemessen werden können. Die Polygonseiten dürfen auch mit Eigentumsgrenzen zusammenfallen.“</p>	
	<p>„Die Hauptmessungslinien sind durch unterirdische Vermarkung ihrer Anfangs- und Endpunkte festzulegen.“</p>	

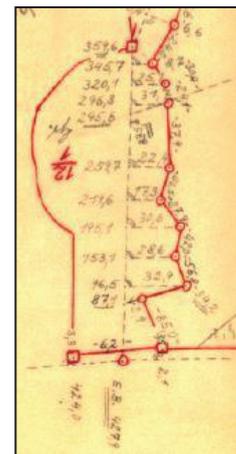
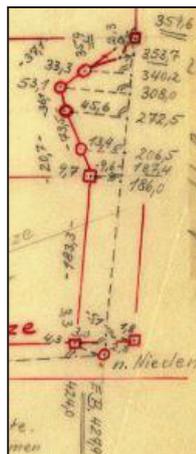
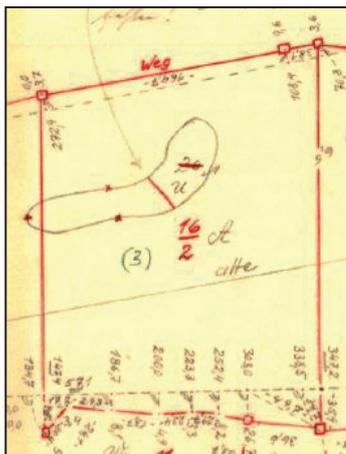


„Bei den im Zuge der Bodenreform auszuführenden Vermessungen sind im Allgemeinen die ... vereinfachten Bestimmungen, d.h. das sogenannte, Einbindeverfahren, anzuwenden. ...“

„Die Gebäude sind nach ihren verschiedenen Benutzungsarten aufzunehmen und einzuteilen

- a) Gebäude zu öffentlichen Zwecke
- b) Wohngebäude
- c) Wirtschaftsgebäude...

„... Bei allen übrigen angrenzenden Grundstücken sind die neuen Grenzsteine im Abstand von 0,5 bis 3,0m von der alten örtlich vorhandenen Grenze entfernt zu setzen. ...“



„Die vollständige Aufmessung geteilter Besitzstücke kann unterbleiben. Es genügt, die Grenzen soweit zu untersuchen und aufzumessen, dass die neuen Grenzen in die Flurkarte einkartiert werden können.“

„Die Grenzmarken sind so zu setzen, dass überall von einem Stein zum anderen gesehen werden kann. Unter die Grenzsteine sind unverwesliche Zeichen zu legen.“

„Die Wege, die fließenden Wasser, Kanäle, Altwasser usw. ohne Rücksicht darauf, ob sie für sich bestehen oder durch die Grundstücke hinziehen und zu denselben gehören, sind möglichst in ihrer ganzen Ausdehnung aufzunehmen. Die Raum- und Formverhältnisse der für sich bestehenden Straßen und Wege sowie der Flüsse und Bäche, wo sie ein Eigentum begrenzen, ergeben sich von selbst, wogegen Seen, Weiher, Altwasser und Sümpfe tunlichst gemessen und nach ihrer Form und Größe gezeichnet werden müssen.“

Tabelle 8 – Ausschnitte aus den Fortführungsrisen der Jahre 1947 und 1948 mit entsprechenden Bestimmungen der Vermessungsinstruktion (Deutsche Verwaltung für Land- und Forstwirtschaft in der sowjetischen Besatzungszone, 1946)

5.2 Geografische Lage der Projekte

Die zu bearbeiteten Projekte, die zur Verbesserung des Liegenschaftskatasters dienen, befinden sich in dem Landkreis Vorpommern-Greifswald und beinhalten zum einen, ein langgestrecktes und zum anderen, ein flächenhaftes Objekt.

Bei dem langgezogenen Objekt handelt es sich um eine Eisenbahnvermessung aus dem Jahre 1912. Dieses langgezogene Objekt erstreckt sich von der Gemarkungsgrenze Papendorf bis kurz vor dem Bahnhof Pasewalk und ist ein Abschnitt der Eisenbahnstrecke Angermünde-Stralsund (Abbildung 38).

Bei dem flächenhaften Objekt handelt es sich um eine Vermessung von 1947 und 1948 aus der Zeit der Bodenreform. Dieses flächenhafte Objekt befindet sich südlich von dem zu Rollwitz gehörenden Ortsteil Damerow und erstreckt sich über ca. 350 Hektar (Abbildung 38).

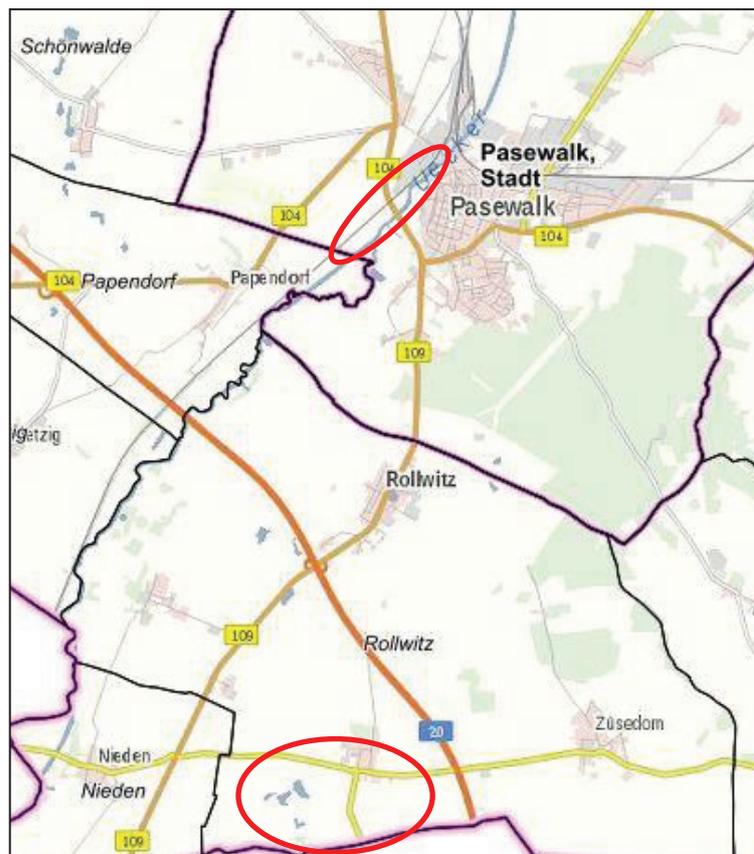


Abbildung 38 – Übersicht über die geografische Lage der Projekte (Landesamt für innere Verwaltung, 2019)

5.2.1 Zur Lage und Entwicklung der Stadt Pasewalk

Die an der Uecker gelegene Stadt Pasewalk befindet sich im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern und gehört zum Landkreis Vorpommern-Greifswald. Mit ca. 10.000 Einwohnern und einer Fläche von 55 km² ist die Stadt Pasewalk eines der Mittelzentren des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Ca. 25 Kilometer östlich liegt die Metropole Stettin, die zu der Republik Polen gehört. Diese mit ca. 400.000 Einwohnern große Stadt hat einen enormen Einfluss auf die deutsch-polnische Grenzregion. In einem europäischen Entwicklungskonzept soll zukünftig in dem deutsch-polnischen Ballungszentrum Stettin eine länderübergreifende Zusammenarbeit angestrebt werden. Dies würde für die Stadt Pasewalk bedeuten, dass diese wirtschaftlich mehr und mehr an Bedeutung gewinnen würde.

Landschaftlich liegt die Stadt Pasewalk zwischen der Ueckermünder Heide im Norden bzw. Osten und der uckermärkischen Grundmoränenlandschaft im Süden. Im Westen befinden sich die Brohmer Berge, die sich als ein Endmoränenzug von Friedland bis kurz vor Pasewalk ausdehnen.

Mit zwei Autobahnanschlussstellen „Pasewalk-Nord“ und „Pasewalk-Süd“ der Bundesautobahn 20 und zwei Bundesstraßen (B 109 und B 104) sind die Einwohner der Stadt Pasewalk sehr gut an das Straßenverkehrsnetz angeschlossen. Darüber hinaus ist der Bahnhof ein Eisenbahnknotenpunkt im östlichen Mecklenburg-Vorpommern. Hier kreuzen sich die Eisenbahnstrecken Stralsund-Berlin und Lübeck-Stettin.

Geschichtlich wechselte in der Stadt Pasewalk durch die territorialen Interessen mehrmals die Herrschaft. Somit war die Stadt Pasewalk ein Spielball zwischen den pommerschen Herzögen und den brandenburgischen Markgrafen. Ab dem Jahr 1354 gehörte die Stadt Pasewalk zur Provinz Pommern, nachdem sie aus der brandenburgischen Herrschaft zurück erworben wurde.

In den folgenden Jahrhunderten erlebte Pasewalk schwere Zeiten, u.a. durch den Dreißigjährigen Krieg (1618-1648), wodurch diese Stadt komplett zerstört wurde. Diese Zeit wird auch mit dem Namen ‚Pasewalker Blutbad‘ bezeichnet. Nach der kurzen Einbeziehung zu ‚Schwedisch-Pommern‘ gehörte die Stadt Pasewalk nach dem ‚Nordischen Krieg‘ zum Königreich Preußen.

Den Beinamen „Kürassierstadt“ erhielt die Stadt Pasewalk durch den preußischen König Friedrich Wilhelm I. Dieser förderte ab dem Jahr 1720 den Wiederaufbau der Stadt Pasewalk und veranlasste die Verlegung des Ansbach-Bayreuth-Drägerregiments, aus dem später das Kürassier-Regiment „Königin“ (Pommersches) Nr. 2 hervorging, in die Stadt Pasewalk. Nicht nur durch das Kürassier-Regiment, sondern auch durch veranlasste Reformen des

preußischen Staates, fand in der Stadt Pasewalk ein wirtschaftlicher Aufschwung statt. Höhepunkt dieses wirtschaftlichen Aufschwungs war der Anschluss an die Eisenbahnstrecken Angermünde-Anklam und Neubrandenburg-Stettin mit dem Eisenbahnknotenpunkt in Pasewalk. Angelegt wurde dieser Bahnhof als Keilbahnhof, der am 16. März 1863 für den Personen- und Güterverkehr offiziell eröffnet wurde.

5.2.2 Zur Lage und Entwicklung des Bodenreformgebiets „Damerow“

Der im Osten des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern gelegene Ortsteil Damerow gehört der Gemeinde Rollwitz an, die sich ebenfalls im Landkreis Vorpommern-Greifswald befindet. In unmittelbarer Nähe des Ortsteils Damerow, ca. einen Kilometer südlich, verläuft die Landesgrenze zum Bundesland Brandenburg (Landkreis Uckermark).

Landschaftlich liegt die Gemeinde Rollwitz am nordwestlichen Teil einer Endmoräne. Da der Ortsteil Schmarsow am Ostufer der Uecker liegt, flacht das Gelände der Gemeinde Rollwitz von Osten nach Westen ab.

In der Gemeinde Rollwitz befindet sich u.a. die Autobahnanschlussstelle „Pasewalk-Süd“ der Bundesautobahn 20, die von Bad Segeberg (Schleswig-Holstein) bis zum Autobahnkreuz Uckermark (Brandenburg) führt. Außer der Bundesautobahn, verläuft in Nord-Süd-Richtung die Bundesstraße 109, die die Städte Pasewalk und Prenzlau verbindet. Dieses Straßennetz, bindet die Einwohner der Region ideal an das lokale und an das überregionale Verkehrsnetz an.

Auf einer Fläche von 7,82 km² leben insgesamt 140 Einwohner in dem Ortsteil Damerow. Dieses entspricht einer Bevölkerungsdichte von 18 Einwohner je km².

Geschichtliche Erwähnung fand der Ort Damerow erstmals durch das preußische Adelsgeschlecht von Winterfeld. Dieser preußischen Adelsfamilie gehörten seit dem 17. Jahrhundert mehrere Besitzungen in ganz Preußen. Der Ort Damerow befand sich seit dem Jahr 1657 im Besitz der Adelsfamilie, wobei erst Ludwig Gustav von Winterfeld das Gut bekannt machte. Nach dem Tod von Hans Friedrich von Winterfeld erbte sein Sohn Ludwig Gustav das Gut. Im Jahre 1838 entschloss sich Ludwig Gustav von Winterfeld im Ort Damerow niederzulassen. Innerhalb von 20 Jahren baute er das Gut zu einem fortschrittlichen und ertragreichen Landwirtschaftsbetrieb aus. Neben den zahlreichen neu errichteten Gebäuden kam in den 1850er Jahren ein imposantes Herrenhaus hinzu. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wuchs die Bevölkerung des Ortes Damerow auf 290

Einwohnern. Fast alle der Einwohner waren auf dem Gut, welches 807 ha umfasste, mit der Bewirtschaftung beschäftigt.

Über fast drei Jahrhunderte befand sich der Ort Damerow im Eigentum der Adelsfamilie von Winterfeld. Durch die Bodenreform wurde der Grundbesitz der Adelsfamilie von Winterfeld, da ihr Gut eine Fläche von über 100 Hektar hatte, entschädigungslos enteignet. Während der DDR-Zeit wurde das Gut umgestaltet und in eine LPG (Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft) umwandelt. Bis zum Jahr 1990 stieg die Einwohnerzahl auf 300. Nach dem Beitritt der DDR zur Bundesrepublik Deutschland am 3. Oktober 1990 verschwand mit der LPG der größte Arbeitgeber der Region. Die damit verbundenen Auswirkungen waren gravierend. Viele Beschäftigte wurden arbeitslos und verließen den Ort Damerow bzw. die Region. Zum 31. Dezember 2010 beträgt die Bevölkerungszahl im Ortsteil Damerow noch ca. 140 Einwohner.

Administrativ gehörte der Ort Damerow bis zum Jahr 1945 zum preußischen Landkreis Prenzlau. Nach kurzer Zugehörigkeit zur Provinz Brandenburg, wurde der Ort Damerow durch die DDR-Kreisgebietsreform am 25. Juli 1952 dem Kreis Pasewalk im Bezirk Neubrandenburg zugeordnet. Im Jahre 2012 erfolgte die Eingemeindung der bis dahin eigenständigen Gemeinden Damerow und Züsedom in die Gemeinde Rollwitz.

5.3 Bereitgestellte Vermessungsunterlagen durch die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde des Landkreises Vorpommern-Greifswald in Pasewalk

Nach Nr. 3.1 der LiVermVV M-V sind zur sachgemäßen Durchführung von Liegenschaftsvermessungen folgende Vermessungsunterlagen erforderlich:

- Auszüge aus den Geobasisinformationssystemen des amtlichen Vermessungswesen; insbesondere
 - aus dem Amtlichen Festpunktinformationssystem (AFIS®)
 - aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®)
 - aus dem Katasterzahlenwerk (Risse und Koordinatenverzeichnisse)
 - Kopien von Grenzverhandlungen, Grenzniederschriften und Niederschriften über den Grenztermin zum Vermessungsobjekt
 - Auszüge bestandskräftiger Pläne von Bodenordnungsverfahren sowie ggf. analoge Urkunden, archivierte Katasterkarten und Bilder
- Auszüge von vorliegenden noch nicht übernommenen Vermessungsschriften

Zugesandt werden diese Daten von der zuständigen unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde postalisch oder elektronisch bzw. seit kurzem erfolgt die Bereitstellung auch über das Geoportal M-V. Für die Katastererneuerung werden nicht alle Vermessungsunterlagen bereitgestellt, da die primäre Aufgabe auf die Eingabe der Katasterzahlen beschränkt ist.

Für die beiden Projekte sind von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde die Punktnummerreservierung, die Bestandsdaten (NAS) und eine Vielzahl von Feldbüchern, Fortführungs- und Vermessungsrissen bereitgestellt worden.

Für eine effektive Bearbeitung verschiedener Aufträge sollten die bereitgestellten Vermessungsunterlagen korrekt abgelegt und jeder Bearbeitungsstand mit dem jeweiligen Datum versehen werden. Dies hat den wirtschaftlichen Vorteil, dass bei einem kurzfristigen Ausfall eines Bearbeiters ein anderer Bearbeiter sich schnell in den jeweiligen Auftrag einarbeiten und diesen beenden könnte.

5.4 Vorbereitung der örtlichen Vermessungsarbeiten / Sichtung und Würdigung der Vermessungsunterlagen

Zur Vorbereitung der örtlichen Vermessungsarbeiten muss die Ermittlung des Sachverhalts stattfinden. Das heißt, vor Beginn müssen sämtliche Vermessungsunterlagen auf Vollständigkeit gesichtet und gewürdigt werden. Diese Tätigkeit erfordert viel Konzentration, da eine Vielzahl von Feldbüchern bzw. Fortführungsrissen betrachtet und bewertet werden müssen, z.B. „steht das Feldbuch/der Fortführungsriss mit dem zu bearbeitenden Vermessungsobjekt in Verbindung?“. Das so eine große Anzahl von Feldbüchern/Fortführungsrissen von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde bereitgestellt wird, ist der Tatsache geschuldet, dass von dem bearbeiteten Objekt ein größerer Umkreis gezogen wird und dann sämtliche Feldbücher/Fortführungsrisse der zu bearbeiteten Flur oder Fluren zur Verfügung gestellt werden.

Um sich als Bearbeiter eine grobe Übersicht über das Messobjekt zu verschaffen, wird nach dem Erstellen der Ordnerstruktur ein GEOgraf-Auftrag erzeugt. Anschließend wird in dem GEOgraf-Auftrag die von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde zugesandte xml-Datei, die die NAS-Bestandsdaten enthält, eingelesen. Die in dem Programmsystem GEOgraf angezeigten Punkte lassen sich in Festpunkte und digitalisierte Punkte unterteilen. Die Festpunkte sind die Punkte, die bereits durch eine amtliche Vermessung festgestellt worden sind und somit in das Liegenschaftskataster übernommen wurden. Zu erkennen sind diese Festpunkte an den langen Punktnummern. Die Festpunkte, die bei der Berechnung verwendet werden, sind zu untersuchen. Die Würdigung der Vermessungsunterlagen ist somit von großer Bedeutung.

Ist der Nachweis erbracht, dass der für die Berechnung benutzte Festpunkt zweifelsfrei dem Originalfortführungsriss entspricht, kann der Festpunkt mit einer hohen Genauigkeit für die Ausgleichsberechnung angenommen werden.

Demgegenüber stehen die digitalisierten Punkte, deren Punktnummern mit einer Buchstabenkombination „ID ...“ beginnen. Diese Punkte sind bei der Digitalisierung der Flurkarte entstanden und sind seitdem nicht Gegenstand einer Liegenschaftsvermessung gewesen. Nach Erfahrungswerten liegt in ländlichen Gebieten die grafische Genauigkeit von digitalisierten Punkten (z.B. Grenzpunkten) bei ca. 5-10 Metern. In ländlichen Gebieten wird mit der Katastererneuerung des vermessungstechnischen Teils somit ein erheblicher Genauigkeitsgewinn erzielt.

Die Klassifizierung, wie die Punkte in die Ausgleichung eingeführt werden, ist der Tabelle 9 zu entnehmen:

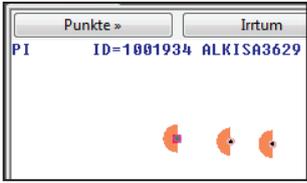
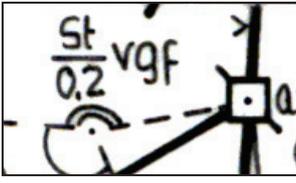
	Digitalisierte Punkte	Festpunkte	
Punktart	grafischer Punkt	weicher Festpunkt	ausgeschalteter Festpunkt*
Berechnung?	Näherungswert	Festpunkt	Festpunkt
Woher?	ALKIS		
Bedeutung?	<ul style="list-style-type: none"> wird als Neupunkt gewertet (ist mit der Grenze verknüpft) 	<ul style="list-style-type: none"> qualifiziert als vorgefunden (vgf) Punkte sind vertrauenswürdig werden mit einer Genauigkeit von 3cm versehen (Voraussetzung: GST=2100) 	<ul style="list-style-type: none"> qualifiziert als nicht vorgefunden (ngf, ngs, whg, zst, ...) Punkte sind nicht vertrauenswürdig Genauigkeit wird stochastisch ausgeschaltet
Beispiel			

Tabelle 9 – Die Klassifizierung der Punkte

Für die weitere Bearbeitung werden die digitalisierten Punkte unnummeriert und mit einer Arbeitsnummerierung versehen. Anschließend erfolgt der Export der Punkte und Linien (zur besseren Übersicht) aus dem Programmsystem GEOgraf, um sie später in das Programmsystem Systra einzulesen.

Anhand der beiden Projekte wird aufgezeigt, wie eine solche Sichtung/Würdigung abgearbeitet werden sollte.

5.4.1 Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk)

Für dieses Projekt wurden von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde in Pasewalk folgende Dateien digital bereitgestellt:

- die für die Ausgleichsberechnung benötigten Feldbücher/Fortführungsrisse (Ordner: „zu berechnende Risse“)
 - bestehen aus 8 Feldbüchern/Fortführungsrisse
 - Risnummer: 1927230012-101
 - Risnummer: 1927230012-102
 - Risnummer: 1927230012-103

- Rissnummer: 1927230012-104
- Rissnummer: 1927230012-105
- Rissnummer: 1927230012-106
- Rissnummer: 1941230035-101
- Rissnummer: 1941230035-102
- die zu ergänzenden Fortführungsrisse und
- NAS-Bestandsdaten (xml-Datei)

Der Ordner „zu berechnenden Risse“ enthält insgesamt sechs Feldbücher aus dem Jahre 1912 und zwei Fortführungsrisse aus dem Jahre 1942. Die Feldbücher (1927230012-101 - 106) aus dem Jahre 1912 enthalten die Bahnstrecke von der damaligen Provinzgrenze zu Brandenburg bis zum Bahnübergang in Pasewalk. Die Fortführungsrisse (1941230035-101 und 102) aus dem Jahre 1942 betreffen eine Flurstückszerlegung an der Eisenbahnstrecke.

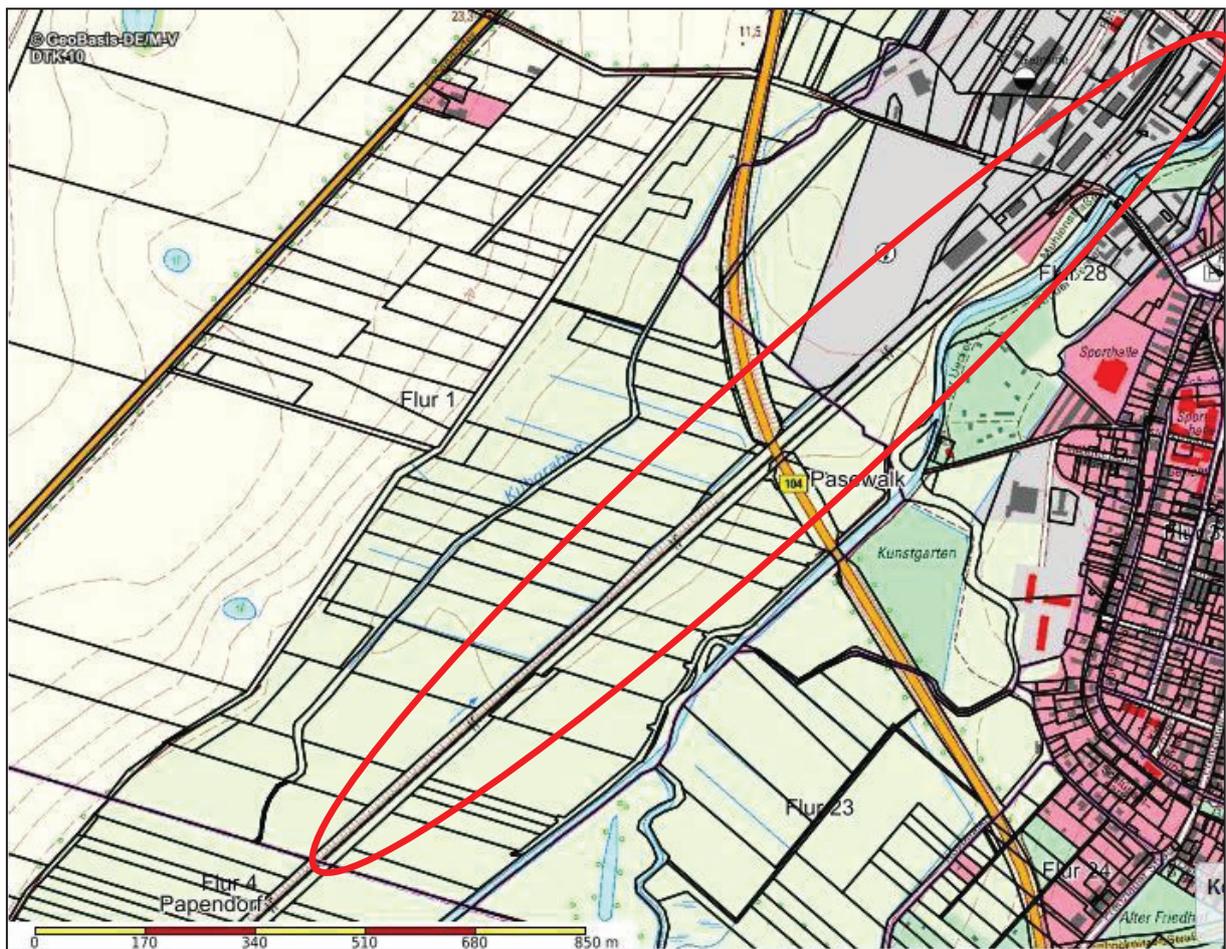


Abbildung 39 – Übersichtsbild über den zu bearbeitenden Abschnitt der Bahntrasse (Landesamt für innere Verwaltung, 2019)

Für die Angabe der Rissnummern ist die jeweilige untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde zuständig. Zur besseren Übersicht wurden die wichtigsten Elemente des Feldbuchs in der Abbildung 40 markiert.



Abbildung 40 – Kopf eines Feldbuchs

Um im Programmsystem Systra mit der Eingabe der Beobachtungen beginnen zu können, hat die Bewertung der Fortführungsrisse in dem Ordner „zu ergänzende Risse“ oberste Priorität. Nach Sichtung und Würdigung der 275 Dateien (Fortführungsrisse, KVZ u.a.) des Ordners, sind insgesamt vier Fortführungsrisse näher zu betrachten, die unmittelbar mit der Eisenbahnmessung in Verbindung stehen (siehe Tabelle 10).

Art der Vermessung	Rissnummer
Flurstückszerlegung des ÖbVI B. (2010)	2010300054-105
Flurstückszerlegung des ÖbVI Z. (2001)	2000310219-101
Straßenschlussvermessung des ÖbVI B. (2009)	2008300069-004
	2008300069-005
Grenzfeststellung des ÖbVI U. (2004)	2004420002-001
	2004420002-002

Tabelle 10 – Fortführungsrisse, die mit der Eisenbahnmessung in Verbindung stehen

Um die ursprüngliche Messungslinie wieder aufzubauen, sind mindestens zwei Punkte dieser Messungslinie notwendig, die auf ihre Lageidentität geprüft sind. Dem Fortführungsrisse (siehe Abbildung 41) mit der Rissnummer „2000310219-101“ ist anhand der benutzten Unterlagen zu entnehmen, dass sich auf die Vermessung von 1912 bezogen wurde. Die Art der Vermessung war eine Flurstückszerlegung und um die Grenzpunktabmarkungen in die Örtlichkeit übertragen zu können, musste vorher eine Grenzermittlung stattfinden. Bei dieser Grenzermittlung wurden drei abgemerkte Grenzpunkte, die bereits 1912 auf die

Messungslinie aufgewinkelt wurden, vorgefunden. Zur Genauigkeitsbeurteilung der Grenzpunkte werden die Attribute der in GEOgraf vorhandenen NAS-Daten abgefragt. Hat die Genauigkeitsstufe (GST) der drei Grenzpunkte den Wert von 2100, können diese mit einer Standardabweichung von 3cm versehen werden. Über die Grenzpunkte mit den Punktnummern 5615 und 5616 ist es möglich, die erste Messungslinie aufzubauen.

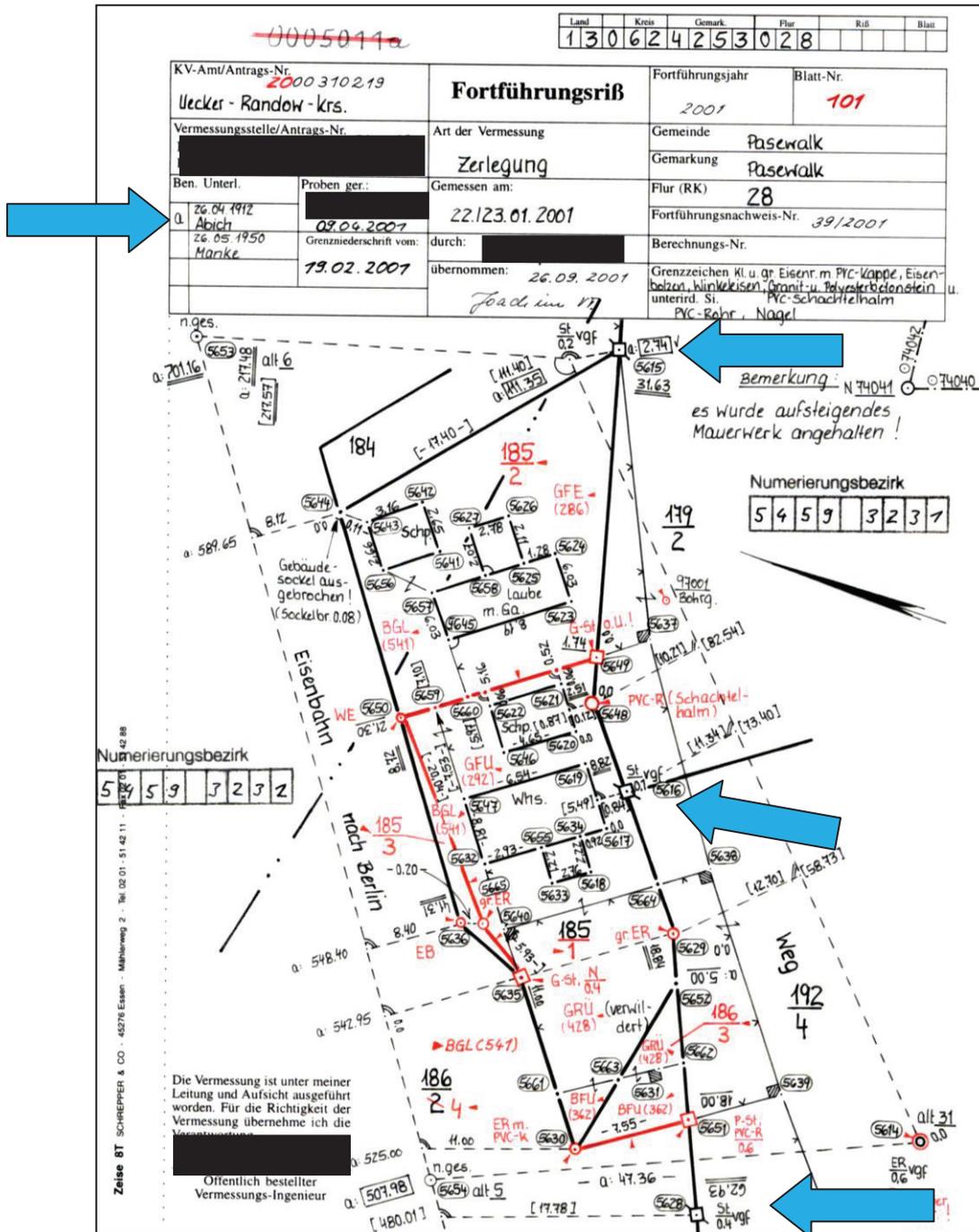


Abbildung 41 – Fortführungsriß aus dem Jahr 2001

Um weitere Grenzpunkte zu verwenden, die mit der Eisenbahnmessung zusammenhängen, wird der Fortführungsriß der Flurstückszerlegung des ÖbVI B. aus dem Jahre 2010 auf der westlichen Seite der Bahntrasse untersucht (Rissnummer:2010300054-105). Bei der Untersuchung der Grenze ist der Punkt 7528 vorgefunden worden. Dieser Grenzpunkt wurde bei der Eisenbahnvermessung von 1912 abgemerkt (siehe benutzte Unterlagen in der Abbildung 42). Mit diesem Grenzpunkt 7528 (der ebenfalls eine GST 2100 besitzt) und dem Grenzpunkt 5628 aus dem Fortführungsriß mit der Rissnummer „2000310219-101“ (Abbildung 41) kann eine zweite Messungslinie aufgebaut werden.

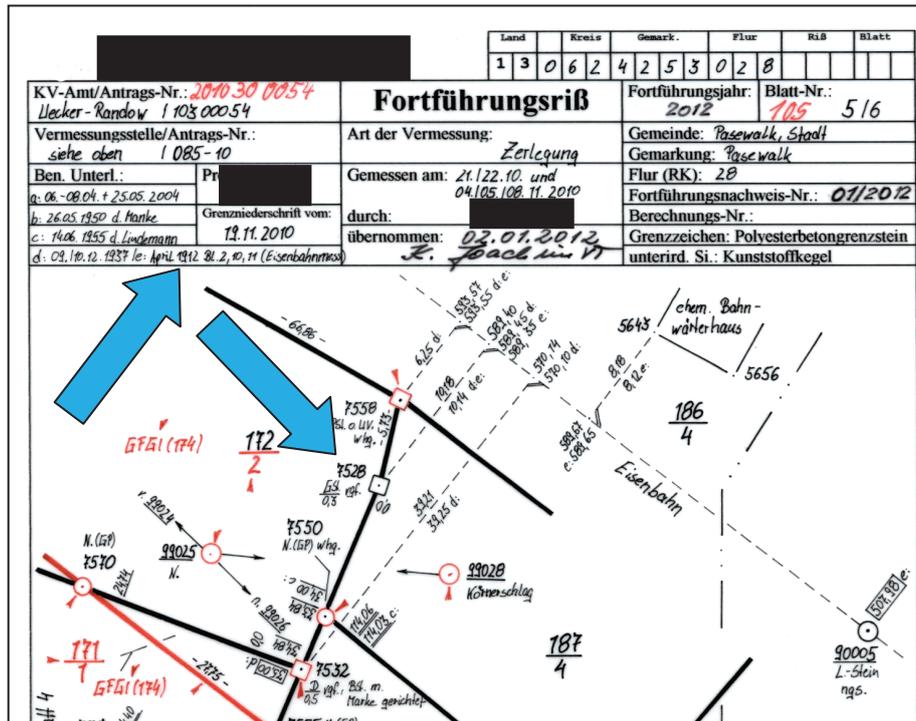


Abbildung 42 – Ausschnitt aus einem Fortführungsriß von 2010

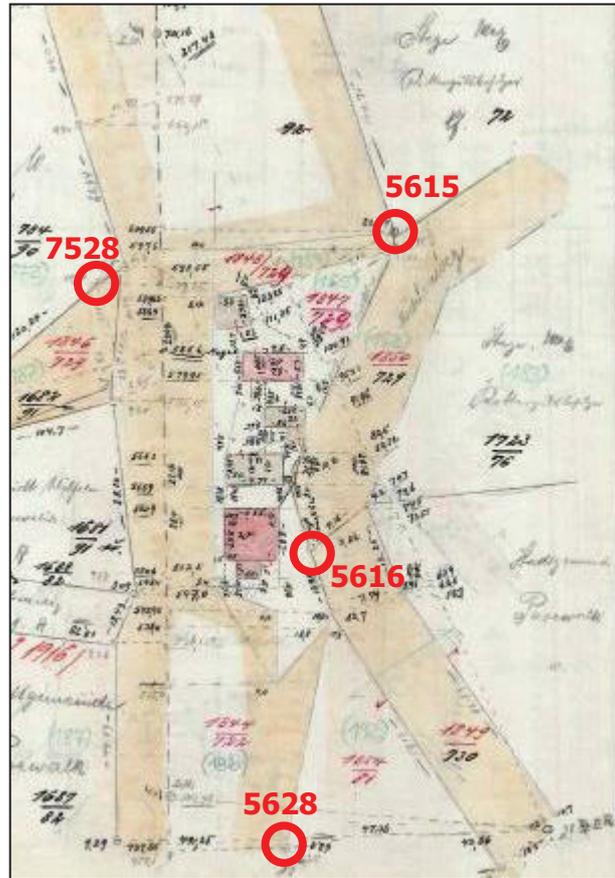


Abbildung 43 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (Blatt 5)

Nach der Würdigung der beiden Fortführungsrisse werden die identischen Grenzpunkte im Feldbuch von 1912 farblich markiert. In der Abbildung 43 ist ein Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (Blatt 5) dargestellt worden. Die maßgeblichen Katasterzahlen des Feldbuchs von 1912 müssen mit den bereits verwendeten Grenzpunkten übereinstimmen.

Anschließend wurde der Fortführungsriß des ÖbVI U. aus dem Jahr 2004 gewürdigt. Hier wurde eine Grenzfeststellung im westlichen Bereich der Eisenbahntrasse durchgeführt. Dokumentiert wurde die Liegenschaftsvermessung auf zwei Blättern (Rissnummer: 2004420002-001 und -002). In den beiden Ausschnitten ist die lange Messungslinie im Eisenbahnbereich eindeutig zu erkennen. Aus den benutzten Unterlagen ergibt sich, dass die Messungslinie aus dem Feldbuch von 1912 hergestellt wurde. Diese Messungslinie ist über zwei Gebäudepunkte eines Eisenbahnwärterhauses aufgerichtet worden. Alle weiteren Bezugspunkte sind entweder zerstört oder nicht gesucht worden (Abbildung 44). Die geometrische Eindeutigkeit der Gebäudepunkte ist nicht nachweisbar, da diese Gebäudepunkte nicht in den ALKIS-Bestandsdaten vorhanden sind und demzufolge werden sie nicht als Festpunkte verwendet. Um diese Gebäudepunkte verwenden zu können, sollten diese örtlich aufgesucht und kontrolliert werden (Kapitel 5.6.1).

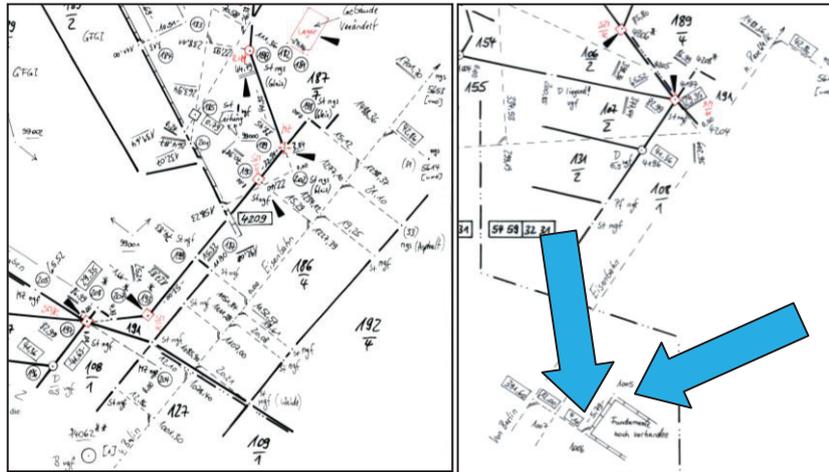


Abbildung 44 – 2 Ausschnitte aus den Fortführungsrisen von 2004 (Blatt 4 und 5)

Anschließend ist eine Straßenschlussvermessung zu bewerten, die von dem ÖbVI B. ausgeführt wurde. Die beiden relevanten Blätter 4 und 5 (2008300069-004 und -005) zeigen die Überführung über die Eisenbahn. Weder im Fortführungsriß des ÖbVI U. noch im Fortführungsriß des ÖbVI B. sind für die Eisenbahnmessung relevante Punkte vorgefunden bzw. dargestellt worden.

Zu „den berechnenden Rissen“ gehören zwei Fortführungsrisse aus dem Jahre 1942 (Flurstückszerlegung für ein Anschlussgleis). Abgemarkt wurden die Grenzpunkte mit Betongrenzsteinen und Flaschen als unterirdische Sicherung. Der im Fortführungsriß von 1942 bezeichnete Punkt 3 wurde vom ÖbVI B. vorgefunden (Punktnummer 6731). Nach Abfrage der Attribute in GEOgraf und dem geschriebenen Zusatz in dem Fortführungsriß des ÖbVI B. („Betonstein gerichtet / Flasche -0,5 vgf“) kann der Grenzpunkt ebenfalls als Festpunkt für die Ausgleichsberechnung verwendet werden.

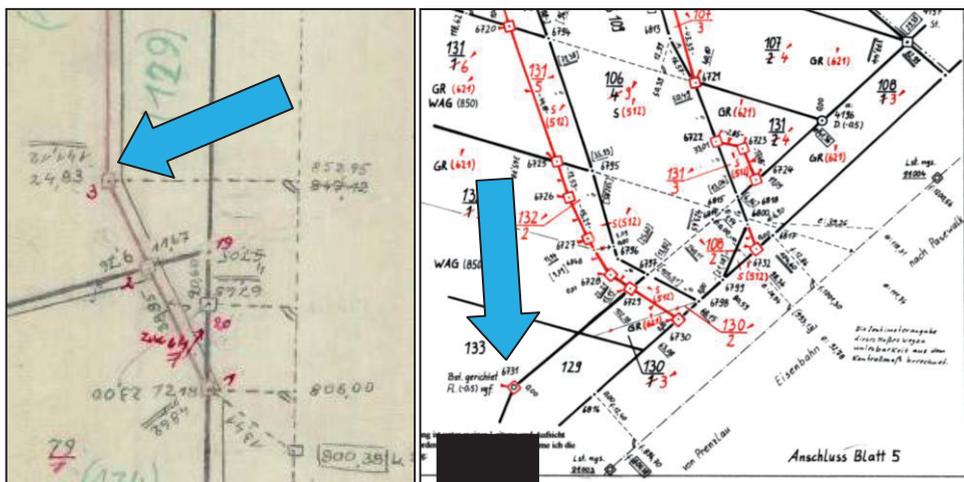


Abbildung 45 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1942 (links) und dem Fortführungsriß von 2009 (rechts)

5.4.2 Bodenreformgebiet „Damerow“

Für dieses Projekt wurden digital von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde in Pasewalk folgende Dateien bereitgestellt:

- die für die Ausgleichsberechnung benötigten Fortführungsrisse (Ordner: „zu berechnende Risse“)
 - bestehen aus 10 Fortführungsrisse
 - 1947230501_ffr_050
 - 1947230501_ffr_051
 - 1947230501_ffr_052
 - 1948230502_ffr_014
 - 1948230502_ffr_015
 - 1948230502_ffr_022
 - 1948230502_ffr_023
 - 1948230502_ffr_012
 - 1948230502_ffr_013
 - 1948230502_ffr_024
- die zu ergänzenden Fortführungsrisse und
- NAS-Bestandsdaten (xml-Datei)

Der Ordner „zu berechnenden Risse“ enthält drei Fortführungsrisse aus dem Jahre 1947 und sieben Fortführungsrisse aus dem Jahre 1948. Wobei die Fortführungsrisse aus dem Jahr 1947 zusammenhängend den südlichen Bereich der Flur 3 und der Flur 4 der Gemarkung Damerow darstellen, zeigen die Fortführungsrisse aus Jahr 1948 einzelne Bereiche aus den Fortführungsrisse aus dem Jahre 1947.

Neben der Qualitätsverbesserung des Liegenschaftskatasters im Bodenreformgebiet „Damerow“, sollte die westliche Flurgrenze mit einer Länge von ca. 1200 Metern auf Geradlinigkeit überprüft werden, da diese Flurgrenze um ca. 10 Meter aus der Geraden abweicht (Abbildung 46).

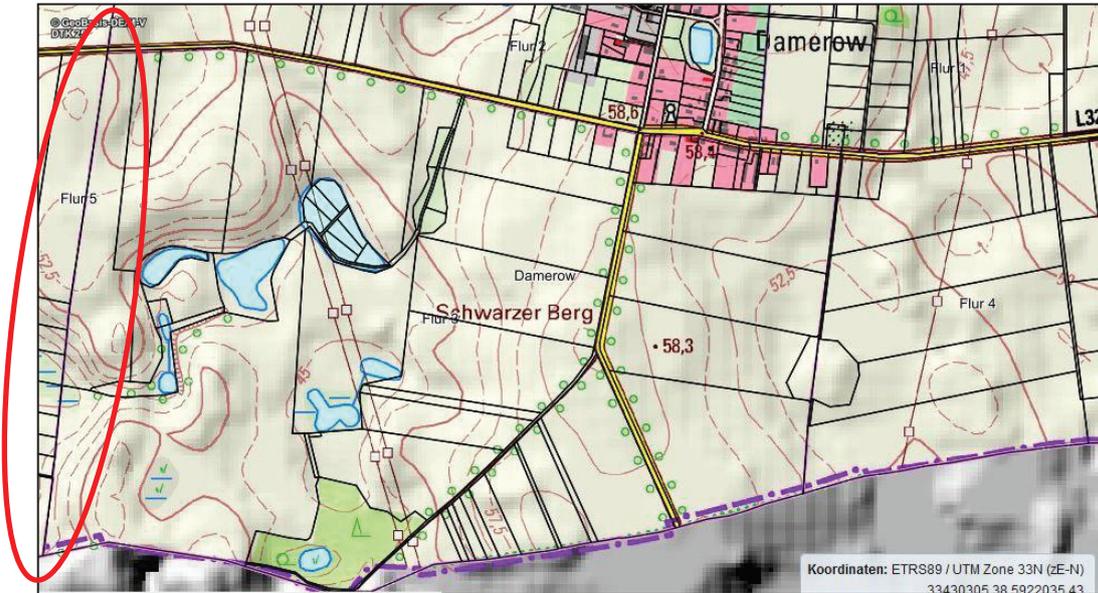


Abbildung 46 – Übersicht über das Bodenreformgebiet „Damerow“ mit der gekennzeichneten westlichen Grenze (rote Ellipse) (Landesamt für innere Verwaltung, 2019)

Im Gegensatz zu dem Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk) enthält dieser Ordner 108 Dateien. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den Städten mehr bauliche Aktivitäten auf neuen Grundstücken stattfinden und demzufolge auch mehr Liegenschaftskatasternachweise vorhanden sind, gegenüber den ländlichen Regionen. Umso wichtiger sind in diesem ländlichen Regionen Bereiche in den bereits ALKIS-Punkte vorhanden sind. Für die Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster sind insgesamt sieben Fortführungsrisse zu betrachten, die in dem zu bearbeitenden Gebiet liegen (Tabelle 11).

Art der Vermessung	Risnummer
Flurstückszerlegung des ÖbVI H. (2012)	2010420028-001
Grenzherstellung des ÖbVI B. (2008)	2008330007-101
Grenzwiederherstellung durch das KVA Uckermark (2006)	2007420051-101 2007420051-102
Flurstückszerlegung des ÖbVI B. (2004)	0012884a
Flurstückszerlegung des ÖbVI H. (2006, 2009)	2003340002-001
Paßpunktbestimmungen durch den ÖbVI B. (2003)	0014555a, 0014556a & 0014557a
Flurstückszerlegung durch das KVA in Pasewalk (1997)	0001646a

Tabelle 11 – Fortführungsrisse, die im Bodenreformgebiet „Damerow“ liegen

Um das flächenhafte Projekt kontinuierlich zu bearbeiten, muss zunächst die Vorgehensweise geklärt werden. Gestartet wurde das Projekt beginnend im östlichen Bereich Richtung Westen. Der Grund dafür war, dass an der östlichen Grenze des zu bearbeitenden Gebiets im Zuge des Baus der Autobahn (A20) eine Zerlegung des ÖbVI H. und eine Grenzfeststellung des ÖbVI B. durchgeführt wurden und daher bereits Festpunkte in diesem Bereich vorhanden waren. Beide ÖbVI haben sich auf die Fortführungsrisse aus den Jahren 1947 und 1948 bezogen (siehe benutzte Unterlagen (Abbildung 47)).

KV - Amt/Antrags-Nr. Pasewalk 20 08330007		Vermessungsstelle/Antrags-Nr.: 117404	Art der
Vermessungsstelle/Antrags-Nr.		Ben. Unterl.: a. FFR v. Sept. 47 v. Nies b. FFR v. Dez. 48 v. Holzhauser c. FFR v. 24.11.09 v. Blüthgen	Gemessene
Ben. Unterl.		Proben ger.: 17.4.09	durch:
FFR v. Sept. 1947 v. Nies FFR v. Dez. 1948 v. Holzhauser		Grenztederschrift vom:	übernom
Proben ger.:		d. FFR v. Juli 47 v. Holzhauser e. FFR Nr. 101 v. 2006 v. Bock f. Vermessungsriß 5/14 KVA Nokermarks v. 151 v. Krensich	

Abbildung 47 – Überblick der benutzten Unterlagen

Im Zuge der Grenzherstellung durch den ÖbVI B. im Jahr 2008 wurde der Grenzpunkt 2007 wiederhergestellt (siehe Abbildung 48). Um diesen Grenzpunkt wiederherzustellen war erforderlich, weitere Grenzpunkte der geraden Grenze aufzusuchen. Zu dieser Grenze gehören die Grenzpunkte mit den Punktnummer 2006, 1004, 1002 und 1001, die in der Abbildung 48 mit blauen Ellipsen gekennzeichnet sind. Diese Grenzpunkte wurden alle in einer Tiefe von ca. 50cm vorgefunden. Zweifelsfrei stammen diese Grenzpunkte aus der Fortführungsvermessung von 1947 (siehe benutzte Unterlagen (Abbildung 47)). Um weitere Grenzpunkte einbeziehen zu können, die mit der Bodenreformmessung „Damerow“ zusammenhängen, werden die anderen Fortführungsrisse ebenfalls untersucht. Zunächst erfolgt die Würdigung des Fortführungsrisse des ÖbVI H. aus dem Jahr 2012. Dieser

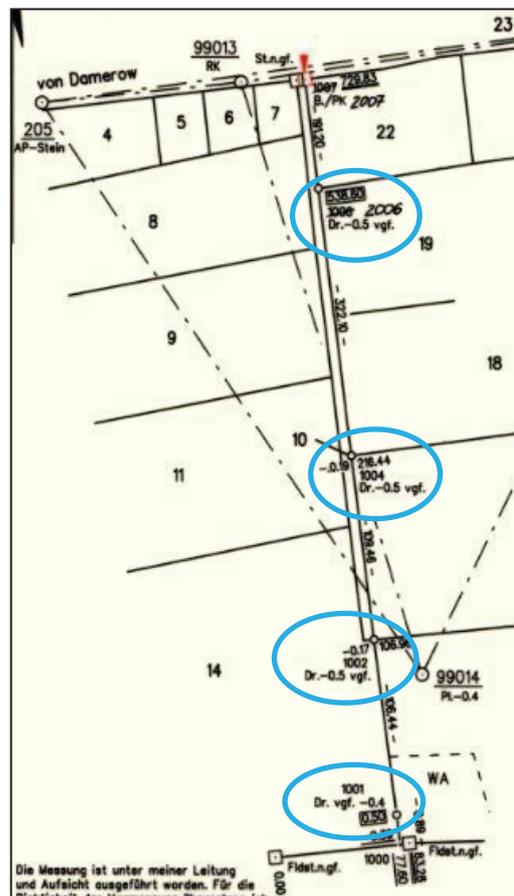


Abbildung 48 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 2008

Fortführungsriß enthält eine Flurstückszerlegung im Rahmen des Autobahnbaus. Die vom ÖbVI B. ermittelte Grenze ist am unteren Rand der Abbildung 49 zu erkennen. Dieser Fortführungsriß ist sehr übersichtlich gestaltet und gut lesbar.

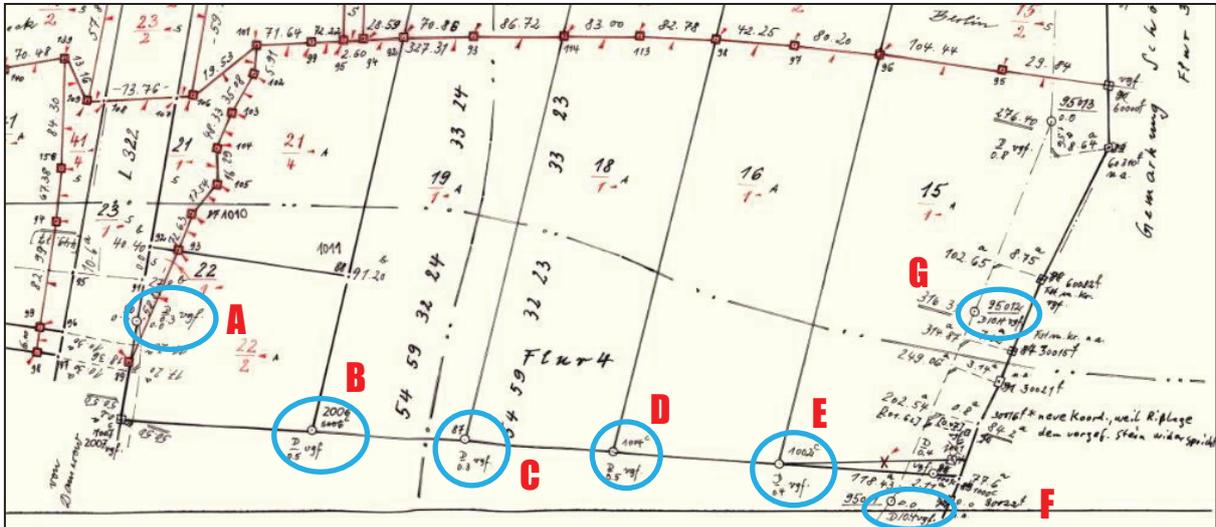


Abbildung 49 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 2012

Aus der Abbildung 49 ist ersichtlich, dass nicht nur die vom ÖbVI B. bereits vorgefundenen Grenzpunkte nochmals bestimmt wurden, sondern dass an der Landesstraße (L322) als auch an der Grenze zum Bundesland Brandenburg mehrere relevante Grenzpunkte vorgefunden wurden. Nach Prüfung, ob diese Grenzpunkte mit dem Fortführungsriß von 1947 übereinstimmen und welche Attribute diese Grenzpunkte haben, können diese als vertrauenswürdig angenommen werden. Zur besseren Übersicht sind die vorgefundenen Grenzpunkte aus dem Fortführungsriß von 2012 (Abbildung 49) und die abgemarkten Grenzpunkte aus dem Fortführungsriß von 1947 (Abbildung 50) mit identischen Buchstaben gekennzeichnet worden.

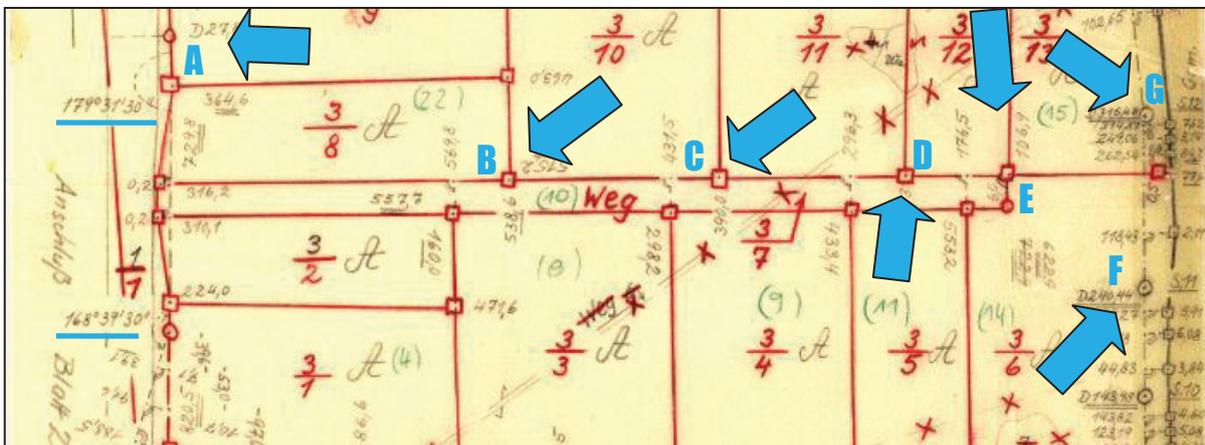


Abbildung 50 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1947

Aus dem Fortführungsriß des ÖbVI H. und dem Fortführungsriß von 1947 ist erkennbar, dass in unmittelbarer Nähe zur Grenze des Bundeslandes Brandenburg ein Polygonzug existiert. Anhand der benutzten Unterlagen des ÖbVI H. (Abbildung 47) ist beim Buchstaben F an der Messungslinie ersichtlich, dass vom Kataster- und Vermessungsamt (KVA) Uckermark die Messung des Polygonzugs durchgeführt wurde. Bei dieser im Jahre 2006 vom KVA Uckermark ausgeführten Grenzwiederherstellung wurden ca. 80% der Punkte des Polygonzugs vorgefunden (Abbildung 51). Dieser Polygonzug verläuft in der Nähe der brandenburgischen Landesgrenze und beginnt etwa im mittleren südlichen Bereich des Projekts und verläuft Richtung Osten. Die vorgefunden Polygonpunkte sind allerdings kaum verwendbar, da die Fortführungsmessungen von 1947 und von 1948 keinen Bezug zum Polygonzug haben.

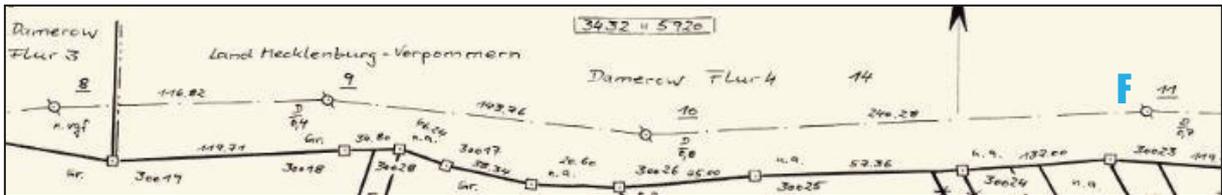


Abbildung 51 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 2006

Der nächste zu betrachtende Fortführungsriß ist eine Flurstückszerlegung des ÖbVI B. aus dem Jahr 2004, südlich der Straße im Ort Damerow. Anhand der benutzten Unterlagen (Abbildung 52) ist zu erkennen, dass der Fortführungsriß von 1948 (Abbildung 54) verwendet wurde. Das die Maße aus dem Fortführungsriß von 1948 verwendet wurden, ist deutlich an dem Buchstaben d (blauer Kreis) zu erkennen. Die unterirdische Sicherung des Grenzpunktes mit der Nummer 1049 wurde in einer Tiefe von 45cm vorgefunden und kann somit als Festpunkt verwendet werden. Zur besseren Übersicht ist der Grenzpunkt in beiden Fortführungsrißen (1948 und 2004) mit dem Buchstaben M gekennzeichnet worden.

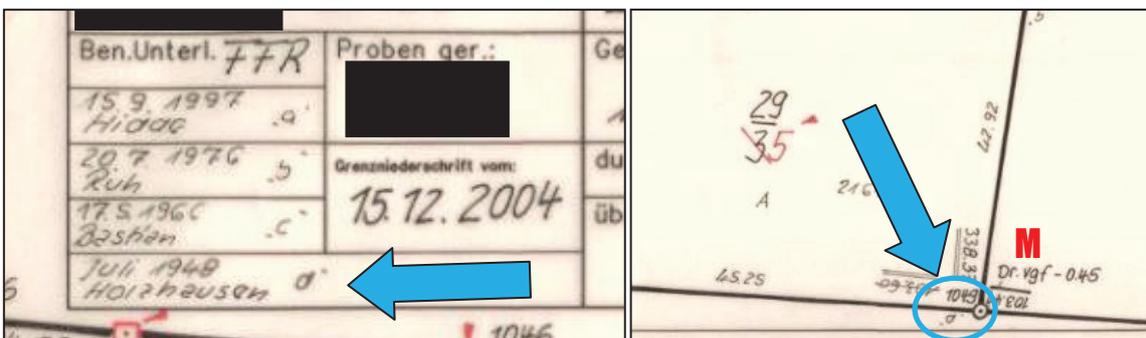


Abbildung 52 – 2 Ausschnitte aus dem Fortführungsriß von 2004

Der nächste zu bewertende Fortführungsriß enthält eine Flurstückszerlegung des Kataster- und Vermessungsamtes Pasewalk aus dem Jahr 1997. Da neue Grenzpunkte in vorhandene Grenzen eingebracht wurden, mussten die vorhandenen Grenzpunkte ermittelt werden. Die Abmarkungen in den Grenzpunkten mit den Punktnummern 1034, 1035, 1037 und 1032, die mit den Buchstaben H, J, K, L und blauen Pfeilen markiert sind, wurden vorgefunden und anhand der benutzten Vermessungsunterlagen kann diesen Punkten ebenfalls vertraut werden.

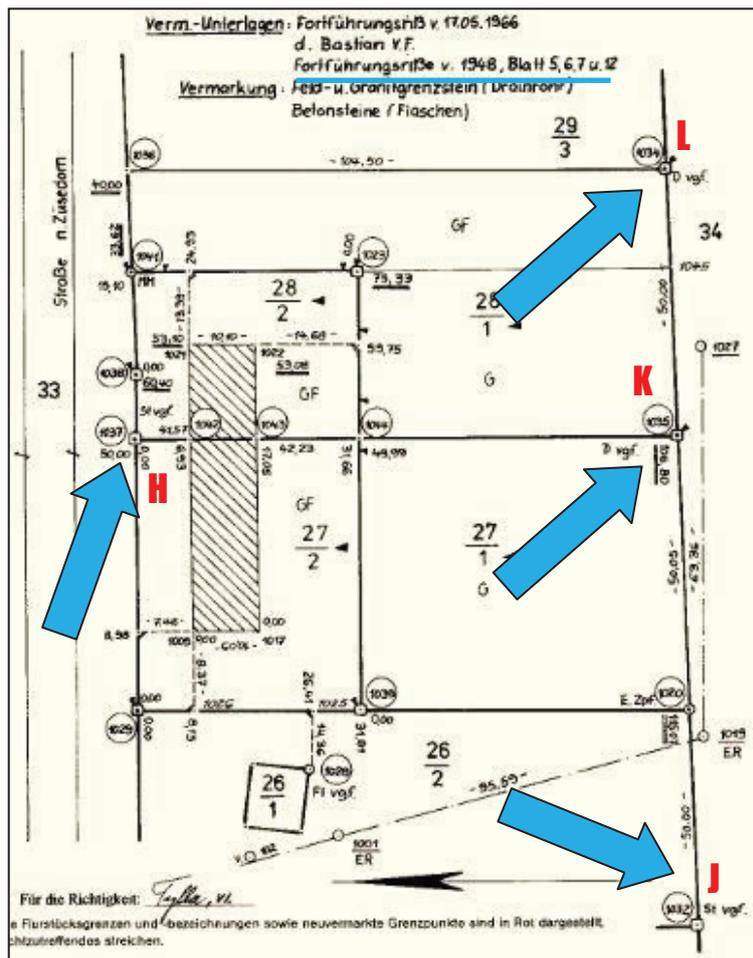


Abbildung 53 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1997

Durch die Flurstückszerlegungen des ÖbVI B. (Abbildung 52) und des KVA Pasewalk (Abbildung 53) wurden insgesamt fünf Grenzpunkte aus dem Fortführungsriß von 1948 vorgefunden und der Bereich ist somit gut kontrolliert (Abbildung 54).

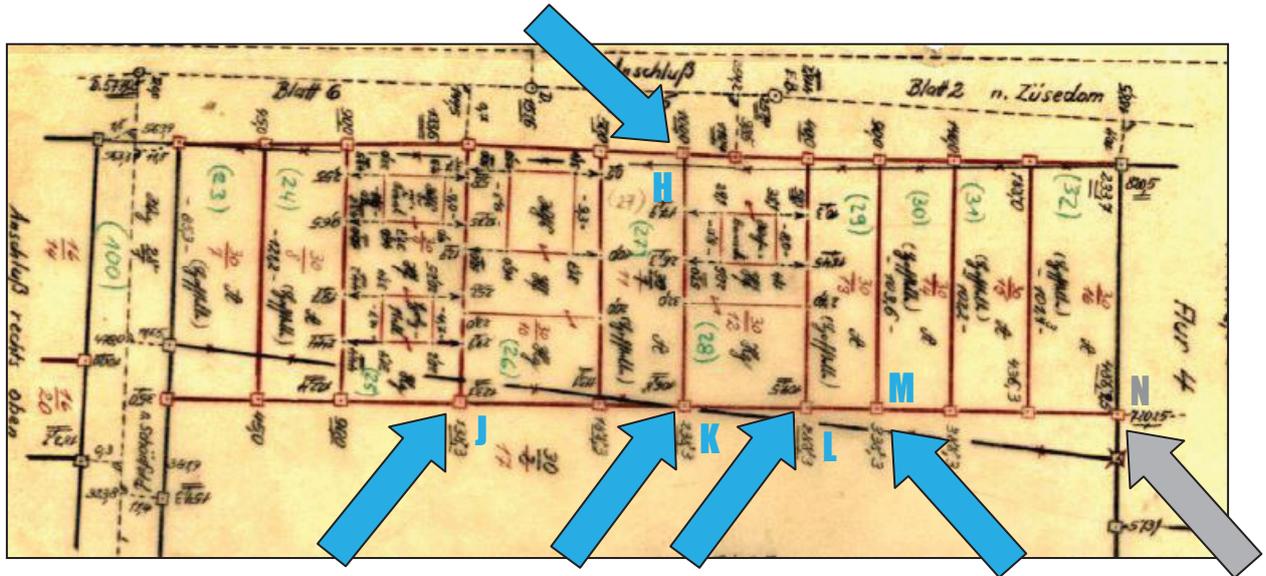


Abbildung 54 – Ausschnitt aus dem Ursprungsriß von 1948

Durch die Paßpunktbestimmungen, die für die Erstellung der ALK-Grundstufe im Jahr 2003 vom ÖbVI B. durchgeführt wurden, betreffen die Grenzpunkte mit den Punktnummern 10060, 10065 und 10071 (Abbildung 55). Der Grenzpunkt 10071 wurde mit einem Grenzstein abgemarkt und auf dem Fortführungsriß von 1948 mit dem Buchstaben N und einem grauen Pfeil gekennzeichnet (Abbildung 54). Somit sind in diesem Bereich ausreichend vorgefundene Grenzpunktmarkierungen vorhanden. Weiter westlich liegen die Grenzpunkte 10060 und 10065. Der Grenzpunkt 10065 ist der nördlichste Punkt der westlichen Begrenzung des zu bearbeitenden Projekts. Der Grenzpunkt 10060 ist ein wichtiger Messpunkt, da von diesem Punkt die Messungslinie beginnt auf der die einzelnen Sölle aufgemessen wurden.

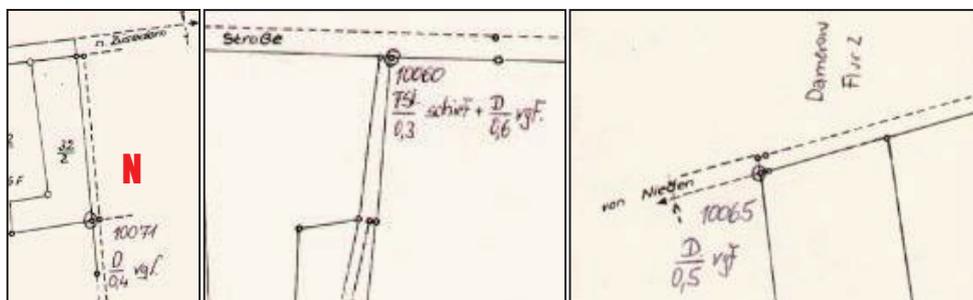


Abbildung 55 – Ausschnitte aus den Paßpunktbestimmungen von 2003

Der letzte zu prüfende Fortführungsriß betrifft eine Flurstückszerlegung des ÖbVI H. aus dem Jahr 2012. Dieser Fortführungsriß enthält wichtige Informationen zu dem Bereich südwestlich des Ortes Damerow. Die benutzten Unterlagen weisen darauf hin, dass die Fortführungsrisse von 1947 verwendet wurden. Mit insgesamt sieben Punkten ist es anzunehmen, dass eine Stabilität in das zu berechnende Netz erreicht wird.

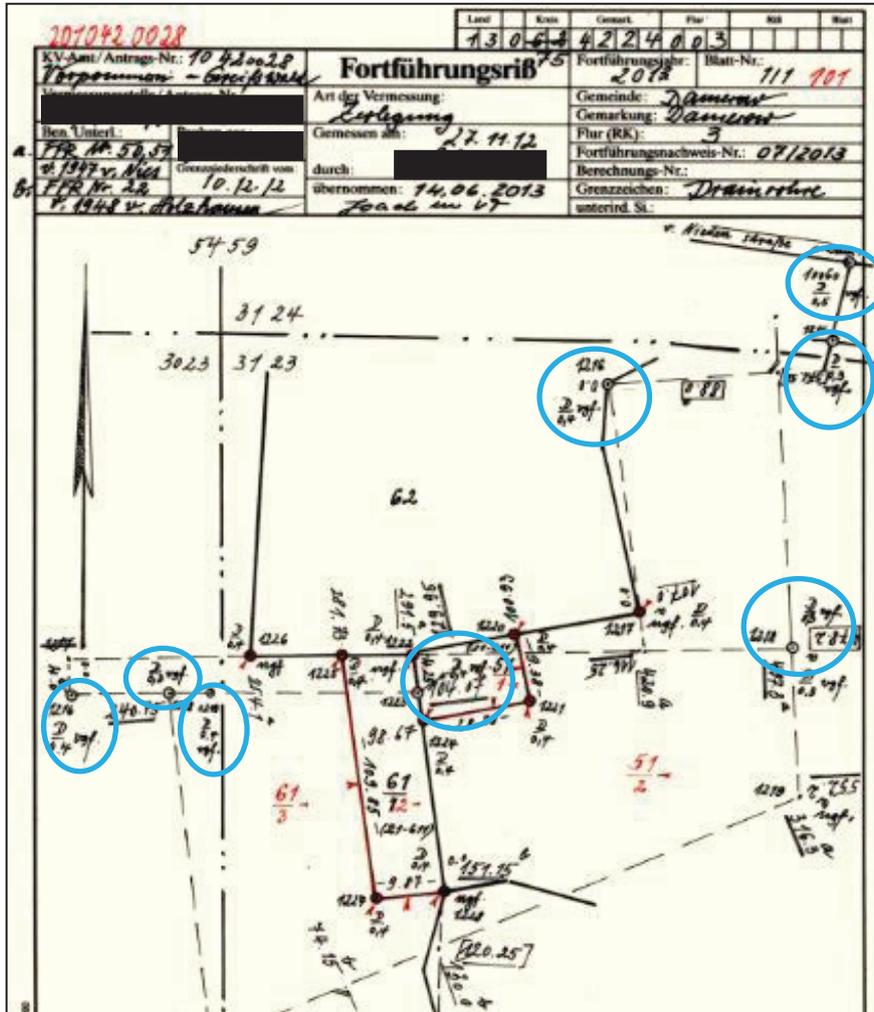


Abbildung 56 – Fortführungsriß von 2012

5.5 Ausgleichung mit dem Programmsystem Systra

Bevor ein Systra-Projekt gestartet wird, sollte die aus dem Programmsystem GEOgraf exportierte PKT-Datei und LNE-Datei bearbeitet werden. Aus der PKT-Datei wird zum einen eine Festpunkt-Datei und zum anderen eine mit Näherungskoodinaten besetzte Datei erzeugt. Die Näherungskoodinaten sind die Koordinaten der digitalisierten Punkte. Die aus GEOgraf exportierte Linien-Datei „LNE“ kann von dem Programmsystem Systra nicht gelesen werden und muss daher zu einer „LIN“-Datei umgeformt werden (Abbildung 57).

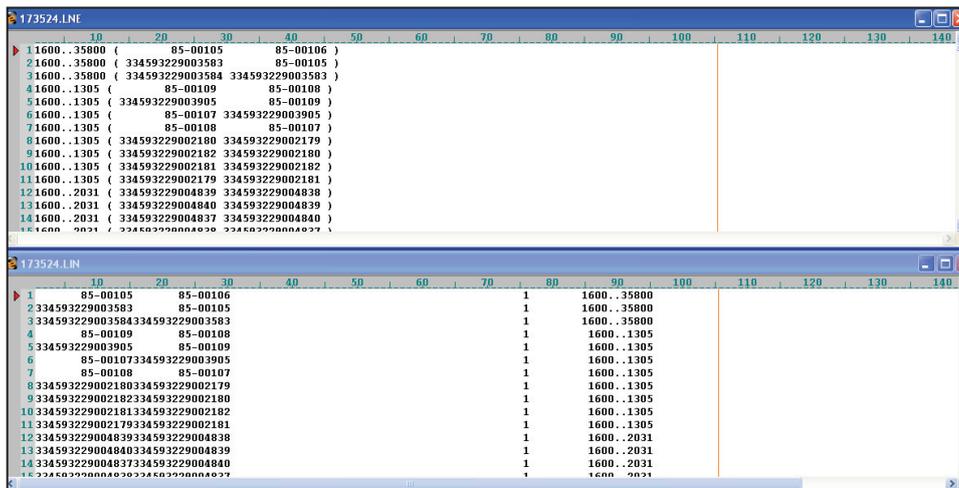


Abbildung 57 – Ausschnitt aus der LNE-Datei (oben) und der LIN-Datei (unten)

In dem Systra-Ordner, der für jedes Projekt erstellt wird, werden zur besseren Übersicht zwei weitere Unterordner angelegt. In diesen beiden Ordnern „Eingabe“ und „Ergebnis“ werden die wichtigsten Dateien des Programmsystems Systra gespeichert. Abgelegt werden in dem Ordner „Eingabe“ die Datei der Festpunkte, der Näherungspunkte und die umgeformte Linien-Datei. Dies hat den Vorteil, dass wenn das Systra-Projekt abstürzt, sind die Original-Dateien als Sicherung immer vorhanden. Im Laufe der Bearbeitung werden unter dem Ordner „Eingabe“ die im vermessungstechnischen Außendienst vorgefundenen und aufgemessenen Punkte mit dem jeweiligen Tagesdatum gespeichert. Dies dient zum einen zur Übersichtlichkeit und zum anderen können andere Bearbeiter den Stand der Bearbeitung nachvollziehen.

In das neu angelegte Systra-Projekt gibt es verschiedene Möglichkeiten um die Punkt-Dateien und die Linien-Datei zu importieren. Zu empfehlen wäre die Variante über den grafischen Editor Sysged. Über den Menüpunkt *Projekt* → *Import extern* → *Koordinatenliste* können die jeweiligen Dateien importiert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Festpunkte als Referenzkoordinaten und die Näherungskoodinaten als globale

Näherungskoordinaten eingelesen werden. Über dem Menüpunkt *Projekt* → *Import Systra* kann die bereits umgeformte Linien-Datei eingelesen werden. Anschließend werden mit dem grafischen Editor Sysged die eingelesenen Punkte und Linien dargestellt. Die Festpunkte sind dabei mit einem grünen Dreieck und die digitalisierten Punkte mit einem Kreis gekennzeichnet (Abbildung 58). Um die Bearbeitung mit der Vielzahl von Festpunkten zu erleichtern, die nicht für die Berechnung verwendet werden, sind diese mit einer Standardabweichung von 99,99cm zu versehen. Damit sind diese Festpunkte stochastisch ausgeschaltet und es werden nur die Festpunkte, die zur Berechnung der Grenzpunktkoordinaten notwendig sind, mit einer Standardabweichung von 3cm versehen.

Ein wichtiger Punkt, der bei jedem Projekt bei Verwendung des Programmsystems Systra beachtet werden muss, ist die Einstellung der Steuerparameter. Es ist möglich über mehrere Registerkarten verschiedene Steuerparametergruppen einzustellen. Wobei bei jedem Projekt die Einstellung der Abbildungsreduktion und Höhenreduktion notwendig ist. Alle Beobachtungen, die zur Berechnung der Grenzpunktkoordinaten verwendet werden, müssen auf die jeweilige Projektionsebene reduziert werden. Die Reduktion lassen sich in zwei Teile einteilen. Zum einen die Projektionsverzerrung (Universal-Transversale-Mercator Projektion mit dem Maßstabsfaktor 0,9996) und zum anderen die Höhenreduktion (Höhe über dem Referenzellipsoid (GRS 80)). Um Koordinaten im amtlichen geodätischen Bezugssystem der Lage zu erhalten, sind diese Einstellungen erforderlich (s. Landesbezugssystemerlass vom 17. Mai 2017). Die ellipsoidische Höhe ergibt sich hinreichend genau aus der Summe der Gebrauchshöhe (NHN) und der Quasigeoidundulation. Die Datei der Nummerierungsbezirkshöhen (NBH) enthält für das Gebiet des Landes Mecklenburg-Vorpommern für den jeweiligen Nummerierungsbezirk abgeleitete Höhen und wird durch das Landesamt für innere Verwaltung bereitgestellt.

Beim Start des jeweiligen Projekts müssen mindestens zwei von den mit einer Standardabweichung von 3cm gekennzeichneten Festpunkten auf einer Messungslinie liegen. Somit können über „Abszissen und Ordinaten erzeugen“ die jeweiligen Katasterzahlen der Grenz-, Gebäude- oder sonstigen Vermessungspunkte eingegeben werden. In diesem Fenster wird nicht nur der Systemname der Messungslinie eingegeben, sondern hier wird dem Bearbeiter eine Übersicht der eingegebenen Messwerte gegeben. Er hat die Möglichkeit, einzelne Beobachtungen zu gewichten und weitere Attribute, wie dem Katasternachweis oder die Beobachtungsgruppe definieren. Aus Erfahrungswerten und zur Eliminierung grober Fehler sollte zu Beginn die gewählte Genauigkeit der Beobachtungsgruppen mit 20cm festgelegt werden.

Alle auf der Messungslinie enthaltenen Punkte sind farblich hervorgehoben, die benutzten Festpunkte sind in türkis und die benutzten digitalisierten Punkte in lila dargestellt. Nachdem alle Punkte der ersten Messungslinie eingegeben sind, folgt der Export über den Menüpunkt *Projekt* → *Export Systra*. In der Systra-Shell folgt dann durch das Drücken des Funktionsknopfes „Systra“ die Ausgleichsberechnung. Unter dem Fenster *Meldungen* wird der anschließende Berechnungsverlauf und das Ergebnis des Globaltests angezeigt. Das Ergebnis des Globaltests, der beim Programmsystem Systra mit „sigma0“(!) angegeben ist, gibt eine erste Aussage über die Genauigkeit des Netzes. Der Wert des Globaltestes sollte immer dem Erwartungswert 1 nahe kommen. Liegt das Ergebnis unter 1 sind die Messwerte genauer als angenommen. Liegt das Ergebnis über 1 sind die Messwerte ungenauer als angenommen. Bei einem Wert über 1 könnten ein oder mehrere grober Fehler in der Messung vorhanden sein. Es besteht somit Handlungsbedarf und das Protokoll (Systra.OUT) ist zu analysieren. In dieser Datei sind alle Analyseergebnisse enthalten. Da erfahrungsgemäß viele Fehler durch fehlerhafte Eingabe des Bearbeiters entstehen, ist es wichtig, die Fortführungsrisse kontinuierlich abzarbeiten. Das heißt, nicht so schnell wie möglich die Beobachtungen eingeben, sondern maximal 20 Beobachtungen eingeben, auf dem Arbeitsriss notieren und danach die Ausgleichsberechnung starten. Ist das Ergebnis der Ausgleichsberechnung zufriedenstellend, kann in Sysged über den Menüpunkt *Projekt* → *Import Systra* das Ergebnis importiert werden. Allerdings sind die Punkte einer einzigen Messungslinie nicht kontrolliert und es folgt als nächstes die Eingabe der Spannmaße (falls diese in dem Feldbuch/Fortführungsrisse vorhanden sind). Die Eingabe der Spannmaße festigen nicht nur die innere Netzgeometrie, sondern geben Informationen über die Kontrolliertheit der Messung.

Liegt im Laufe der Ausgleichsberechnung der Globaltest unter dem Erwartungswert 1, ist dieses ein Indiz dafür, dass die Qualität der vorhandenen Katasterzahlen besser ist als erwartet. Es kann somit die zu Beginn „schlecht“ gewählte Genauigkeit von 20cm in den Steuerparametern auf 10cm oder gar 5cm gesenkt werden. Dieser Kreislauf (Eingabe → Berechnung → Eingabe) wird so oft wiederholt, bis alle Fortführungsrisse bearbeitet und wenn Widersprüche vorhanden, diese aufgedeckt bzw. aufgeklärt sind.

Bei der Bearbeitung der beiden Projekte ist eine Vielzahl von Widersprüchen aufgetreten. Wie die einzelne Widersprüche entdeckt und wie sie eliminiert wurden, ist in den Kapiteln 5.5.1 und 5.5.2 beschrieben.

5.5.1 Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk)

Wie bereits in dem Kapitel 5.5 erwähnt, wurden nacheinander die Festpunkt-Datei, Näherungskoordinaten-Datei und die Linien-Datei in das bereits vorher angelegte Projekt importiert. Dies waren insgesamt 1226 Festpunkte und 2920 digitalisierte Punkte.

Die in dem Kapitel 5.4.1 festgelegten vertrauenswürdigen Festpunkte (5628, 5615, 5616, 7528 und 6731), die zur Berechnung der Grenzpunkte notwendig sind, wurden mit einer Standardabweichung von 3cm versehen.

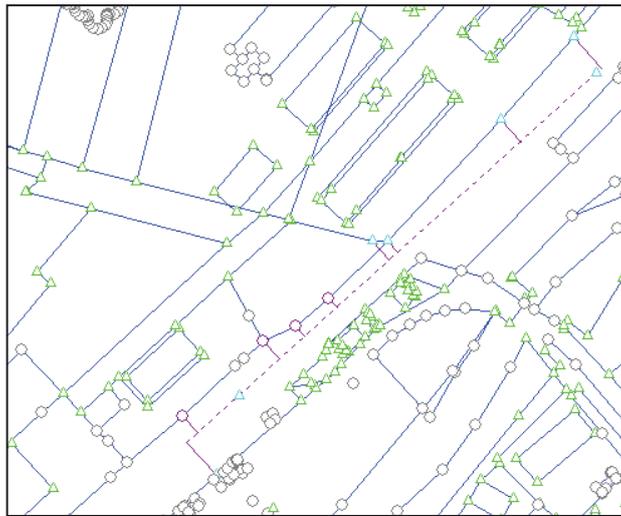


Abbildung 58 – Beginn der Messungslinie

Begonnen wurde mit dem Feldbuch von 1912 mit der Nummer 1927230012-105, da hier vier von fünf Festpunkten vorhanden sind. Der Vorteil bei langgestreckten Objekten ist, dass meist eine sehr lange Messungslinie verwendet wurde. Diese Messungslinie (Systemname: L001) beginnt an der früheren Provinzgrenze zu Papendorf (heutigen Gemarkungsgrenze) und endet kurz vor dem Bahnübergang in der Stadt Pasewalk. Somit erstreckt sich die Messungslinie über fünf Blätter des Feldbuchs von 1912 und der Umstand, dass die Messungslinie ca. 1700 Meter lang ist, erleichterte die Eingabe der Beobachtungen. Daher war die Dateneingabe bis zur Gemarkungsgrenze möglich.

Der erste Widerspruch ergab sich bei der Konstruktion der Messungslinien anhand des Feldbuchs von 1912 mit der Nummer 1927230012-104 (Abbildung 59). Hier wurde von dem Lochstein mit der Punktnummer 5 über einen Hilfspunkt (H017) bis zum Polygonpunkt 31 eine Messungslinie (L006) mit einer Länge von 47,36m aufgebaut. Diese kreuzt bei dem Maß 12,23m eine zweite parallel zur Messungslinie L001 verlaufende Messungslinie. Diese

Messungslinie L007 endet bei 1508,05m (aus platztechnischen Gründen wurde hier auf die 1000.Meter Beschriftung verzichtet). Diese Messungslinie L007 kreuzt die L006 bei 1502,48m.

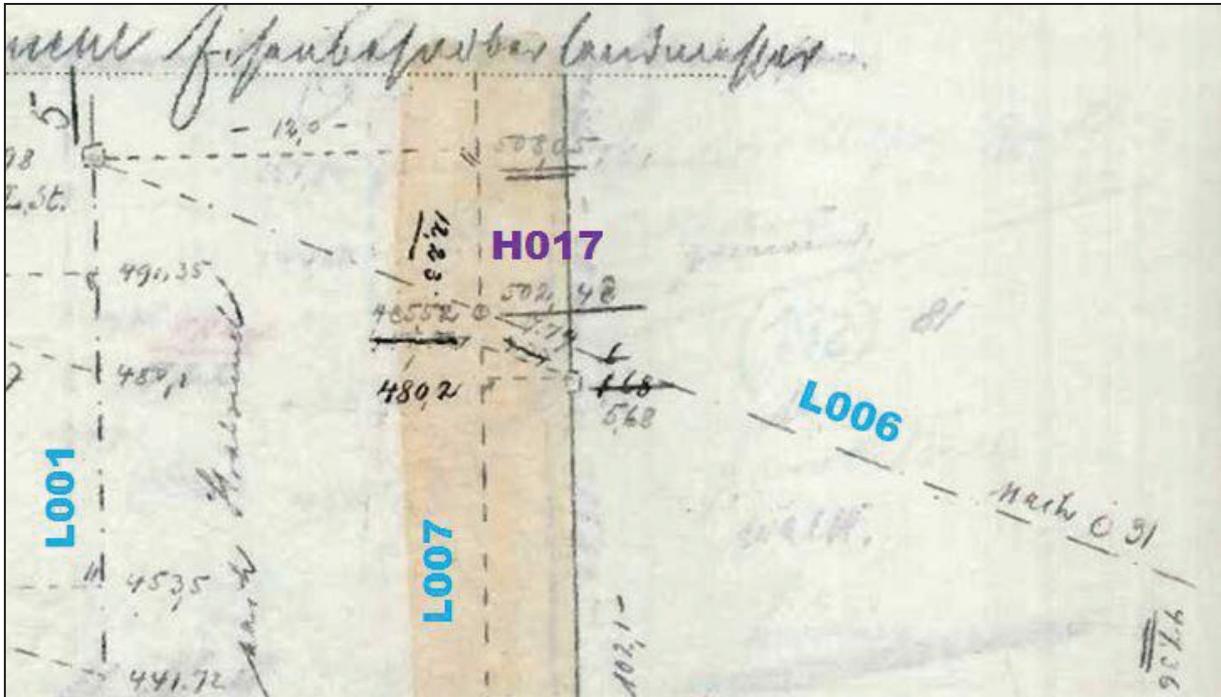


Abbildung 59 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912

Bei der anschließenden Ausgleichsberechnung wurde der Globaltest verletzt und es ist notwendig, die grob falsche Beobachtung zu lokalisieren. Dafür wird im Protokoll nach dieser falschen Beobachtung recherchiert. In der Liste der größten normierten Verbesserungen werden nach dem Verfahren „Data-Snooping“ nach Baarda die größten fehlerhaften Beobachtungen angezeigt. Die Testgröße dieses Lokaltests ist die normierte Verbesserung (Abbildung 60 (rote Ellipse)). Dieser Lokaltest wird für alle Beobachtungen durchgeführt und geprüft, ob die Testgröße (NV) den Schwellenwert (Quantil) von 3,29 überschreitet. Neben dem NV-Wert ist in der Liste der größten normierten Verbesserungen der EV-Wert ersichtlich (Abbildung 60 (grüne Ellipse)). Dieser relative Einfluss auf die Verbesserung ist in % angegeben und gibt Auskunft über die Kontrollierbarkeit der jeweiligen Beobachtung. In dem Kapitel 3.5.2 enthält die Abbildung 23 eine Übersicht, ab welchem EV-Wert eine Beobachtung durch eine andere kontrolliert ist.

In der Abbildung 60 wird der Hilfspunkt H017 je zweimal aufgeführt. Zum einen mit einer normierten Verbesserung von 12,4 und zum anderen mit einer normierten Verbesserung von 11,4. Dieses deutet auf einen groben Fehler hin.

In dieser Liste der größten normierten Verbesserungen (Abbildung 60) ist der Nachteil des Verfahrens der Methode der kleinsten Quadrate gut zu erkennen. Dieser Algorithmus ist nicht resident gegen grobe Fehler und führt zu einem Verschmierungseffekt auf alle umliegenden Beobachtungen (L006, L007 und die in der unmittelbaren Nähe gelegenen Referenzpunkte). Deswegen muss die fehlerhafte Beobachtung erkannt und stochastisch ausgeschaltet werden.

Größte normierte Verbesserungen												
LfdNr	Beobachtungstyp	Katasternachweis	System/Punkt	Punkt/Von Punkt	Nach Punkt	Beobachtung	S(v)	NV()	EV(%)			
1	Äbszisse	1927230012_104	S	L006	H017	12.230	m	5.0	cm	12.4***	34.3	
2	Ordinate	1927230012_104	S	L007	H017	0.000	m	5.0	cm	11.4***	33.9	
3	Äbszisse	1927230012_104	S	L006	85-00016	47.360	m	5.0	cm	5.8***	47.2	
4	Referenzpunkt (XY)				85-02680	5928726.764	33431821.227	m	3.0	cm	5.6***	18.4
5	Äbszisse	1927230012_104	S	L007	H017	1502.480	m	5.0	cm	5.1***	33.0	
6	Äbszisse	1927230012_104	S	L006	334593229090005	0.000	m	5.0	cm	4.8***	47.4	
7	Referenzpunkt (XY)				85-00016	5929395.293	33432584.672	m	3.0	cm	4.0***	22.8
8	Referenzpunkt (XY)				85-02612	5928623.710	33431652.908	m	3.0	cm	3.9***	11.2
9	Referenzpunkt (XY)				334593229006731	5929019.070	33432068.692	m	3.0	cm	3.5***	17.2
10	Referenzpunkt (XY)				334593229005616	5929461.022	33432619.179	m	3.0	cm	3.4***	16.8

Abbildung 60 – Liste der größten normierten Verbesserungen

Unter dem Abschnitt – orthogonale Messwerte – werden die Beobachtungen der jeweiligen Linien dokumentiert (Abbildung 61). Hier ist der GF-Wert zu betrachten, der den größt möglichen Fehler angibt. Auf der Messungslinie L007 zeigt der GF-Wert beim Abszissenmaß eine Verbesserung von +98cm und beim Ordinatenmaß eine Verbesserung von -44cm an. Dies erscheint nicht plausibel zu sein, da ein Punkt, der auf der Abszisse liegen sollte, nicht fehlerhaft abgemarkt worden wäre. Des Weiteren sollte immer der Wert, der in der Liste der größten normierten Verbesserungen den größten NV-Wert besitzt, stochastisch ausgeschaltet werden. Deswegen wurde die Messungslinie L006 besonders betrachtet. Der Punkt H017 hat beim Abszissenmaß einen GF-Wert von -105cm, wobei das Anfangs- und Endmaß der Linie L006 einen GF-Wert von +34cm und +42cm aufweist. Die unterschiedlichen Vorzeichen deuten darauf hin, dass das Maß des Punktes H017 auf der Messungslinie L006 fehlerhaft sein könnte.

Orthogonale Messwerte															
LfdNr	Lokales System	Punktzeichen	Äbszisse	S(v)	V-X	EV-X	GF-X	NV-X	Ordinate	S(v)	V-Y	EV-Y	GF-Y	NV-Y	Kat-Nachweis
			m	cm	cm	%	cm	cm	m	cm	cm	%	cm	cm	
112	S	L006	334593229004170	126.070	5.0	-1.3	36.1	3.3	0.000	5.0	1.6	12.4	-13.2	0.9	1927230012_104
113	S	L006	334593229090005	0.000	5.0	-16.4	47.4	34.6	0.000	5.0	0.6	17.1	-3.2	1.3	1927230012_104
114	S	L006	H017	12.230	5.0	36.3	34.3	-105.8	0.000	5.0	-0.7	32.1	2.3	1.3	1927230012_104
115	S	L006	85-00016	47.360	5.0	-19.9	47.2	42.3	0.000	5.0	0.2	2.1	-8.1	1.3	1927230012_104
116	S	L006	H017	12.230	5.0	36.3	34.3	-105.8	0.000	5.0	-0.7	32.1	2.3	1.3	1927230012_104
174	S	L007	334593229005628	1488.200	5.0	-1.9	99.7	3.2	0.000	5.0	12.3	97.3	-21.2	1.2	1927230012_104
175	S	L007	H024	1485.520	5.0	-3.1	18.2	17.2	0.000	5.0	3.4	21.5	-15.9	1.5	1927230012_104
176	S	L007	H017	1502.480	5.0	14.7	33.0	-44.6	0.000	5.0	-33.2	33.9	98.0	1.4***	1927230012_104
177	S	L007	334593229090005	1508.050	5.0	-2.7	47.9	5.6	-12.000	5.0	11.2	52.0	-21.6	3.1	1927230012_104

Abbildung 61 – Ausschnitt aus dem Abschnitt – orthogonale Messwerte –

Deshalb wurde die Entscheidung getroffen, die Beobachtung stochastisch auszuschalten. Um diese Beobachtung „abzuschalten“ bzw. „weich zu machen“, wird die Standardabweichung der Beobachtung auf 99,99cm gesetzt (Abbildung 62). Damit besitzt diese Beobachtung kein Gewicht für die Berechnung.

Nr.	Punkt	Ordinate	S(v)	Abszisse	S(v)	Katasternach...	Text
1	334593229090005	0.000	0.000	0.000	0.000	1927230012_104	
2	85-00016	0.000	0.000	47.360	0.000	1927230012_104	
3	H017	0.000	0.000	12.230	99.990	1927230012_104	

Abbildung 62 – Beobachtung stochastisch ausschalten

Nach der erneuten Berechnung wird der Globaltest nicht mehr verletzt. Dieses ist ein Indiz dafür, dass die richtige Beobachtung stochastisch abgeschaltet wurde. Die Verbesserung beträgt 105cm. Dies deutet auf einen Meterfehler hin.

Dieser Meterfehler konnte nur aufgrund der guten Kontrolliertheit (EV-Wert von über 30%) aufgedeckt werden. Wäre diese gute Kontrolliertheit nicht gegeben und es gäbe stattdessen keine gemessenen Streben oder Grenzlängen, hätte dieser Fehler nicht aufgedeckt werden können. Somit können Beobachtung nur stochastisch abgeschaltet werden, wenn sie durch andere Beobachtungen kontrolliert werden, d.h. Redundanzanteile müssen vorhanden sein. Sind keine Redundanzanteile vorhanden, kann nur eine Annahme getroffen werden und es müsste der fehlerhafte Punkt beispielsweise in der Örtlichkeit vorgefunden werden, um die Annahme zu bestätigen. Durch das stochastische Ausschalten der Beobachtung, wird das Gewicht kleiner und die Kontrolliertheit (EV-Wert) steigt auf nahezu 100%. Somit muss nach dem stochastischen Abschalten der Beobachtung sichergestellt werden, dass die restlichen Redundanzanteile, die von anderen Beobachtungen abgezogen werden, die abgeschaltete Beobachtung noch kontrolliert (Abbildung 63 und Abbildung 64).

Orthogonale Messwerte																
LfdNr	Lokales System	Punktkennezeichen	Abszisse m	S(v) cm	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X	Ordinate m	S(v) cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	Kat-Nachweis	
112	S	L003	334593229004170	126.870	5.0	1.3	36.1	3.3	0.4	0.000	5.0	1.8	12.4	13.2	0.3	1927230012_103
113	S	L006	334593229090005	0.000	5.0	-16.4	47.4	34.6	4.8***	0.000	5.0	0.6	17.3	-3.2	0.3	1927230012_104
114	S	L006	H017	12.230	5.0	36.3	34.3	-16.8	12.4***	0.000	5.0	-0.7	32.5	2.3	0.3	1927230012_104
115	S	L006	85-00016	47.360	5.0	-19.7	47.2	42.3	5.8***	0.000	5.0	0.2	2.4	-8.1	0.3	1927230012_104
116	S	L006	H017	12.230	5.0	36.3	34.3	-16.8	12.4***	0.000	5.0	-0.7	32.5	2.3	0.3	1927230012_104
117	S	L006	85-00016	47.360	5.0	-19.7	47.2	42.3	5.8***	0.000	5.0	0.2	2.4	-8.1	0.3	1927230012_104
118	S	L007	334593229003628	1400.200	5.0	-1.9	39.7	3.2	0.3	0.000	5.0	12.3	37.9	-21.2	3.2	1927230012_104
175	S	L007	H024	1485.520	5.0	-3.1	36.8	17.2	1.5	0.000	5.0	3.4	34.6	-15.9	1.5	1927230012_104
176	S	L007	H017	1502.480	5.0	14.7	33.0	-11.6	5.1***	0.000	5.0	-33.2	33.9	39.0	11.4***	1927230012_104
177	S	L007	334593229090005	1508.050	5.0	-2.7	47.9	5.6	0.8	-12.000	5.0	11.2	52.0	21.6	3.1	1927230012_104

Abbildung 63 – vor dem stochastischen Ausschalten der Beobachtung

Orthogonale Messwerte																
LfdNr	Lokales System	Punktkennezeichen	Abszisse m	S(v) cm	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X	Ordinate m	S(v) cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	Kat-Nachweis	
112	S	L005	334593229004170	126.870	5.0	1.9	36.1	-3.6	0.4	0.000	5.0	1.6	12.4	-13.1	0.9	1927230012_105
113	S	L006	334593229090005	0.000	5.0	1.9	38.1	-4.9	0.6	0.000	5.0	0.7	16.9	-4.0	0.3	1927230012_104
114	S	L006	H017	12.2309999	5.0	105.8	---	verworfen	---	0.000	5.0	-0.9	32.7	2.9	0.3	1927230012_104
115	S	L006	85-00016	47.360	5.0	-1.9	38.1	4.9	0.6	0.000	5.0	0.3	2.6	-10.2	0.3	1927230012_104
174	S	L007	334593229005628	1480.200	5.0	1.4	59.5	-2.3	0.4	5.680	5.0	2.9	55.6	-5.3	0.8	1927230012_104
175	S	L007	H024	1485.520	5.0	-0.2	18.2	1.0	0.1	0.000	5.0	0.2	21.1	-1.0	0.1	1927230012_104
176	S	L007	H017	1502.480	5.0	-0.8	26.8	3.2	0.3	0.000	5.0	-0.4	5.8	6.8	0.3	1927230012_104
177	S	L007	334593229090005	1508.050	5.0	3.3	46.9	-7.0	1.0	-12.000	5.0	-2.5	47.1	5.4	0.7	1927230012_104

Abbildung 64 – nach dem stochastischen Ausschalten der Beobachtung

Nachdem alle Punkte der Feldbücher von 1912 (Blatt 1 bis 5) ohne Probleme eingegeben wurden, folgte die Eingabe des Blattes 6 des Feldbuchs von 1912. Dieses Blatt zeigt die nach Norden abknickende Messungslinie von Lochstein 6 nach Lochstein 7. Diese abknickende Messungslinie L015 ist durch zwei von der Messungslinie L001 bereits berechnete Punkte konstruierbar. Dadurch ergibt sich ein Genauigkeitsverlust des Netzes, sodass in diesem Bereich zur Genauigkeitssteigerung Grenzpunktabmarkungen aufgesucht werden sollten (Kapitel 5.6.1).

Wie wichtig die konzentrierte Wertung aller Feldbücher bzw. Fortführungsrisse ist, wird anhand einer Grenzlänge in nördlichen Bereich des Objekts gezeigt (Abbildung 65). Das Maß der Grenzlänge wurde mit 78,10m eingegeben. Da der Globaltest nach der Ausgleichsberechnung verletzt wird, ist bei der Lokalisierung der fehlerhaften Beobachtung unter dem Abschnitt – Strecken – der GF-Wert zu betrachten (Abbildung 66). Dieser GF-Wert zeigt den größt möglichen Fehler an. Um diesen Widerspruch aufzuklären, wurde nochmals anhand des Feldbuchs (Blatt 6) von 1912 auf die richtige Eingabe der Katasterzahlen geprüft. Bei genauerer Betrachtung der Grenzlänge ist zu erkennen, dass das Maß nicht wie ursprünglich angenommen 78,10m sondern 78,70m beträgt.

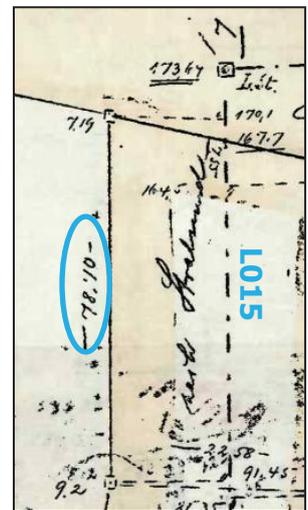


Abbildung 65 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912

Diese Eingabefehler machen ca. 80% der Fehler aus. Allerdings nur durch die gute Kontrolliertheit (~60%) konnte dieser Eingabefehler erkannt werden.

Strecken											
LfdNr	Von Punkt	Nach Punkt	Strecke m	S(v) cm	V cm	EV %	GF cm	NV	Str. (Abb) m		Kat-Nachweis
122	334593229007586	334593229007559	44.000	6.1	6.0	55.6	-10.9	1.3	44.045		1927230012_105
123	334593229090005	85-00016	47.360	6.2	-3.7	72.5	5.1	0.7	47.306		1927230012_105
124	H033	85-02300	8.190	5.2	-1.2	51.0	2.4	0.3	8.175		1927230012_106
125	H033	85-02302	11.790	5.3	-0.6	52.4	1.1	0.2	11.780		1927230012_106
126	85-02094	334593229007587	78.100	7.0	33.2	61.0	-54.4	0.1***	78.404		1927230012_106
127	85-02300	85-02306	24.820	5.6	0.9	44.8	-2.1	0.2	24.821		1927230012_106
128	85-02302	85-02251	41.710	6.0	1.6	50.3	-3.2	0.4	41.712		1927230012_106
129	85-02302	85-02300	3.680	5.1	0.5	53.3	-1.0	0.1	3.684		1927230012_106
130	85-02306	85-02309	12.440	5.3	1.5	52.6	-2.8	0.4	12.451		1927230012_106

Abbildung 66 – Ausschnitt aus dem Abschnitt –Strecken–

Als letztes folgte die Eingabe des Fortführungsrisse von 1942 mit zwei Blättern (Abbildung 67 und Abbildung 68). Dieser Fortführungsriß (Blatt 1) ist schwierig zu lesen, da die Katasterzahlen der neuen Grenze auf einem anderen Blatt nachgewiesen wurden, wie die bereits vorhandenen Maße der Grenzen. Bereits bei der Dateneingabe wurde bemerkt, dass nicht alle Grenzpunkte des Fortführungsrisse von 1942 als ALKIS-Punkte vorhanden waren. Die vorhandenen ALKIS-Punkte entsprachen nicht den Grenzpunkten des Fortführungsrisse von 1942. Durch diese Widersprüche zwischen den Katasterzahlen und den ALKIS-Bestandsdaten wurden die Grenzpunkte überprüft. Die in der Abbildung 68 mit einem blauen Pfeil gekennzeichneten Punkte 1, 2 und 5 wurden nicht in ALKIS übernommen. Die restlichen Punkte sind bereits ALKIS-Punkte. Wann wurden diese Punkte übernommen?

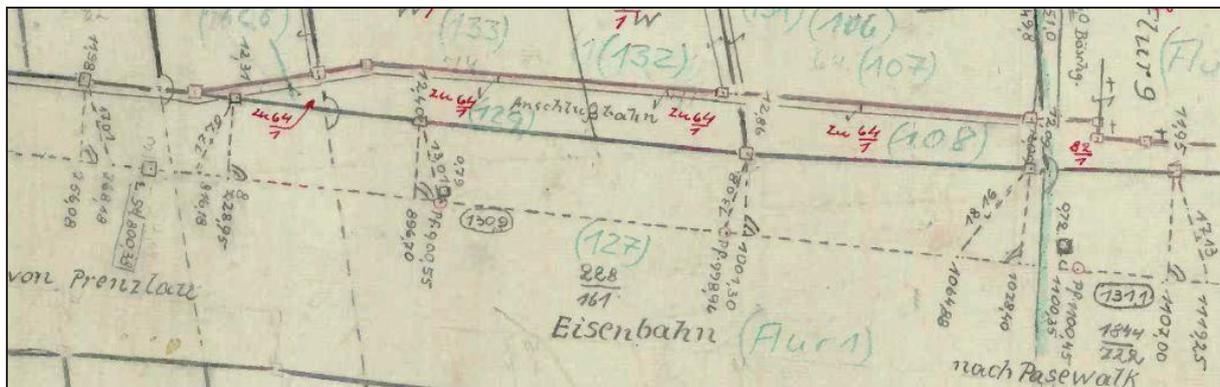


Abbildung 67 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1942 (Blatt 1)

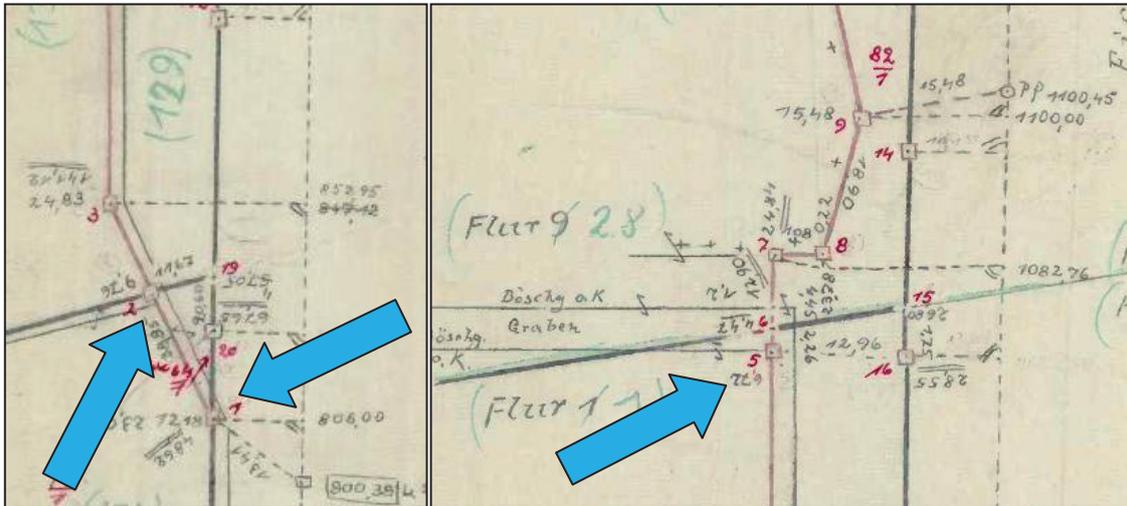


Abbildung 68 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1942 (Blatt 2), südlicher Bereich (links), Ausschnitt nördlicher Bereich (rechts)

Die Antwort ist anhand des Fortführungsrißes des ÖbVI U. (Rissnummer: 2004420002-101) zu erkennen. Hier wurden für die Punkte mit den Punktnummern 207, 208 und 193 keine Katasterzahlen verwendet, sondern diese Punkte sind grafisch ermittelt worden. Somit sind diese Punkte wiederhergestellt worden, ohne den ursprünglichen Fortführungsriß zu würdigen. Dies erklärt auch die großen Abweichungen der in ALKIS vorhandenen Grenzpunkten zu den durch die Ausgleichung berechneten. Um den Nachweis zu erbringen, dass die Grenzpunkte des Fortführungsrißes von 1942 abgemarkt worden sind, gilt es im vermessungstechnischen Außendienst diese Grenzpunkte aufzusuchen.

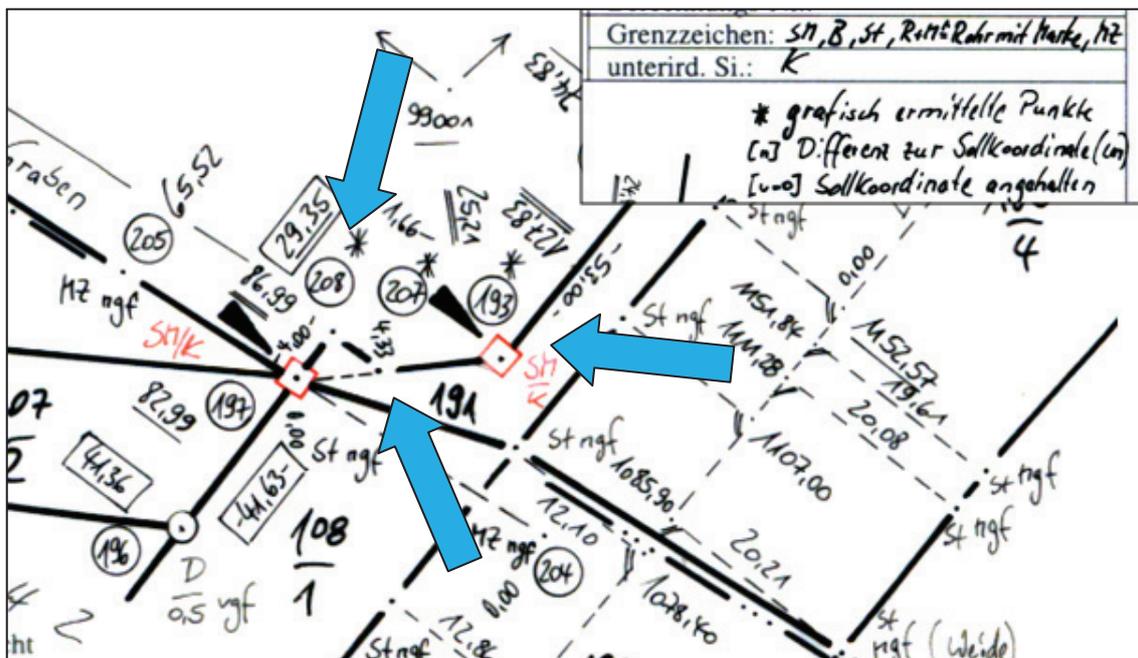


Abbildung 69 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 2004

5.5.2 Bodenreformgebiet „Damerow“

Gegenüber dem Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk) wurden bei dem diesem Projekt insgesamt 618 Festpunkte und 1820 digitalisierte Punkte in das Programmsystem Systra importiert.

Mit den in dem Kapitel 5.4.2 bereits festgelegten vertrauenswürdigen Festpunkten, wurde mit der Koordinatenberechnung anhand der Fortführungsrisse begonnen. Die Dateneingabe des Fortführungsrisse von 1947, der das südöstliche Gebiet von Damerow zeigt, enthalten die vom ÖbVI B. und vom ÖbVI H. vorgefunden Grenzpunkte (Abbildung 48, Abbildung 49 und Abbildung 50).

Allerdings zeigt sich hier der Nachteil eines flächenhaften Objekts gegenüber einem langgestreckten Objekt. Bei einem langgestreckten Objekt, z.B. bei dem Projekt Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk) verläuft eine Messungslinie meist über das gesamte Objekt. Bei flächenhaften Objekten trifft dies nicht zu. Um eine berechenbare Netzkonfiguration aufzubauen ist es notwendig, dass mindestens ein zweiter vorgefundener Punkt auf einer anderen Messungslinie vorhanden ist.

Mit den vorgefundenen Grenzpunkten der ÖbVI B. und H., die auf anderen Messungslinien liegen, steht eine berechenbare Startkonfiguration für das Programmsystem Systra zur Verfügung. Eine weitere Komponente sind die Richtungsbeobachtungen, die auf dem Fortführungsrisse von 1947 aufgeführt sind (Abbildung 50). Diese bewirken, dass die Netzkonfiguration mehr gefestigt wird.

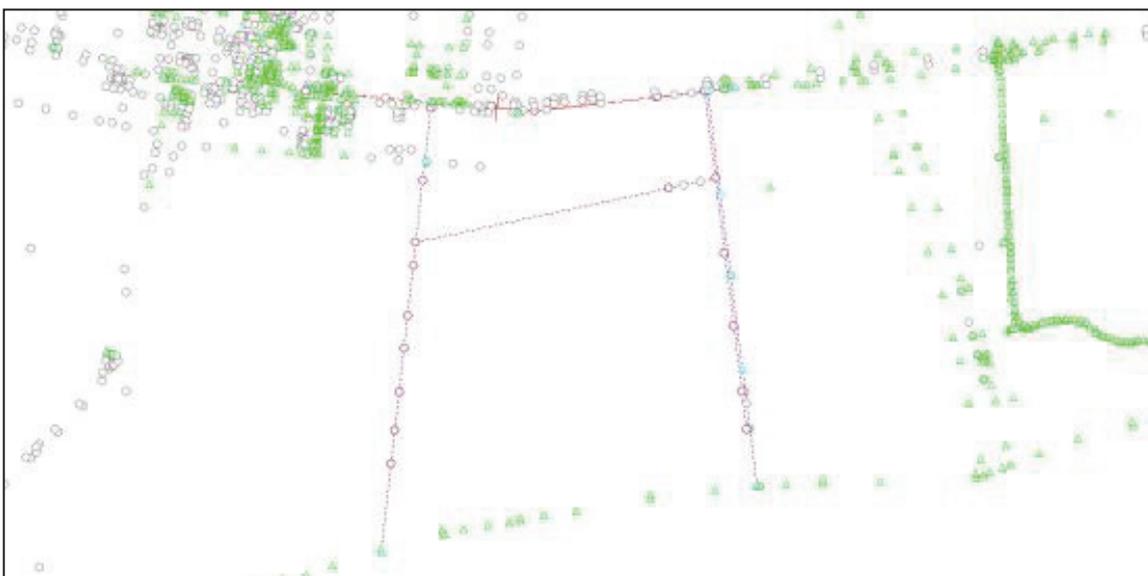


Abbildung 70 – Beginn der Berechnung

Begonnen wurde mit der Dateneingabe der ersten Messungslinie, die die östliche Grenze des zu bearbeiteten Projekts ist. Für die Berechenbarkeit des Projekts wurde über eine zweite Messungslinie, die parallel zu der ersten verläuft, einer Messungslinie entlang der Straße und einer Richtungsbeobachtung die Rechenkonfiguration nach Westen konstruiert. Über einen weiteren Festpunkt, der vom ÖbVI B. bei einer Passpunktbestimmung vorgefunden wurde, konnte die nächste nach Süden verlaufende Messungslinie konstruiert werden. Dieser Arbeitsschritt, der den Start des Projekts zeigt, ist in der Abbildung 70 zu sehen.

Im weiteren Verlauf der Berechnung mit dem Programmsystem Systra sind mehrere Widersprüche aufgetreten, die nachfolgend aufgeführt werden.

Die ersten Widersprüche ergaben sich, wie in der Abbildung 71 zu erkennen ist, im südwestlichen Bereich des Bodenreformgebiets „Damerow“. Bereits bei der Sichtung der beiden Fortführungsrisse von 1947 und 1948, sind zwei grobe Fehler erkennbar.

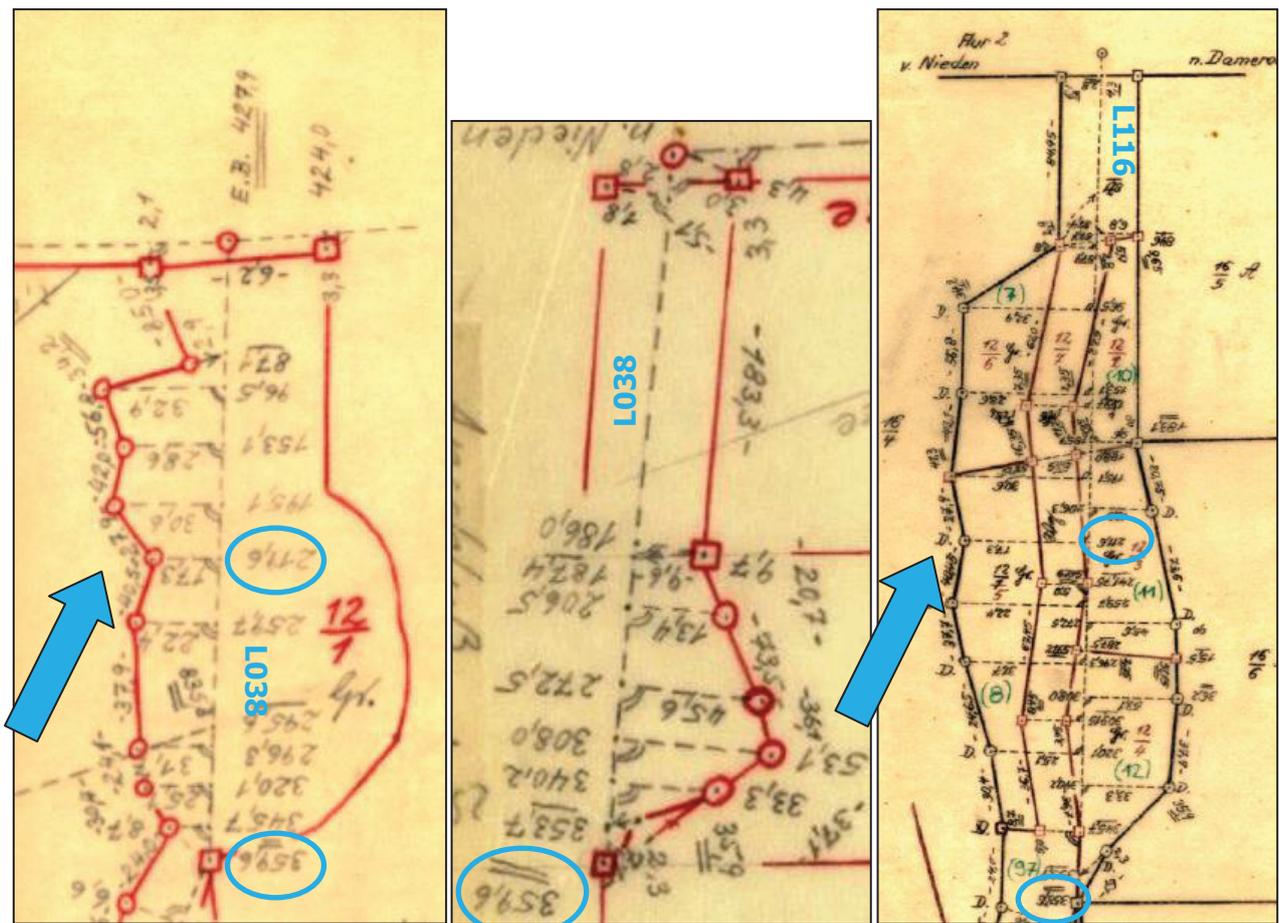


Abbildung 71 – Ausschnitt aus den Fortführungsrisse (links 1947 (Bl.50), mitte 1947 (Bl.51) und rechts 1948)

- Die Hauptmessungslinie (Systemname L038) des Grünlandstreifens auf dem Fortführungsriß von 1947 hat eine Länge von 359,6m, während die Länge der Hauptmessungslinie (Systemname L116) auf dem Fortführungsriß von 1948 eine Länge von 358,6m aufweist.
- Der aufgewinkelte Punkt (blauer Pfeil) auf dem Fortführungsriß von 1947 besitzt ein Abszissenmaß von 219,6m, während der Fortführungsriß von 1948 für das Abszissenmaß eine Länge von 211,6m aufweist.

Es ist zu vermuten, dass die Katasterzahlen der Hauptmessungslinie (L116) von 1948 von dem Fortführungsriß von 1947 abgeschrieben wurden. Das Abszissenmaß 219,6m auf dem Fortführungsriß von 1947 ist kaum zu lesen und so ist anzunehmen, dass hier ein Abschreibfehler vorliegt. Nach der Eingabe aller Messungselemente und der anschließenden Ausgleichsberechnung wird der Globaltest verletzt. Aus der Liste der größten normierten Verbesserungen (Abbildung 72) ist ersichtlich, dass der Abszissenwert von 211,6m die größte normierte Verbesserung mit 67,5(!) aufweist.

Größte normierte Verbesserungen									
LfdNr	Beobachtungstyp	Katasternachweis	System/Punkt	Punkt/Von Punkt	Nach Punkt	Beobachtung	S (v)	NV ()	EV (%)
1	Abszisse	1948230502-115	S	L116	85-00693	211.600 m	10.0 cm	67.5***	72.0
2	Abszisse	1947230501-150	S	L038	85-00693	219.600 m	10.0 cm	20.8***	72.0
3	Spannmaß	1948230502-115			85-00694	40.450 m	10.0 cm	14.2***	70.2
4	Spannmaß	1947230501-150			85-00694	40.500 m	10.0 cm	13.6***	70.2
5	Abszisse	1948230502-115	S	L116	85-00694	259.700 m	10.0 cm	12.3***	72.0
6	Spannmaß	1947230501-150			85-00693	27.900 m	10.0 cm	11.6***	70.0
7	Spannmaß	1948230502-115			85-00692	27.900 m	10.0 cm	11.6***	70.0
8	Abszisse	1948230502-115	S	L116	85-00692	195.100 m	10.0 cm	8.7***	72.6
9	Abszisse	1948230502-115	S	L116	85-00696	296.300 m	10.0 cm	6.7***	69.2
10	Abszisse	1947230501-150	S	L038	85-00694	259.700 m	10.0 cm	6.2***	72.0
...									

Abbildung 72 – Liste der größten normierten Verbesserungen

Über die ausreichende Kontrolliertheit (EV-Wert > 70%) durch die gemessenen Grenzlängen kann die Beobachtung von 211,6m stochastisch abgeschaltet werden, da sie noch ausreichend von den anderen Beobachtungen kontrolliert wird. Nach der erneuten Ausgleichsberechnung ist der grobe Fehler eliminiert worden. Die Verbesserung beträgt ca. 8m (Abbildung 73). Anhand dieser Verbesserung kann von einem Widerspruch der Katasterzahlen ausgegangen werden. Um diese fehlerhafte Katasterzahl zweifelsfrei zu bestätigen, ist es notwendig, die aufgewinkelte Grenzpunktabmarkung in der Örtlichkeit aufzusuchen.

Orthogonale Messwerte																
LfdNr	Lokales System	Punktkennezeichen	Abszisse m	S(v) cm	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X	Ordinate m	S(v) cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	Kat-Nachweis	
660	S	L116	85-00691	153.100	10.0	-2.0	72.4	2.8	0.2	28.600	10.0	0.1	46.5	-0.3	0.0	1948230502-115
661	S	L116	334593121001050	185.900	10.0	8.8	78.9	-11.1	1.0	-9.600	10.0	0.7	69.2	-1.1	0.1	1948230502-115
662	S	L116	H070	188.000	10.0	5.0	89.4	-12.8	0.8	0.000	10.0	-0.2	40.0	0.5	0.0	1948230502-115
663	S	L116	85-00692	195.100	10.0	-2.7	71.9	3.8	0.3	30.600	10.0	4.4	62.2	-7.0	0.6	1948230502-115
664	S	L116	85-00766	206.300	10.0	7.4	71.2	-10.4	0.9	-13.300	10.0	-4.1	50.4	8.2	0.6	1948230502-115
665	S	L116	85-00693	211.600	10.0	794.2	---	verworfen	---	17.300	10.0	-1.7	52.8	3.3	0.2	1948230502-115
666	S	L116	85-00400	241.750	10.0	1.8	51.7	-3.4	0.2	5.000	10.0	-0.1	5.5	1.8	0.0	1948230502-115
667	S	L116	85-00764	241.750	10.0	2.1	47.3	-4.5	0.3	0.000	10.0	-0.7	7.3	9.8	0.3	1948230502-115
668	S	L116	85-00694	259.700	10.0	-1.8	69.8	2.6	0.2	22.400	10.0	0.0	47.9	0.0	0.0	1948230502-115
669	S	L116	85-00767	279.500	10.0	1.3	66.3	1.0	0.2	15.500	10.0	0.0	51.5	1.8	0.1	1948230502-115

Abbildung 73 – Ausschnitt aus dem Abschnitt –orthogonale Messwerte– nachdem stochastischen Abschalten

Ein weiterer Widerspruch befindet sich an der westlichen Flurgrenze, wo die Abweichung aus der Geradlinigkeit von 10m vorhanden ist. Im dem Fortführungsriß von 1947 wurde von der bereits vorhandenen Flurgrenze bei dem Abszissenmaß von 400,5m rechtwinklig eine Messungslinie mit einer Länge von 68,6m aufgebaut. Bei dem Maß von 63,0m wurde ein Grenzstein abgemarkt. Dieser Grenzstein wurde in dem Fortführungsriß von 1948 als Endmaß einer Messungslinie ebenfalls mit 63,0m angegeben (Abbildung 74).

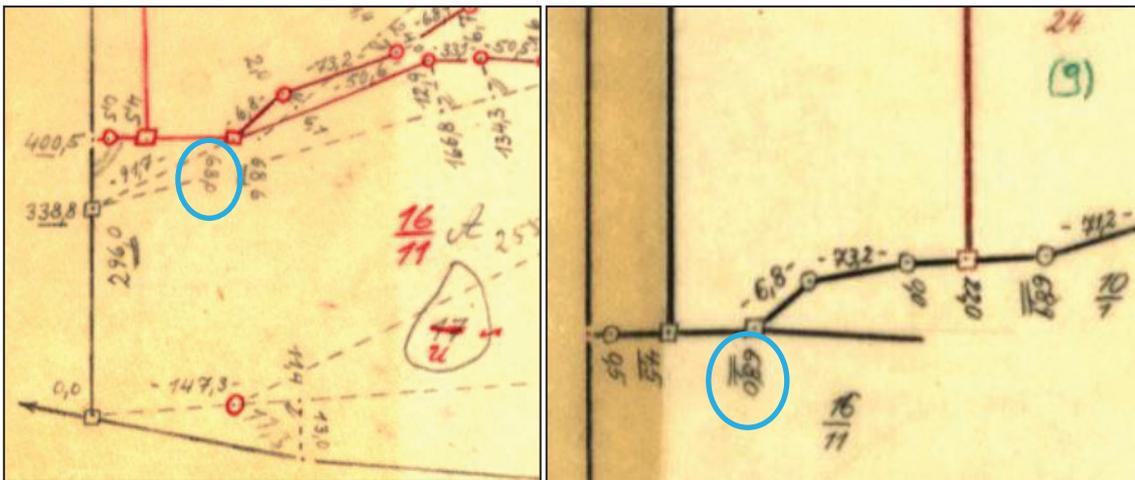


Abbildung 74 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1947 (links) und 1948 (rechts)

Bei der anschließenden Ausgleichsberechnung wird der Globaltest verletzt. Zur Lokalisierung des Fehlers ist die Liste der größten normierten Verbesserungen (Abbildung 75) zu betrachten. Bei genauerer Betrachtung ist zu erkennen, dass durch die doppelte Eingabe des Abszissenmaßes von 63,0m (Fortführungsriß von 1947 und von 1948) eine gute Kontrolliertheit des Abszissenwertes gegeben ist. Allerdings ist zu vermuten, dass wie bei dem vorherigen Widerspruch, einige Katasterzahlen von dem Fortführungsriß von 1947 in den Fortführungsriß von 1948 übernommen wurden. Mit dieser Annahme ist eine Situation eingetreten, in dem durch die vorgetäuschte Kontrolliertheit der beiden Abszissenmaße der Fehler in einem Bereich gedrückt wird, in dem es eigentlich keinen Fehler gibt (beispielsweise L060).

Größte normierte Verbesserungen										
LfdNr	Beobachtungstyp	Katasternachweis	System/Punkt	Punkt/Von Punkt	Nach Punkt	Beobachtung	S(v)	NV()	EV(%)	
1	Abszisse	1947230501-150	S	L061	H030	0,000 m	10,0 cm	22,0***	38,3	
2	Spannmaß	1947230501-150			85-00570	6,800 m	12,1 cm	18,3***	1,7	
3	Ordinate	1947230501-150	S	L060	R022	0,000 m	10,0 cm	14,1***	5,4	
4	Ordinate	1947230501-150	S	L060	85-00584	0,000 m	10,0 cm	14,1***	15,9	
5	Ordinate	1947230501-150	S	L060	H028	0,000 m	10,0 cm	14,1***	2,8	
6	Spannmaß	1947230501-150			85-00591	50,600 m	12,5 cm	12,8***	30,8	
7	Abszisse	1947230501-150	S	L160	85-00591	63,000 m	10,0 cm	12,8***	42,7	
8	Ordinate	1947230501-150	S	L061	H030	0,000 m	10,0 cm	12,6***	1,5	
9	Ordinate	1947230501-150	S	L063	334593020005613	0,000 m	10,0 cm	11,5***	3,4	
10	Ordinate	1947230501-150	S	L067	85-00584	0,000 m	10,0 cm	10,8***	1,2	
...										

Abbildung 75 – Liste der größten normierten Verbesserungen

Durch das stochastische Ausschalten der beiden Abszissenmaße wird der Globaltest nicht mehr verletzt und der eigentliche Widerspruch wird deutlich aufgedeckt. Im Protokoll unter dem Abschnitt – orthogonale Messwerte – zeigt sich eine Verbesserung des Abszissenwerts um 5m(!) (Abbildung 76). Mit dieser Verbesserung von 5m beträgt das Abszissenmaß nicht 63,0m sondern 68,0m. In dem Fortführungsriß von 1947 ist dieses Maß allerdings schlecht lesbar. Dies legt die Vermutung nahe, dass wie bereits bei den vorherigen Widersprüchen die Katasterzahlen von dem Fortführungsriß von 1947 in den Fortführungsriß von 1948 übernommen worden sind. Zur endgültigen Aufklärung dieses Widerspruchs wird die Grenzpunktabmarkung in der Örtlichkeit aufgesucht.

Orthogonale Messwerte																
LfdNr	Lokales System	Punktkennezeichen	Abszisse	S(v)	V-X	EV-X	GF-X	NV-X	Ordinate	S(v)	V-Y	EV-Y	GF-Y	NV-Y	Kat-Nachweis	
			m	cm	cm	%	cm		m	cm	cm	%	cm			
853	S	L160	H130	0,000	10,0	-2,4	12,2	19,7	0,7	0,000	10,0	-1,4	4,7	30,0	0,6	1947230501-150
854	S	L160	R071	0,500	10,0	0,0	unkontrolliert	-	0,000	10,0	0,0	unkontrolliert	-	-	-	1947230501-150
855	S	L160	85-00463	4,500	10,0	1,0	6,6	-24,6	0,6	0,000	10,0	1,5	5,4	-28,2	0,7	1947230501-150
856	S	L160	85-00591	63,0009999,0	501,1	--	verworfen	----	0,000	10,0	-1,7	15,5	11,2	0,4	1947230501-150	
857	S	L160	H030	68,600	10,0	0,8	7,4	-10,5	0,3	0,000	10,0	1,6	15,2	-10,7	0,4	1947230501-150

Abbildung 76 – Ausschnitt des Abschnitts –orthogonale Messwerte– nachdem stochastischen Ausschalten

Der letzte Widerspruch ist an der Grenze zum Land Brandenburg aufgetreten. Hier wurde durch das Waldstück am „Abgrund der Hölle“ ein Polygonzug gelegt. Nach der Eingabe aller Messungselemente des zu bearbeitenden Bereichs wird der Globaltest erneut verletzt. Bei der Durchsicht des Protokolls sind in der Liste der größten normierten Verbesserungen die Spannmaße -64,1- und -31,2- mit NV-Werten von 8,6 und 7,4 vertreten.

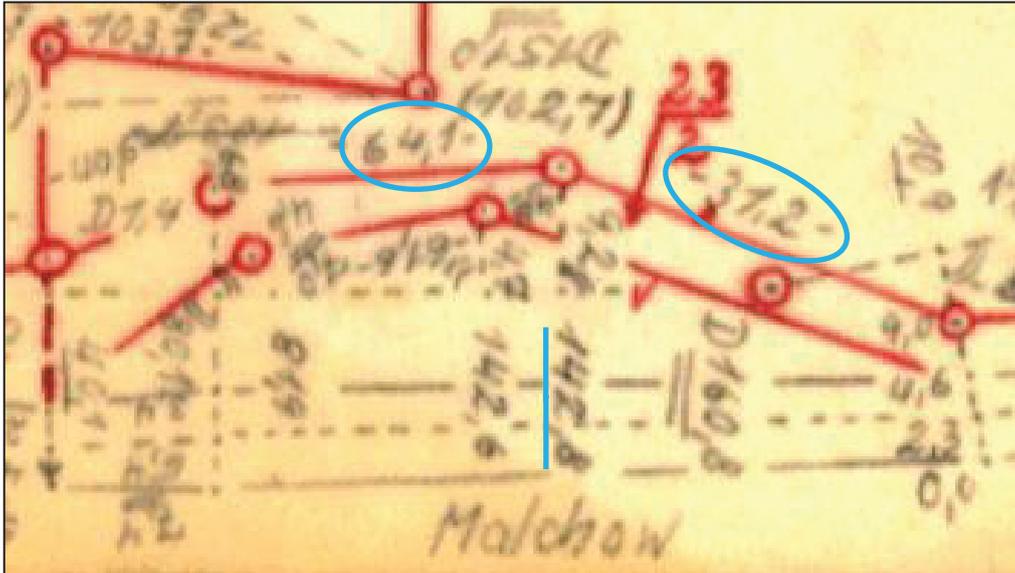


Abbildung 77 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1947

Da die beiden Grenzlängen denselben Grenzpunkt betreffen, kann aus Erfahrung die Annahme getroffen werden, dass nicht die Grenzlängen fehlerhaft sind, sondern das Abszissenmaß des aufgewinkelten Grenzpunktes. Mit dieser Erkenntnis kann der Abszissenwert des Grenzpunktes mit 142,8m stochastisch abgeschaltet werden. Der Globaltest wird nach der erneuten Berechnung nicht mehr verletzt. Aufgrund der guten Kontrolliertheit (hier durch die gemessenen Grenzlängen) konnte der Widerspruch entdeckt und korrigiert werden. Der Fehler fällt unter der Kategorie „Meterfehler“, da die Verbesserung für den Abszissenwert 114,9cm beträgt. Zur eindeutigen Aufklärung ist der Grenzpunkt in der Örtlichkeit aufzusuchen.

L115	85-00604	80.100	10.0	-14.2	72.0	19.7	1.7	-6.800	10.0	16.3	70.2	-23.3	2.0	1947230501-150
L115	H083	80.100	10.0	0.0	- unkontrolliert	-	-	0.000	10.0	0.0	25.0	-0.2	0.0	1947230501-150
L115	R037	80.100	10.0	0.0	- unkontrolliert	-	-	3.400	10.0	0.0	25.0	0.2	0.0	1947230501-150
L115	H080	81.900	10.0	-2.3	15.3	14.8	0.6	0.000	10.0	3.1	28.2	-10.9	0.6	1947230501-150
L115	85-00620	142.600	10.0	1.3	69.7	-1.9	0.2	-4.700	10.0	-8.4	66.6	12.7	1.0	1947230501-150
L115	85-00605	142.8009999.0	114.9	---	verworfen	----	----	-9.200	10.0	0.4	42.5	-0.9	0.1	1947230501-150
L115	R034	160.800	10.0	22.4	65.9	-33.9	2.8	0.000	10.0	-2.1	53.1	3.9	0.3	1947230501-150

Abbildung 78 – Ausschnitt des Abschnitts –orthogonale Messwerte– nach dem stochastischen Ausschalten

5.6 Aufsuchen der Grenzpunkte in der Örtlichkeit

Zur Planung des Außendienstes ist der grafische Editor des Programmsystems Systra, der Sysplan, gut geeignet. Dieser zeigt die grafische Darstellung der SYSTRA.OUT. Bei der Ausgleichsberechnung mit dem Programmsystem Systra und damit der verbundenen Kontrolle der Protokoll-Datei „SYSTRA.OUT“ ist zu erkennen, je weiter man sich von den Festpunkten entfernt, umso größer wird die Standardabweichung der berechneten Grenzpunkte. Mit dem Ziel der Qualitätsverbesserung des Liegenschaftskatasters muss eine flächendeckende Verteilung von Festpunkten erreicht werden, um eine Genauigkeitssteigerung des Netzes und vor allem der umliegenden Grenzpunkte zu erreichen. Relevant ist dies für die spätere Attributvergabe der Genauigkeitsstufe (GST). Am Beispiel eines Polygonzuges, in dem nur zwei Festpunkte (blaue Pfeile) vorhanden sind, ist die Auswirkung von fehlenden Festpunkten in der Abbildung 79 anhand der Fehlerellipsen zu sehen. Die Fehlerellipsen visualisieren den Genauigkeitsbereich der Koordinaten der Grenzpunkte.

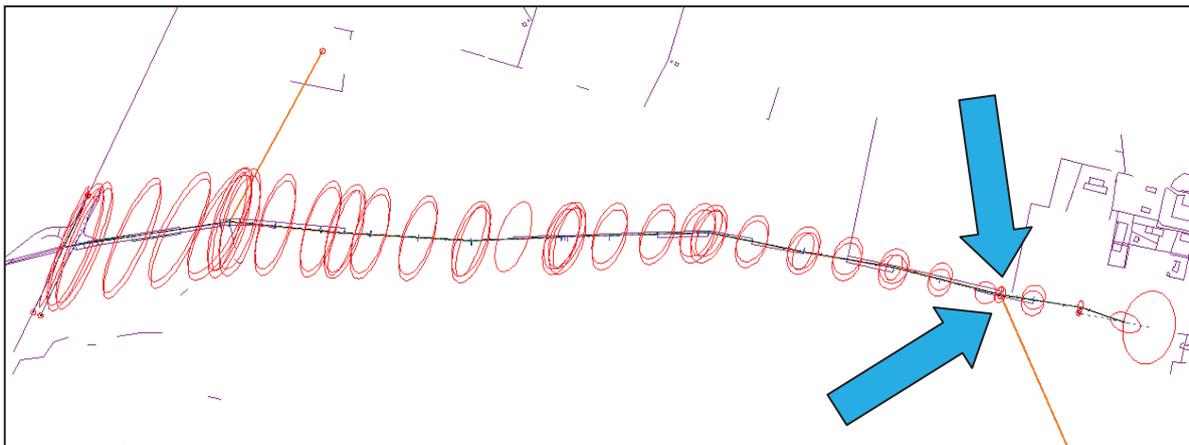


Abbildung 79 – Fehlerellipsen im grafischen Editor Sysplan

Um die Geometrie in dem aufgebauten Netz zu festigen, müssen einige berechnete Grenzpunkte in der Örtlichkeit aufgesucht werden. Daher sollte der vermessungstechnische Außendienst wie folgt geplant werden:

- mind. 2 Mitarbeiter sollten den vermessungstechnischen Außendienst ausführen (abwechselnde Arbeitsteilung beim Aufsuchen der Grenzpunktmarkierungen)
- geländegängiges Fahrzeug mit Allradantrieb (um lange Fußwege zu ersparen)
- Mitnahme von ausreichend aufgeladenen Akkus für das Tachymeter und GNSS-Rover
- wenn der Projektbearbeiter nicht mit in die Örtlichkeit fährt, muss eine ausreichende Einarbeitung für den Außendienstmitarbeiter erfolgen

- über Luftbilder ist das zu bearbeitende Gelände zu erkunden (Google Maps, GAIA-MV, ...)
- methodischen Vorgehen bei dem Aufsuchen der Grenzpunktabmarkungen

Unter dem methodischen Vorgehen versteht man, die Arbeitsweise bzw. Herangehensweise in welcher Reihenfolge die Grenzpunktabmarkungen aufgesucht werden. Beispielsweise sind in dem Fortführungsriß von 1947 einige Grenzsteine gekennzeichnet und nach der „Anweisung zur Durchführung von Vermessungsarbeiten“ vom 15. April 1946 mussten die Grenzpunkte, von denen eine weitere Grenze abgeht, mit Grenzsteinen abgemarkt und durch Dränrohre unterirdisch gesichert werden (siehe Abbildung 74 (linkes Bild)). Daher sind auf landwirtschaftlichen genutzten Flächen heute noch die unterirdischen Sicherungen der Grenzpunkte aus der Bodenreformmessung zu finden. Zu jener Zeit, als die Landwirte ohne Maschinen sondern mit Nutztieren ihre Äcker bewirtschafteten, pflügte der Landwirt um die Grenzsteine herum. Mit dem Aufkommen der landwirtschaftlichen Maschinen wurden die Grenzsteine von dem Landwirt teilweise entfernt, da diese die neu beschafften Maschinen vielfach beschädigten. Die Grenzsteine wurden meist zum Ackerrand transportiert und dort abgelegt. Erfahrungsgemäß pflügen die heutigen landwirtschaftlichen Maschinen bis zu einer Tiefe von ca. 30-50cm. Dadurch wurden einige unterirdische Sicherungen nicht zerstört (Abbildung 80). Daher sollten vorrangig diese Grenzpunkte aufgesucht werden, da die Wahrscheinlichkeit am größten ist, dort die unterirdische Sicherung vorzufinden.

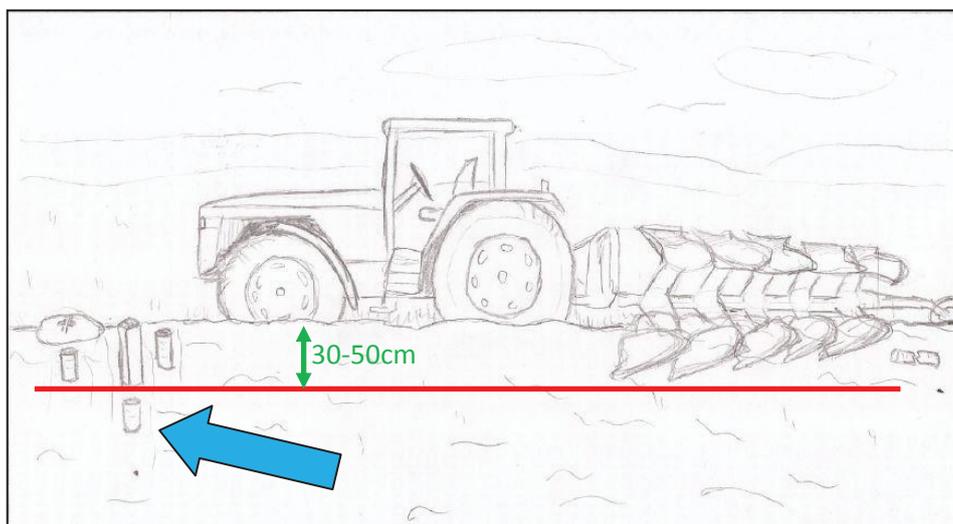


Abbildung 80 – Skizze von einem pflügenden Traktor



Abbildung 81 – Grenzstein mit „Ritterkreuz“

Demgegenüber wurden Grenzpunktabmarkungen aus früheren Zeiten vorgefunden. Der in der Abbildung 81 zu sehende Grenzstein, wurde im Bodenreformgebiet „Damerow“ vorgefunden. Dieser Grenzstein stammt vom ehemaligen Rittergut von Winterfeld (Kapitel 5.2.2). Dieser Grenzstein ist 15x15cm breit und 90cm lang und hat als unterirdische Sicherung ein Drainrohr.

5.6.1 Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk)

Da die Festpunkte vorwiegend im nördlichen Teil des Messgebiets liegen, ist dem Netzplan zu entnehmen, dass die Fehlerellipsen im südlichen Bereich in der Querabweichung sehr groß sind (Abbildung 96). Somit wurden im südlichen Bereich die berechneten Grenzpunkte in der Örtlichkeit aufgesucht. Anhand eines Luftbildes wurde das Vorgehen im ersten vermessungstechnischen Außendienst geplant. Aufgrund der widrigen Wetterverhältnisse und der schwierigen Zuwegung in den südlichen Bereich des Messgebiets, konnte nur der westliche Bereich der südlichen Eisenbahnstrecke bearbeitet werden.

Vor Ort wurde die Abmarkung des Grenzpunktes 85-02612 vorgefunden. Ein Grenzstein, der 10cm unter der Oberfläche vorhanden war. Die Abweichung zu der berechneten Koordinate betrug 18cm. Die berechneten Koordinaten der Grenzpunkte, die sich weiter im Süden befinden, sind alle in Gräben gefallen. Des Weiteren ist in der Örtlichkeit zu erkennen, dass dort in der Vergangenheit Baumaßnahmen ausgeführt worden sind. Dies kann bedeuten, dass im Zuge dieser Baumaßnahmen einige der Grenzsteine zerstört worden sind.

Durch das spätere Einpflegen der neu bestimmten Koordinate des Grenzpunktes 85-02612 in das Programmsystem Systra erhält dieser die Wertigkeit eines Festpunktes und damit auch die gleiche Standardabweichung.

Am zweiten und dritten Tag des vermessungstechnischen Außendienstes wurde der Bereich östlich der Eisenbahnstrecke untersucht. Es wurde hier festgestellt, dass durch den Eingriff des Menschen in den natürlichen Flusslauf der Uecker viele der 90cm langen Granitgrenzsteine(!) über Jahrzehnte hochschwämmten und umkippten.

Um die Stadt Pasewalk vor Überschwemmungen zu schützen, wurde ein Wehr an der Mühlenstraße gebaut. Dieses Wehr bewirkte oberhalb des Wehres, dass die Uecker so aufgestaut wurde, dass das zur jahrzehntelangen Überflutung der Felder östlich der Eisenbahnstrecke führte. Bis auf drei Ausnahmen sind viele der Granitgrenzsteine umgekippt und wurden im liegenden Zustand aufgefunden (Abbildung 82).



Abbildung 82 – umgekippter Grenzstein

Trotz zahlreicher im liegenden Zustand aufgefundener Grenzsteine, wurden drei wichtige Punkte vorgefunden, die sich nicht im liegenden Zustand befanden. Zum einen, der sich auf einer kleinen Anhöhe befindliche Grenzpunkt 85-02680, zum anderen die Platte eines Trigonometrischen Punktes und der südlichste Punkt der Eisenbahnstrecke 50048 und gleichzeitig ein Grenzpunkt der Gemarkungsgrenze zu Papendorf. Allerdings haben auch hier die Überflutungen der Felder bewirkt, dass sich die beiden Grenzsteine ca. 30cm oberhalb der Geländeoberfläche befanden und die vorgefundene Platte nur 30cm unterhalb der Geländeoberfläche aufgefunden wurde.

Zur Beurteilung des Fortführungsrissses des ÖbVI U. (Rissnummer: 2004420002-001 und -002) wurde das Eisenbahnwärterhaus auf der östlichen Seite der Eisenbahntrasse aufgesucht. (Abbildung 44). Bereits in dem Kapitel 5.4.1 wurde vermutet, dass die geometrische Eindeutigkeit der Gebäudepunkte des Eisenbahnwärterhauses nicht nachweisbar ist. In der Örtlichkeit ist das Eisenbahnwärterhaus so zerstört vorgefunden

worden, dass das Fundament nicht mehr ersichtlich war. Somit konnten die beiden Gebäudepunkte nicht kontrolliert und demzufolge nicht als Festpunkte verwendet werden.

Anschließend wurden die Grenzpunkte anhand des Fortführungsrisse von 1942 aufgesucht (Abbildung 68). Dieser Bereich befindet sich westlich der Eisenbahnstrecke in der Höhe der neuen Umgehungsstraße B 104/B 109. Hier wurde versucht, die anhand des o.a. Fortführungsrisse berechneten Grenzpunkte, die der ÖbVI U. nicht beachtet hatte, aufzusuchen. Nördlich der Umgehungsstraße bzw. unmittelbar an der Flurgrenze (Flur 1 und Flur 28) wurden die berechneten Grenzpunkte nicht gefunden. Es ist zu vermuten, dass durch die Verbeerung des Grabens die Grenzpunkte zerstört wurden. Außerdem fiel die berechnete Koordinate des Grenzpunktes 193 auf das Gelände der Solaranlage. Da hier in jüngerer Vergangenheit viele Erdarbeiten stattfanden, ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass die Grenzpunktabmarkung bei diesen Baumaßnahmen zerstört wurde. Erfreulicherweise wurde im südlichen Bereich der Umgehungsstraße die unterirdische Sicherung des Grenzpunktes 85-02624 in Form einer Flasche vorgefunden. Somit wurde nachgewiesen, dass die Flurstückzerlegung im Jahre 1942 stattfand und die im Fortführungsrisse angegebene unterirdische Sicherung auch eingebracht wurde.

Wie auf den Übersichtsbild (Abbildung 39) zu sehen ist, verläuft die Eisenbahntrasse nicht durchgängig gerade. Die geradlinige Messungslinie, die an der Gemarkungsgrenze Papendorf beginnt, endet am Lochstein 6 und knickt zum Lochstein 7 hin ab. Das heißt, dass die Standardabweichungen der Grenzpunkte nach Norden hin schlechter werden. Leider wurden in diesem Bereich viele Baumaßnahmen durchgeführt, Abfall bzw. Schottersteine aufgeschüttet, sodass keine Grenzpunkte vorgefunden wurden. Um nun die Geometrie der Messungslinie von Lochstein 6 zum Lochstein 7 zu stabilisieren, musste das Messgebiet erweitert werden, sodass das Sichten von weiteren Feldbüchern bzw. Fortführungsrisse erforderlich war. Hierfür wurden das nördliche Feldbuch und eine Flurstückszerlegung der ÖbVI Z. aus dem Jahr 2001 dem Ordner „Ergänzende Risse“ entnommen. Bei der Flurstückszerlegung der ÖbVI Z. sind in unmittelbarer Umgebung des Lochsteins 7 zwei Grenzsteine vorgefunden worden (Abbildung 84). Den benutzten Unterlagen zufolge wurde das Feldbuch von 1925 (1928230096_034) verwendet (Abbildung 83). Dieses ist auch eindeutig an den Katasterzahlen zu erkennen. Somit wurden die beiden Festpunkte (2922 und 2865) als Festpunkte im Programmsystem Systra eingeführt, was zu einer Genauigkeitssteigerung der Grenzpunkte im nördlichen Messgebiet führte.

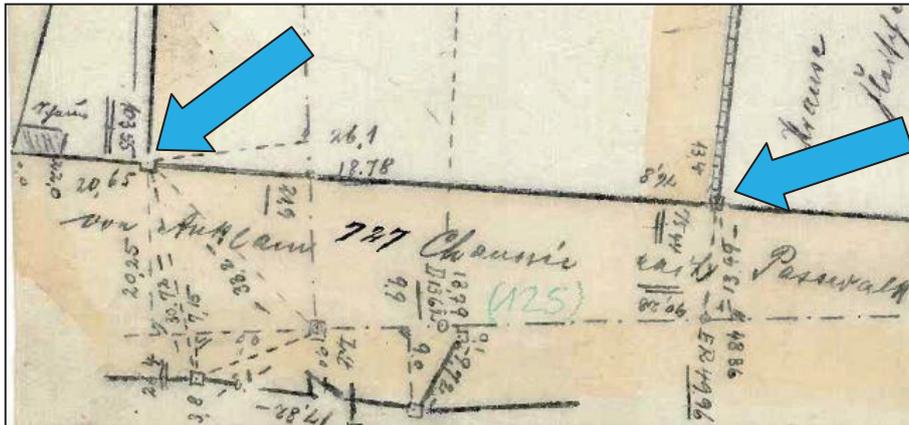


Abbildung 83 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1925

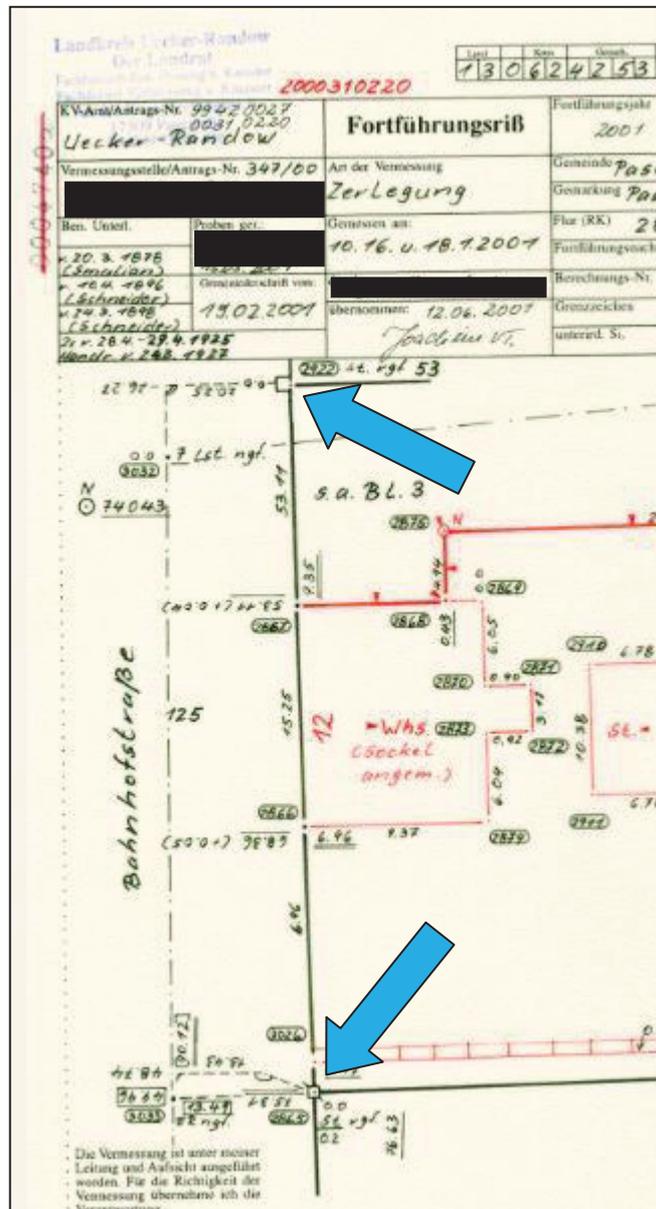


Abbildung 84 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 2001

5.6.2 Bodenreformgebiet „Damerow“

Die Verteilung der Festpunkte ist gegenüber dem Projekt der Eisenbahntrasse sehr verstreut. Deshalb ist eine andere Herangehensweise bei flächenhaften Objekten erforderlich. Da das Netz aus etlichen Messungslinien bzw. Systemen besteht, erfordert das eine flächendeckende Verteilung der Festpunkte, die der gesamten Rechenkonfiguration Stabilität verleiht und demzufolge den gewünschten Genauigkeitserfolg bewirkt. Somit ist gerade bei flächenhaften Objekten eine sukzessive Arbeitsweise zwischen der Eingabe in das Programmsystem Systra und dem Aufsuchen in der Örtlichkeit zu empfehlen.

Dieses Projekt wurde in verschiedene Bereiche eingeteilt, die nacheinander bearbeitet wurden. Der erste Bereich, der das Gebiet von dem Startbereich bis zu der Weggabelung darstellt, entspricht ca. 30% des Gesamtbereichs (Abbildung 85). Aufgrund der großen Fehlerellipsen im Sysplan wurde entschieden, durch das Aufsuchen der Grenzpunkte die nötige Stabilität herzustellen. Grund für diese großen Fehlerellipsen ist die schlechte Verknüpfung bzw. wenige Kontrollmessungen untereinander und die fehlenden Grenzlängen im nördlichen Bereich. Der Grenzpunkt mit der größten Fehlerellipse, deren große Halbachse ca. 90cm betrug, wurde in der Örtlichkeit aufgesucht und in dem Bereich der Fehlerellipse auch vorgefunden (Abbildung 86).

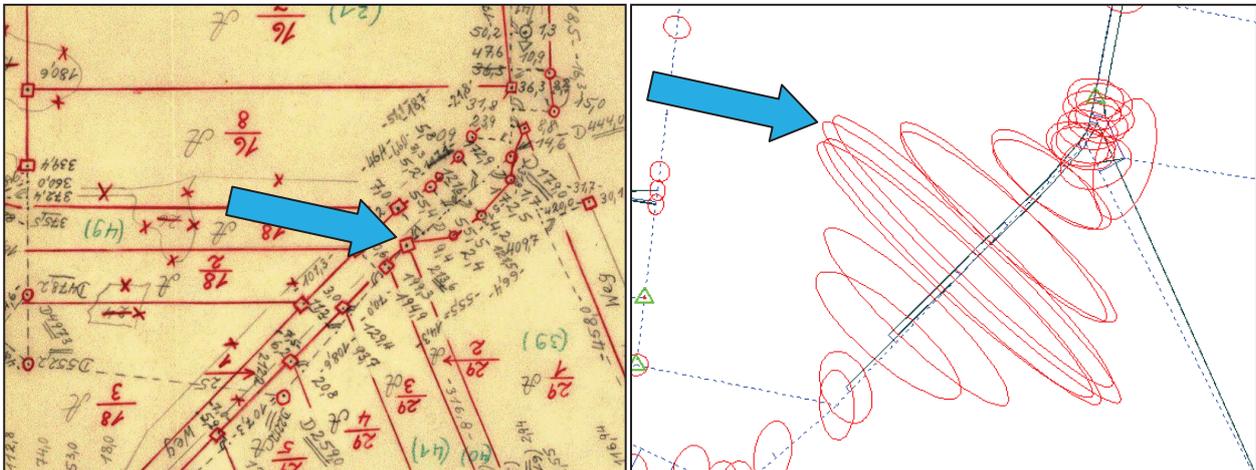


Abbildung 85 – Weggabelung im Fortführungsriß von 1947 (links) und im Programmsystem Systra (rechts)



Abbildung 86 – vorgefundenes Drainrohr in der Fehlerellipse

Nachdem Auffinden von drei Grenzpunktmarkungen in dem Bereich der Weggabelung festigte sich die Netzkonfiguration und es konnte die Eingabe in das Programmsystem Systra fortgesetzt werden.

Im weiteren Verlauf des Projekts nach Westen traten vermehrt Widersprüche in den Fortführungsrisen auf, sodass oft Annahmen getroffen werden mussten, damit die Netzkonfiguration noch berechenbar blieb.

Die Suche in der Örtlichkeit nach Grenzpunktmarkungen verlief ebenfalls nicht optimal. Neben den Widersprüchen in den Katasterzahlen, kamen örtliche Probleme hinzu. Diese Probleme waren u.a.:

- wenige Kontrollmessungen
- schlechte unterirdische Sicherungen der Grenzpunkte
 - schmale und halbierte Drainrohre
 - geringe Tiefe (20-30cm unterhalb der Geländeoberfläche)→ keine Gewissheit, ob der gesuchte Punkt noch vorhanden ist
- Widersprüche in den Katasterzahlen → keine Sicherheit, ob an der berechneten Koordinate die Grenzpunktmarkung überhaupt gesetzt wurde
 - wenige Verknüpfungen gemessen
 - sehr bewegtes Gelände (Fluchten war im westlichen Bereich kaum möglich)
- harter Erdboden (umfangreiche Suche von Grenzpunktmarkungen nur begrenzt möglich)
- Durchführung von Erdarbeiten

Diese Probleme führten dazu, dass in dem westlichen Bereich des Bodenreformgebiets „Damerow“ (vorwiegend auf der Ackerfläche) das Aufsuchen der Grenzpunktabmarkungen mit großem Aufwand verbunden war. Dieser Tatsache geschuldet, musste eine andere Lösung gefunden werden.

Im südlichen Bereich des Bodenreformgebiets „Damerow“ wurde 1947 durch ein kleines Waldstück mit der Gewinnbezeichnung „Abgrund der Hölle“ ein Polygonzug gemessen. Da im Wald kaum Erdarbeiten stattfinden und das Graben im Waldboden nicht so aufwendig ist wie das Graben in einem harten Ackerboden, wurde ein beidseitig angeschlossener Polygonzug durch das kleine Waldstück gemessen (Abbildung 87). Dieser Polygonzug führte zu dem so dringend benötigten Erfolg. Insgesamt wurden sieben Grenzpunkte aufgesucht. Sie waren mit Drainrohren vermarket, die ca. 20cm unterhalb der Geländeoberfläche lagen. Für den Nachweis der geometrischen Eindeutigkeit wurden die Punkte jeweils zweimal von unterschiedlichen Standpunkten aufgemessen und im vermessungstechnischen Innendienst durch die Ausgleichung berechnet (Kapitel 5.8.2). Durch das Auffinden mehrerer Grenzpunkte in dem Waldstück konnte der in dem Kapitel 5.5.2 angesprochene Widerspruch geklärt werden. Zwar wurde nicht der Grenzpunkt vorgefunden, dessen Abszissenmaß einen Widerspruch aufweist, aber es wurden die umliegenden Grenzpunkte sowie der Endpunkt der Messungslinie vorgefunden. Somit ist eindeutig nachgewiesen, dass nicht die beiden Spannmaße fehlerhaft sind, sondern das Abszissenmaß einen Meterfehler aufweist.

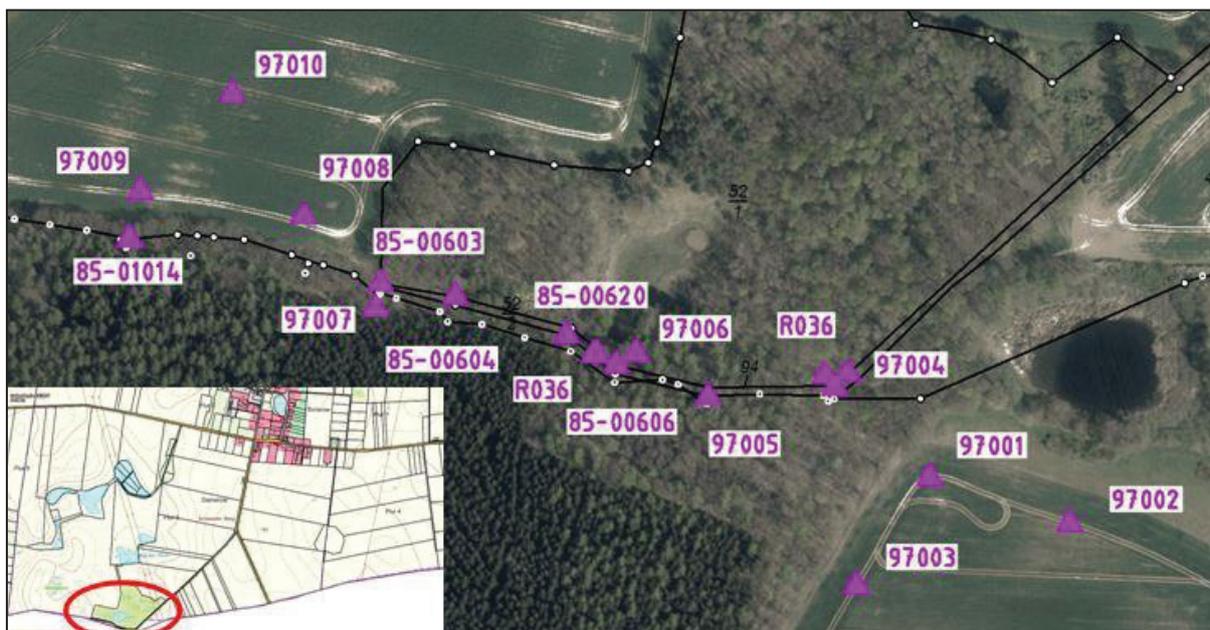


Abbildung 87 – Polygonzug durch das kleine Waldstück

Im weiteren Verlauf der Bearbeitung sind zwei weitere Widersprüche, die ebenfalls in dem Kapitel 5.5.2 angesprochen wurden, aufgeklärt worden.

Zum einen wurde der aufgewinkelte Grenzpunkt mit dem Abszissenmaß von 219,6m im Fortführungsriß von 1947 in Form eines Drainrohres in einer Tiefe von 40cm vorgefunden. Somit ist nachgewiesen worden, dass das Maß in dem Fortführungsriß von 1948 (Angabe: 211,6m) fehlerhaft ist und falsch abgeschrieben wurde.

Zum anderen wurde der von der westlichen Flurgrenze aufgewinkelte Grenzpunkt beim Maß 68,0m in dem Fortführungsriß von 1947 in einer Tiefe von 50cm vorgefunden (Abbildung 88). Somit ist der Beweis erbracht worden, dass das Maß in dem Fortführungsriß von 1948 (Angabe: 63,0m) fehlerhaft ist und falsch abgeschrieben wurde.



Abbildung 88 – aufgefundenes Drainrohr

5.7 Erfassung der Katasterzahlen nach den neuen QL-Erfassungshinweisen M-V

In dem Kapitel 2.3 Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster sind die QL-Erfassungshinweise M-V kurz erwähnt worden. Diese Erfassungshinweise dienen der geometrischen Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster und sind nach dem Vorbild der „QL-Erfassungshinweise im Land Brandenburg“ mit geringen Änderungen im Land Mecklenburg-Vorpommern eingeführt worden. Die erfassten Messdaten werden in einer QL-Datenbank gespeichert. Um die Eindeutigkeit der Messdaten zu garantieren, müssen die Messdaten verschlüsselt werden. Welche Messdaten wie zu verschlüsseln sind, ist in den Erfassungshinweisen geregelt.

Allerdings ergeben sich daraus auch einige Schwierigkeiten für die Auswertung. Deshalb werden in diesem Kapitel die wichtigsten Punkte theoretisch erläutert und in dem Kapitel 5.8.1 und 5.8.2 die praktische Umsetzung der o.a. Erfassungshinweise in Hinblick auf Wirtschaftlichkeit kritisch aufgezeigt und welche Änderungen vorgenommen werden sollten.

Für die Eineindeutigkeit im ganzen Land Mecklenburg-Vorpommern muss sichergestellt werden, dass alle Systemnamen nur einmal vergeben werden. So finden sich bei der **Kodierung der Beobachtung** der Gemarkungsschlüssel (G), die Flurnummer (F) und die Rissnummer (U) in dem Systemnamen wieder. Diese ersten elf Stellen definieren jede Beobachtung und werden auch in dem Liegenschaftskatasternachweis erfasst. Zur Identifizierung, um welche Beobachtung es sich handelt, steht an der 12. Stelle des Systemnamens der Beobachtungstyp (B). Die Beobachtungstypen unterscheiden sich nach Messungslinien (M), Parallelpolygone (L), lokale Koordinaten (K), Durchfluchtungen (F), Parallelität mit Abstand (P), Abstand Punkt-Linie (A) und polare Messungen (W). Beispielsweise bekommt die erste Messungslinie in der Gemarkung Pasewalk, Flur 1 eines beliebigen Fortführungsrisse mit der Rissnummer 30012 die Kennung:

- 42530130012M001.

Diese Beobachtungstypen sind Rissbezogen. Dieses bedeutet, dass eine Messungslinie, die über mehrere Blätter verläuft, nur mit der Nummer des ersten Blattes erfasst wird. Die letzten drei Stellen des Systemnamens geben die durchlaufende Systemnummer des jeweiligen Beobachtungstyps wieder.

Nicht nur die Kodierung der Beobachtungen, sondern auch die Genauigkeit der Beobachtungen spielt bei der Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster eine wichtige Rolle. Diese Genauigkeiten können gruppenweise durch die **Kodierung der Beobachtungsgruppen** gewichtet werden. Der Systemname setzt sich aus drei Teilen zusammen. Zum einen aus den Beobachtungstypen (**BBB**), zum anderen aus der Standardabweichung (**ZZZ**) sowie aus einem Buchstaben (**X**), der die Herkunft der Beobachtung definiert. Würden beispielsweise bei der Grenzaufnahme statt metrischer Maße mecklenburgische Rutenmaße gemessen, ist statt **N** für Normal ein **R** für Rute einzugeben.

Die Vergabe der Beobachtungsgruppe ist davon abhängig, in welcher Epoche die Vermessung stattfand. Erfahrungswerte zeigen, dass eine gute Vermessung mit einer Genauigkeit von 30mm + 200 ppm und eine schlechte Vermessung mit 50mm + 300ppm angenommen werden kann. Wenn man die Erfahrungswerte nicht verwendet, können auch für die Beobachtungsgruppen Genauigkeitsangaben aus der Zusammenstellung der historischen Vorschriften entnommen werden (Abbildung 89).

Neben den Beobachtungen und den Beobachtungsgruppen sollen auch für die Arbeitspunkte (Hilfspunkte) eine Kodierung geführt werden (**Arbeitspunktkodierung**). Die Arbeitspunkte sind Rechenhilfspunkte und erhalten auch keine Attribute. Nach den neuen Erfassungshinweisen müssen diese Arbeitspunkte unnummeriert werden. Wobei die Arbeitspunkte nicht wie die Grenz-, Gebäude-, Nutzungsarten- und sonstigen Vermessungspunkte eine 15-stellige Punktnummer, sondern eine 13-stellige Punktnummer erhalten. Diese Punktnummer setzt sich zusammen aus dem Gemarkungsschlüssel (**G**), der Flurnummer (**F**), einem beliebigen Platzhalter (**X**) (kann mit **H** für Hilfspunkt angegeben werden) und einer laufenden fünfstelligen Nummer. Beispielsweise erhält der erste Rechenhilfspunkt in der Gemarkung Pasewalk, Flur 28 die Kennung:

- 4253028H00001

Ein wichtiger Punkt für die einheitliche Auswertung sämtlicher amtlicher Vermessungen, ist die umfangreiche **Attributierung** der Punkte. Da in ALKIS die Daten der Punkte für spätere Berechnungen die Grundlage sein sollen, müssen die Neupunkte in allen Attributen den Anforderungen der Qualitätsverbesserung gerecht werden. Diese folgenden Punktattribute sind nach den neuen Erfassungshinweisen zwingend bei der Attributierung anzugeben bzw. sind die Felder auszufüllen:

- **PKN** (Punktkennung)
- **OA** (Objektart)
- **VMA/ABM** (Vermarkung/Abmarkung)
- **BZA** (Bemerkung zur Abmarkung)
- **SOE** (sonstige Eigenschaft)
- **ZDE** (Zeitpunkt der Entstehung)
- **DPL** (Herkunft)
- **GST** (Genauigkeitsstufe)
- **VWL** (Vertrauenswürdigkeit)
- **LZK** (Lagezuverlässigkeit)
- **QLQ** (QL-Qualifizierungsattribut)

Diese QL-Erfassungshinweise wurden zum großen Teil vom Land Brandenburg übernommen. Allerdings ist der folgende Punkt vom Land Brandenburg nicht berücksichtigt worden. Die Arbeitsgruppe, die die QL-Erfassungshinweise für Mecklenburg-Vorpommern erarbeitete, entschied sich, den Punkt **Gewichtung der Beobachtungen** mit aufzunehmen. Hier wird beschrieben, dass es im Programmsystem Systra drei Stufen gibt, die Beobachtungen zu gewichten. Diese Stufen sind in hierarchischer Reihenfolge:

- Direkt an der Beobachtung
- Über Beobachtungsgruppen
- Global über Steuerparameter

Wird die Stufe genutzt, die Gewichtung direkt an der Beobachtung einzutragen, hat dies die höchste Priorität und hat somit Vorrang vor den anderen beiden Stufen. Bei dieser individuellen Gewichtung gibt es die Möglichkeit die Beobachtung auch „abzuschalten“. Die Beobachtung wird bei der Ausgleichsberechnung nicht mehr berücksichtigt, aber der

Messwert bleibt als Bestandteil des Katasterzahlenwerks noch vorhanden (siehe Kapitel 5.5.1 und 5.5.2). Wird eine Beobachtung nicht „Direkt an der Beobachtung“ gewichtet bzw. besitzt keinen Inhalt, wird sie automatisch durch die Stufe zwei „über Beobachtungsgruppen“ gewichtet. Sollte der Fall eintreten, dass die erste und zweite Stufe keinen Inhalt haben, wird die Beobachtung durch die dritte Stufe „Global über Steuerparameter“ gewichtet.

Diese Erfassungshinweise stellen dem Bearbeiter eine Datei (*Beobachtungsgruppen.sys*) zur Verfügung, mit dem er die Beobachtungen gewichten könnte. Als Hilfestellung für die Gewichtung der Beobachtungsgruppen, wird eine Zusammenstellung historischer Vorschriften hinsichtlich Qualität und Genauigkeit bereit gestellt (Abbildung 89).

Epoche	Systra - Steuerung der Beobachtungen			
	orthogonale Systeme Messunslinien ... MLI Spannmaß ... SPN	polare Systeme Richtung/Strecke ... POL	lokale/ digitalisierte Koordinaten	Referenz- koordinaten
Mecklenburg vor 1868 (üb.Rute)	MLI-R-005 ... MLI-R-010 SPN-R-005 ... SPN-R-010	POL-N-0005-S05 ... POL-N-0010-S10		
Preußen vor 1868 (pr.Rute)	MLI-Q-005 ... MLI-Q-010 SPN-Q-005 ... SPN-Q-010	POL-N-0005-S05 ... POL-N-0010-S10		
Mecklenburg 1868 - 1912	MLI-N-005 ... MLI-N-010 SPN-N-005 ... SPN-N-010	POL-N-0005-S05 ... POL-N-0010-S10		
Preußen 1868 - 1881	MLI-N-005 ... MLI-N-010 SPN-N-005 ... SPN-N-010	TP: POL-N-0002- ... POL-N-0005- PP: POL-N-0005-S05 ... POL-N-0010-S10		
Preußen 1881 - 1931	MLI-N-005 ... MLI-N-010 SPN-N-005 ... SPN-N-010	TP: POL-N-0001- PP: POL-N-0005-S05 ... POL-N-0010-S10		
Mecklenburg 1912 - (1952)	MLI-N-003 ... MLI-N-010 SPN-N-003 ... SPN-N-010	TP: POL-N-0001- PP: POL-N-0003-S03 ... POL-N-0010-S10		
Preußen 1931 - 1952	MLI-N-003 ... MLI-N-010 SPN-N-003 ... SPN-N-010	TP: POL-N-0001- PP: POL-N-0003-S03 ... POL-N-0010-S10		
Bodenreform 1946 - 1949	MLI-N-005 ... MLI-N-025 SPN-N-005 ... SPN-N-025 grobe Fehler eliminieren			
DDR 1952 - (1992)	MLI-N-003 ... MLI-N-010 SPN-N-005 ... SPN-N-025	PP: POL-N-0003-S03 ... POL-N-0010-S10	LOK-4-005	
BRD ab 1992				REF-N-000 ... REF-N-003
besondere Aufnahmeverfahren				
Feldzirkel	1:1000* MLI / SPN-N-010 ... 050			
Messrad	1:100 ... 1:500* MLI / SPN-N-050 ... 100			
Basis- reduktions- tachymeter BRT006	1:1700* MLI / SPN-N-003 ... 010			
Bussole		1' ... 6' * POL-N-0020- ... POL-N-0100-		

Abbildung 89 – Übersicht über die zur Wahl stehenden Beobachtungsgruppen der jeweiligen Epoche (Landesamt für innere Verwaltung - Amt für Geoinformaiton, Vermessungs- und Katasterwesen)

Der letzte Punkt, auf den hier näher eingegangen wird, ist die **Rissgestaltung**. Die Fortführungsrisse sollen nach der Bearbeitung digital für die unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörden zur Verfügung stehen. Neben den alten und neuen Punktnummern und den erfassten Beobachtungen sollen diese zusätzlich farblich gekennzeichnet werden. Die verschiedenen Beobachtungen bzw. Systeme sind in den Arbeitsrissen folgendermaßen umzusetzen:

System bzw. Punktnummer	Farbgestaltung
Messungslinien und Parallelpolygone in rot	MXXX
Spannmaße grün unterstreichen	<u>11,1</u>
u.a. Durchfluchtungen in blau	FXXX
Polare Messungen in rot	WXXX
Arbeitspunktnummern in rot	111
Referenzpunkte in blau	222
vorgefundene Punkte in blau und gelb markiert	333 vgf
nummerierte ALKIS-Punkte in grün	444
neu einzuführende Punkte in rot (Text umkreist)	555

Tabelle 12 – Übersicht über die Farbgestaltung der Risse (Landesamt für innere Verwaltung - Amt für Geoinformaiton, Vermessungs- und Katasterwesen)

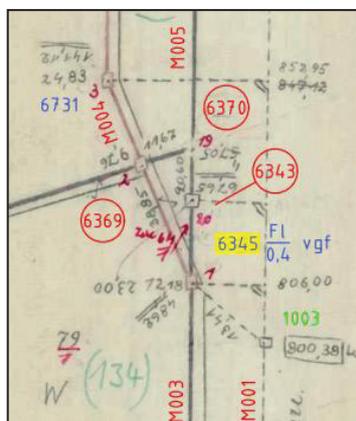


Abbildung 90 – Beispiel für die Farbgestaltung der Beobachtungen bzw. Punkte

5.8 Auswertung der Ergebnisse des vermessungstechnischen Innen- und Außendienstes

Der zuständigen unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde sind folgende Unterlagen/Dateien bereit zu stellen:

- **Bericht**
 - Erläuterungsbericht
 - Anhang A (verwendete vorgefundene Punkte)
 - Anhang B (zu überprüfende Punkte)

- **NAS**
 - Koordinatenverzeichnis (KVZ)
 - NAS-Übergabe-Datei (xml-Datei)

- **Protokolle**
 - Messprotokolle (Außendienst)
 - Systra – Protokolle (OUT, KAN, LOK, SYS, KOO)
 - Umnummerierungsprotokoll

- **Übersichtplan, Fortführungsrisse**
 - Übersichtsplan mit den Referenzpunkten
 - alle Fortführungsrisse mit neuen Punktnummern

Diese Liste ist ein Leitfaden für die Auswertung jeder Vermessung. Es soll somit sicher gestellt werden, dass keine Unterlagen bei der Zusammenstellung der Dateien fehlen.

Damit die mit SAPOS gemessenen Punkte eindeutig im geodätischen Raumbezug definiert sind, müssen sie jeweils zweimal unabhängig voneinander aufgemessen werden. In dem Software-Programm Leica GeoOffice werden die Rohdaten eingelesen und ein von dem Programm ein „Feldbuch“ (Messprotokoll) erzeugt, damit die jeweilige untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde nachvollziehen kann, ob bei den aufgemessenen Punkten die allgemein anerkannten Regeln der Technik für die GPS-Vermessung beachtet wurden. In dem Messprotokoll ist vermerkt, welche virtuelle Referenzstation verwendet wurde, die

Zeitspanne bzw. die Länge der Messung, die gemessenen Koordinaten und die Qualität des gemessenen Punktes (siehe Abbildung 91 und Abbildung 92). Aufgrund dieser Eigenschaften wird u.a. entschieden, welche Genauigkeitsstufe diese Punkte bekommen. Sie können somit als Festpunkte mit einer Genauigkeit von 3cm im Programmsystem Systra eingelesen werden.

Basislinie	Referenz: RTCM-Ref 4095(8)	Rover: 85-02680V	
Antennentyp / S/N:	ADVNULLANTENNA / -	GS12 Pole / -	
Antennenhöhe:	0.000 m	1.990 m	
Lokale Koordinaten:			
Rechtswert:	3430699.355 m	3431821.220 m	
Hochwert:	5932979.204 m	5928726.764 m	
Ellip. Höhe:	9.667 m	47.326 m	
Zeitspanne:	<u>23/02/2018 14:39:12 - 23/02/2018 14:44:17</u>		
Dauer:	5' 05"		
Qualität:	Sa. O: 0.002 m Lage Qualit.: 0.003 m	Sa. N: 0.003 m Sa. Schräg: 0.003 m	Sa. Höhe: 0.007 m

Abbildung 91 – Ausschnitt des Messprotokolls 1.Epoche

Basislinie	Referenz: RTCM-Ref 4095(8)	Rover: 85-02680V	
Antennentyp / S/N:	ADVNULLANTENNA / -	GS12 Pole / -	
Antennenhöhe:	0.000 m	1.990 m	
Lokale Koordinaten:			
Rechtswert:	3430699.355 m	3431821.231 m	
Hochwert:	5932979.204 m	5928726.765 m	
Ellip. Höhe:	9.667 m	47.386 m	
Zeitspanne:	<u>23/02/2018 16:32:45 - 23/02/2018 16:38:25</u>		
Dauer:	5' 40"		
Qualität:	Sa. O: 0.001 m Lage Qualit.: 0.003 m	Sa. N: 0.003 m Sa. Schräg: 0.003 m	Sa. Höhe: 0.004 m

Abbildung 92 – Ausschnitt des Messprotokolls 2.Epoche

Diese „neuen“ Festpunkte, die flächendeckend über das Gebiet verteilt sind, bewirken die notwendige Genauigkeitssteigerung von den jeweiligen Netzen. Um die Projekte im Programmsystem Systra abzuschließen, muss der Bearbeiter jeden Abschnitt des Systra-Protokolls (Systra.OUT) gründlich prüfen. Diese Abschnitte sind:

Abschnitte des Protokolls	Erläuterung des Abschnitts
Globale Steuerparameter	Gibt eine Übersicht über die in den jeweiligen Projekten eingestellten Steuerparameter (z.B. Punktqualitätsbewertung, Standardabweichung für Beobachtungen u.a.)
Referenzkoordinaten	Zeigt alle Referenzkoordinaten (Festpunkte und vorgefundene Punkte) an und mit welcher Genauigkeit diese in die Ausgleichung eingehen.
Ausgegliche Referenzkoordinaten	Nach der ersten Ausgleichung sind die Abweichungen, die Kontrollierbarkeiten, die möglichen groben Fehler und die normierten Verbesserungen zu den jeweiligen Referenzkoordinaten in diesem Abschnitt zu entnehmen.
Orthogonale Messwerte	In dem Abschnitt sind alle Informationen über die verwendeten orthogonalen Messwerte enthalten. Hier kann der Bearbeiter das lokale System, die dazugehörigen Punktkennzeichen, Ordinaten- und Abszissenwerte ablesen. Wie auch bei den ausgeglichenen Referenzkoordinaten sind den jeweiligen Beobachtungen deren Genauigkeiten, Verbesserungen, Kontrollierbarkeiten, mögliche grobe Fehler und normierten Verbesserungen zu erkennen.
Systemparameter	Gibt eine Übersicht über die Transformationsparameter der jeweiligen Systeme.
Strecken	Zeigt die Übersicht über alle verwendeten Spannmaße und die dazu gehörenden Informationen. Diese Informationen sind u.a. die Länge der Strecke, die Standardabweichung, die Verbesserung, die Kontrolliertheit, den möglichen groben Fehler und die normierte Verbesserung. Sichergestellt werden sollte, ob die stochastisch ausgeschalteten Strecken wirklich fehlerhaft sind oder ob es sich um fehlerhafte Eingabe handelt?
Statistik Beobachtungsgruppe	Übersicht über die verschiedenen Beobachtungsgruppen und deren Varianzanteil und Redundanzanteil
Liste der größten normierten Verbesserung (Top 10 Liste)	Diese Liste zeigt die zehn größten normierten Verbesserungen an. Wobei die Beobachtungen mit der größten normierten Verbesserung an erster Stelle steht. Diesen Abschnitt sollte der Bearbeiter immer als erstes betrachten.

Tabelle 13 – Überblick über die Abschnitte in dem Systra-Protokoll

Diese Prüfung nimmt viel Zeit in Anspruch, da jeder einzelne Abschnitt auf Fehler oder falsche Eingaben kontrolliert werden muss. Neben der Prüfung des Protokolls hat die Erstellung des Erläuterungsberichts für die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde hohe Priorität. Diese Arbeiten sollten parallel durchgeführt werden, da in dem Erläuterungsbericht u.a. die Festpunkte aufgeführt werden müssen, die außerhalb des $3\text{-}\sigma$ -Bereichs liegen und zusätzlich alle Beobachtungen, die stochastisch ausgeschaltet worden sind. Der $3\text{-}\sigma$ -Bereich richtet sich dabei an die gewählte Genauigkeit in dem jeweiligen Projekt (Kapitel 5.8.1 und 5.8.2).

Neben dem Erläuterungsbericht sollten zur besseren Übersicht eine Liste der verwendeten vorgefundenen Punkte (Anhang A) und eine Liste der überprüfenden Punkte (Anhang B) erstellt werden. Diese beiden Listen können aus dem Protokoll erstellt werden. Unter dem Abschnitt Referenzkoordinaten sind anhand der eingestellten Standardabweichungen die ‚verwendeten vorgefundenen Punkten‘ zu den ‚zu überprüfenden Punkten‘ zu klassifizieren/unterscheiden. Die verwendeten vorgefundenen Punkte bekommen eine Standardabweichung von 3cm und die zu überprüfenden Punkte sind stochastisch ausgeschaltet und erhalten somit eine Standardabweichung von 99,99m. Die zu überprüfenden Punkte sind dabei nochmals zu unterscheiden in diejenigen Punkte, die innerhalb des $3\text{-}\sigma$ -Bereichs fallen und die die außerhalb des $3\text{-}\sigma$ -Bereichs fallen. Die Punkte, die außerhalb des $3\text{-}\sigma$ -Bereichs fallen, erhalten neue Koordinaten und müssen für die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde erläutert werden. Gründe für solche außerhalb des $3\text{-}\sigma$ -Bereichs fallenden Punkte können u.a. eine fehlerhafte Berechnung einer vorherigen Messung oder eine nicht korrekte Wiederherstellung eines Grenzpunktes sein (siehe Kapitel 5.8.1 und 5.8.2). Wie mit solchen Punkten umgegangen wird, entscheidet die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde. Eine Zurücksendung des Auftrags an den jeweiligen ÖbVI wäre möglich.

Nach der Prüfung aller Abschnitte des Systra-Protokolls und der Erstellung des Erläuterungsberichts, folgt die Umnummerierung der Punkte des gesamten Projekts. Umgesetzt wird die Umnummerierung im Programmsystem GEOgraf. Zur besseren Übersicht und auch zur einfacheren Weiterverarbeitung zwecks der Attributierung wird empfohlen, die Punkte vorher zu klassifizieren. Hierfür werden aus der ‚Systra.KOO‘ und der ‚Auftrags.KOO‘ einige Bereiche entnommen und in verschiedene Dateien aufgeteilt und abgespeichert. Umnummeriert werden nur die Neupunkte. Die bisherigen Festpunkte behalten ihre Nummer. Die vier neu erstellten KOO-Dateien werden mit verschiedenen Punktcodes versehen und klassifiziert nach:

- Festpunkten (alte Koordinaten),
- Festpunkten (neue Koordinaten),
- Neupunkten (vorgefunden und aufgemessen) und
- Neupunkten (nur berechnet).

Bei dem späteren Importieren in das Programmsystem GEOgraf muss die Kontrolle erfolgen, dass die Summe der vier erzeugten KOO-Dateien mit der Summe der Punkte aus der originalen Systra.KOO übereinstimmen (ohne Hilfspunkte). Ist dies der Fall, werden im Programmsystem GEOgraf als erstes die von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde bereitgestellte ALKIS-NAS-Datei mit den Original-Punkten importiert. Anschließend werden nacheinander die neu erstellten KOO-Dateien importiert. Beim Import findet ein Vergleich mit den aus dem amtlichen Liegenschaftskataster Informationssystem übernommenen Punkten statt und die Abweichungen zu den Koordinaten werden nochmals angezeigt. Diese Abweichungen können teilweise bis zu zehn Metern betragen, da diese vorher als digitalisierte Koordinaten im amtlichen Liegenschaftskataster Informationssystem geführt wurden.

Nachdem Import aller Punkte in das Programmsystem GEOgraf folgt die Umnummerierung der Neupunkte. Hierfür werden die Punktnummern aus dem Reservierungsbereich verwendet, die von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde bereitgestellt wurden. Zur schnelleren Abarbeitung sollten die verschiedenen Punkte massenhaft umnummeriert werden. Über den Mengenfilter werden die Punktcodes hinzugefügt, die für die Umnummerierung benötigt werden (Neupunkte berechnet und Neupunkte gemessen). Anschließend werden alle Neupunkte umnummeriert und eine Umnummerierungsliste erstellt. Diese Umnummerierungsliste wird der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde zur Verfügung gestellt, damit nachvollzogen werden kann, welche Punkte in der Örtlichkeit aufgesucht worden sind.

Danach werden im Programmsystem GEOgraf die Attribute für die jeweiligen Punkte zugewiesen. Durch die Aufteilung der Punkte in vier KOO-Dateien bzw. in vier verschiedenen Punktcodes wird die Zuweisung der Attribute erleichtert. Über die Massenbearbeitung können alle Attribute vorher eingestellt und den jeweiligen Punktcodes zugewiesen werden. So erhalten die aufgemessenen Neupunkte u.a. eine andere Genauigkeitsstufe gegenüber den berechneten Neupunkten (siehe Kapitel 5.8.1 und 5.8.2). Wichtig für alle Punkte ist das Attribut ‚Entstehung‘. Ist das Projekt eine Neuvermessung ist es erforderlich, den Punkten, die nachweislich aus der Messung stammen, mit dem Ursprungsdatum zu versehen (Abbildung 112). Durch diese Einteilung in Punktcodes lässt sich vermeiden, dass bei

größeren Projekten jeder Punkt angefahren werden muss und die Attribute einzeln vergeben oder ggf. verändert werden müssen. Die

Tabelle 14 enthält eine Übersicht über die wichtigsten Attribute.

PKN (Punktkennung)	-15-stellig Beispiel: 334593020001705
OA (Objektart)	<ul style="list-style-type: none"> • Grenzpunkt • Aufnahmepunkt • Sicherungspunkt • Sonstiger Vermessungspunkt • Besonderer Gebäudepunkt • Besonderer Bauwerkspunkt • Besonderer Topografischer Punkt
VMA/ABM (Vermarkung/Abmarkung)	Auswahl: <ul style="list-style-type: none"> • 1110 – Stein, Grenzstein • 1230 – Drainrohr • 9500 – ohne Marke
BZA (Bemerkung zur Abmarkung)	Voreinstellung: <nicht belegt> <ul style="list-style-type: none"> • 1000 – Abmarkung unterirdisch gesichert • 2000 – Abmarkung exzentrisch gesichert • 3000 – Abmarkung unterirdisch und exzentrisch gesichert • 4000 – ohne unterirdische oder exzentrische Sicherung
SOE (sonstige Eigenschaft)	Hinweise: Frühere Lagezuverlässigkeit und –genauigkeit, ALK-PAR, ALK-PKZ (frühere Punktnummer)
ZDE (Zeitpunkt der Entstehung)	<ul style="list-style-type: none"> • FR: <Datum> - ältestes Datum des Fortführungs-/VermessungsrisSES • GT: <Datum> - Datum des Grenztermins • BK: <Datum> - Datum der Bestandskraft
DPL (Herkunft)	Auswahl: <ul style="list-style-type: none"> • 1060 – aus Vermessung höchster Positionsgenauigkeit (SAPOS) • 1800 – aus Koordinatentransformation ermittelt
GST (Genauigkeitsstufe)	Auswahl: <ul style="list-style-type: none"> • 2100 – Standardabweichung = 3cm • 5000 – Standardabweichung > 500cm
VWL (Vertrauenswürdigkeit)	<ul style="list-style-type: none"> • 1100 – VWL Ausgleichung • 1200 – VWL Berechnung • 1300 – VWL Bestimmungsverfahren • 1400 – VWL ohne Kontrollen
LZK (Lagezuverlässigkeit)	TRUE oder FALSE <ul style="list-style-type: none"> • TRUE wird vergeben, wenn ein zuvor mit „FALSE“ belegter Punkt innerhalb der nach LiVermVV M-V zulässigen linearen Abweichung von 0,06m ermittelt wurde • FALSE wurde durch die Migration von ALK nach ALKIS vergeben & wird für Neupunkte vergeben

Tabelle 14 – Übersicht über die wichtigsten Attribute

Mit den unnummerierten Punkten kann die Ausarbeitung der Fortführungsrisse und des Übersichtsplans, die vorzugsweise digital mit dem Programmsystem GEOgraf ausgearbeitet werden sollten, erfolgen. Zur Bearbeitung der Fortführungsrisse wird ein neuer GEOgraf-Auftrag erzeugt und mit den Feldbüchern bzw. Fortführungsrisse als PDF-Dokument oder Bitmap hinterlegt. Für ein wirtschaftliches Arbeiten empfiehlt es sich, den GEOgraf-Auftrag mit der bereits erfolgten Umnummerierung zu öffnen, da die im vermessungstechnischen Außendienst mitgeführten Arbeitsrisse zum größten Teil noch die Arbeitsnummerierung enthalten.

Da die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde u.a. das Systra-Protokoll erhält, ist es notwendig, die bisher in Programmsystem Systra verwendeten Arbeitsnummerierungen nach den neuen QL-Erfassungshinweisen vorgeschriebenen Systemnamen zu ändern. Diese Kodierungen werden mit dem Cremer-Editor umnummeriert und in Umnummerierungslisten gespeichert. Im Anschluss werden die Umnummerierungslisten in den fünf zu bearbeitenden Dateien ersetzt (Auftrags-LOK, KAN, ZUS, SYS und KOO). Nachdem alle Dateien mit den nach den QL-Erfassungshinweisen erforderlichen langen Systemnamen ersetzt wurden, folgte die Fertigstellung des Systra-Abgabeprojekts.

The image shows two screenshots of a SYSTRA.OUT file. The top screenshot displays long system names, and the bottom screenshot displays work numbers. Both screenshots have a header with columns labeled 10, 20, 30, and 40.

	10	20	30	40
136	42140230644M003		334593234002816	
137	42140230644M003		334593234002798	
138	42140230644M003		4214002H00001	
139	42140230644M004		4214002H00002	
140	42140230644M004		334593234002795	
141	42140230644M004		334593234004197	

	10	20	30	40
136	S	L003		85-01943
137	S	L003		85-01483
138	S	L003		H001
139	S	L004		H002
140	S	L004		85-01445
141	S	L004	334593234004197	

Abbildung 93 – Vergleich zwischen den langen Systemnamen (oben) und der Arbeitsnummerierung (unten)

Um für die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde die Projekte fertig zu stellen, folgt mit der Erzeugung der ALKIS-NAS-Datei und des Koordinatenverzeichnisses der letzte Schritt der Auswertung. Hierfür wird nach der Umnummerierung und Attributierung aus dem Programmsystem GEOgraf heraus das Makro „KVZ-FFR.CSV-Export“ gestartet. Diese erzeugte Datei enthält alle in dem bearbeiteten GEOgraf-Projekt nummerierten Punkte und wird als „KVZ-FFR.CSV“-Datei gespeichert. Anschließend folgt über das Marko „ALKIS-NAS-Export Fortführungsauftrag“ die Zusammenstellung für die Erstellung des Koordinatenverzeichnisses (KVZ). In dem folgenden Dialogfenster wird dann die für die untere Vermessungs- und Geoinformationsbehörde benötigte NAS-Übergabe-Datei als XML-Datei erzeugt. Die Erstellung des Koordinatenverzeichnisses wird anschließend aus drei verschiedenen Dateien durchgeführt. Zum einen aus den von der unteren Vermessungs- und Geoinformationsbehörde bereitgestellten Ausgangsdaten (ALKIS-NAS-Datenbestand), zum anderen aus der bereits erzeugten NAS-Übergabedatei sowie der FFR.CSV-Datei (Abbildung 94). Die Dateien werden für die Erstellung des Koordinatenverzeichnisses als CSV-Datei benötigt und daher vorher noch konvertiert.

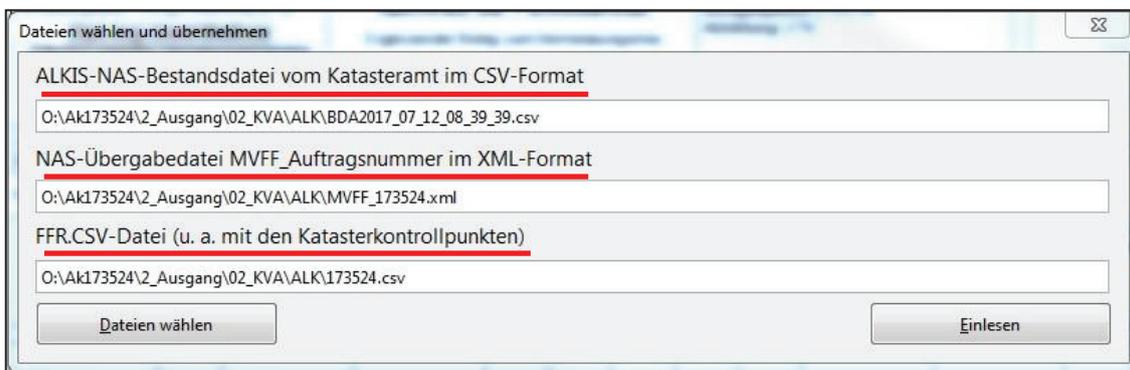


Abbildung 94 – Erstellung des Koordinatenverzeichnisses

Anschließend ist das neu erstellte Koordinatenverzeichnis vorhanden (Abbildung 95). Neben den Koordinaten der jeweiligen Punkte werden die wichtigsten Attribute ebenfalls aufgeführt.

AK173523 - Seite 5 von 18

Vorhandene Punkte mit zu ändernden Koordinaten Punkt-Nr.	Objekt- art	Sollkoordinaten (ALKIS-Datenbank)		DPL	GST	VWL	LZK	Art	Istkoordinaten (gemessen oder berechnet)		Soll - Ist Koordinaten			Abwei- chung	Bemerkung
		Ostwert (E)	Nordwert (N)						Ostwert (E)	Nordwert (N)	dE cm	dN cm	d cm (*)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
334593020005613	GP	33430316,308	5620705,885	1090	2100	1100	n	1110	33430316,399	5620706,272	-9,1	-38,7	39,8		
334593021005682	GP	33430354,283	5621042,399	1800	3000	1100	n	1100	33430359,095	5621041,779	-481,2	62,0	455,2		
334593121002001	GP	33431753,000	5621722,472	1650	2300	1100	n	1100	33431753,192	5621722,752	-19,2	-28,0	34,0		
334593121002003	GP	33431797,872	5621720,497	1650	2300	1100	n	1100	33431798,188	5621720,649	-31,6	-15,2	35,1		
334593121002024	GP	33431736,031	5621638,912	1650	2300	1100	n	9500	33431736,877	5621638,948	-84,6	-3,6	84,7		
334593220001000	GP	33432819,199	5620979,935	1800	3000	1100	n	9500	33432819,123	5620977,207	7,6	-27,2	28,2		
334593221001036	GP	33432034,094	5621688,009	1800	3000	1100	n	9500	33432033,835	5621688,061	25,9	-5,2	26,4		
334593321001279	GP	33433647,159	5621178,590	1650	2300	1100	n	9500	33433647,873	5621179,048	-51,4	-245,8	251,1		

Neupunkte (vorgesehene Punkte sowie vorhandene Punkte, die erstmals nummeriert werden) Punkt-Nr.	Objekt- art	Sollkoordinaten (eier)		DPL	GST	VWL	LZK	Art	Istkoordinaten (gemessen oder berechnet)		Soll - Ist Koordinaten			Abwei- chung	Bemerkung
		Ostwert (E)	Nordwert (N)						Ostwert (E)	Nordwert (N)	dE cm	dN cm	d cm (*)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
334593020001639	SVP			1800	3000	1100		1230	33430851,085	5620820,373					
334593020001640	GP			1800	3000	1100		1110	33430855,152	5620894,086					
334593020001641	GP			1800	3000	1100		1110	33430885,988	5620894,412					
334593020001642	GP			1800	3000	1100		1110	33430705,270	5620894,643					

Abbildung 95 – Ausschnitt eines Koordinatenverzeichnisses mit den relevanten Attributen

5.8.1 Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk)

In den drei Tagen im vermessungstechnischen Außendienst wurden insgesamt fünf Punkte (siehe Kapitel 5.6.1) vorgefunden. Dies führte zu einer Stabilisierung der Netzkonfiguration und zur geforderten Genauigkeitssteigerung, sodass das Projekt zum Abschluss gebracht werden konnte.

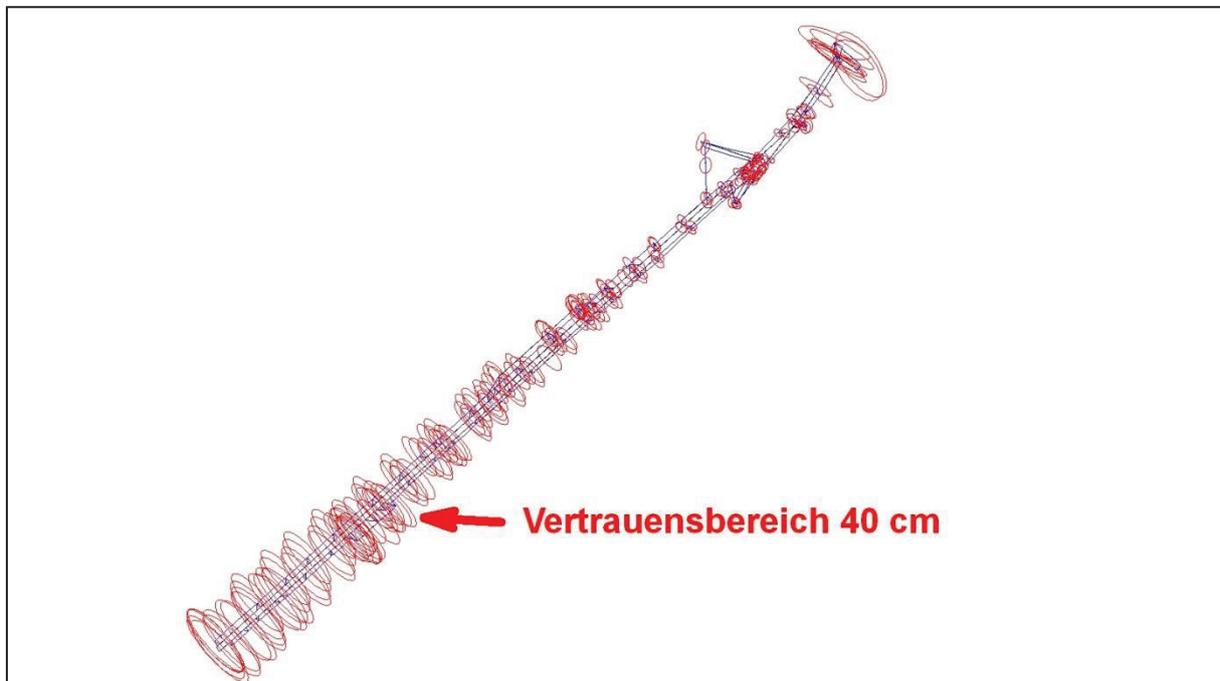


Abbildung 96 – Fehlerellipsen vor der Ausgleichsberechnung

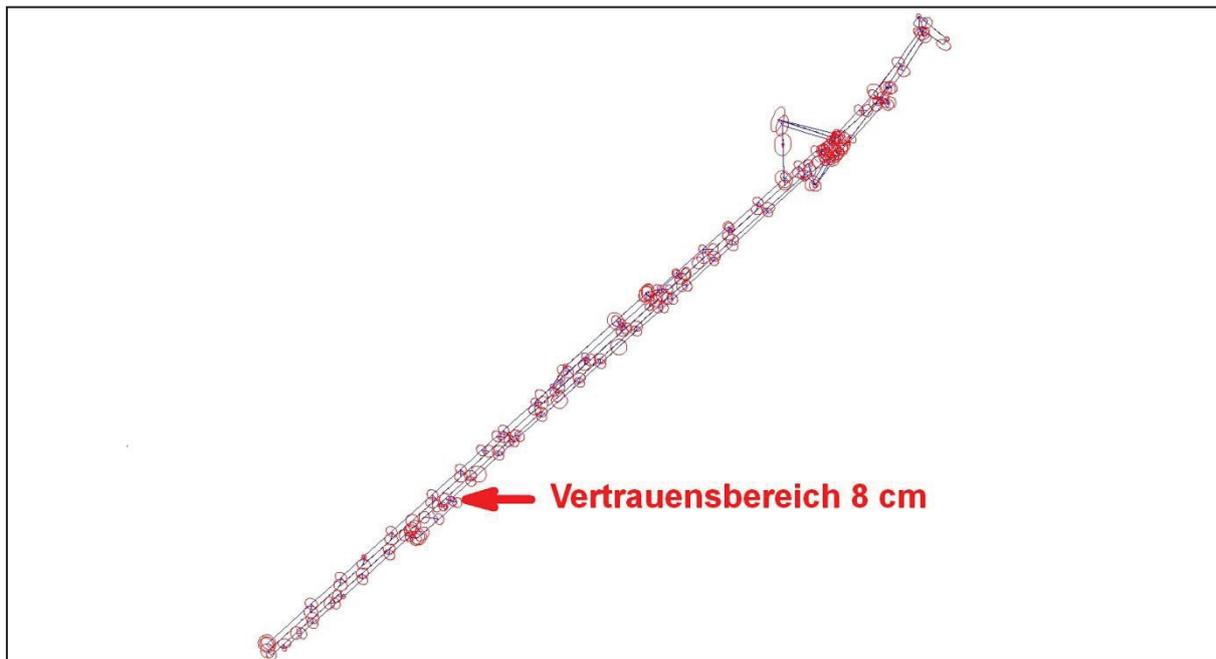


Abbildung 97 – Fehlerellipsen nach der Ausgleichsberechnung

Um das Systra-Arbeitsprojekt abzuschließen, wurde das Systra-Protokoll geprüft und parallel dazu der Erläuterungsbericht erarbeitet.

	Anzahl
Insgesamt berechnete Punkte	203
Festpunkte	52
<ul style="list-style-type: none"> • verwendete vorgefundene Punkte <ul style="list-style-type: none"> ○ vorgefundene Punkte ○ vorhandene ALKIS-Punkte • vergleichende Punkte <ul style="list-style-type: none"> ○ Punkte innerhalb des 3-σ-Bereichs ○ Punkte außerhalb des 3-σ-Bereichs 	13 5 8 39 33 6
Neupunkte	151
<ul style="list-style-type: none"> • Hilfspunkte • Neupunkte (GP, PP ...) 	81 70
Beobachtungen	203
<ul style="list-style-type: none"> • Systeme (Messungslinien) • Sonstige Beobachtungen (Spannmaße) 	36 167

Tabelle 15 – Übersicht über die Anzahl der Punkte und Beobachtungen

In der Liste der größten normierten Verbesserungen (Abbildung 98) sind vier Festpunkte enthalten, die das Quantil von 3,29 überschreiten. Das die Festpunkte in der Liste der größten normierten Verbesserungen enthalten sind, liegt daran, dass eine Ausgleichung unter Zwang mit weichem Datum, auch dynamische Ausgleichung genannt, durchgeführt wurde. Mit der dynamischen Ausgleichung besteht somit die Möglichkeit, die Qualität der Festpunkte zu überprüfen. Sie werden somit mit einer Standardabweichung von 3cm belegt (siehe Kapitel 3.6). Sollten die Festpunktkoordinaten fehlerbehaftet sein, würden die daraus resultierenden Netzspannungen sich direkt auf die zu bestimmenden Neupunkte auswirken. In der Liste sind auch zwei Festpunkte vorhanden, die in der Örtlichkeit aufgemessen wurden. Der Grund für einen solchen fehlerhaften Festpunkt kann zum einen ein fehlerhaftes Aufmaß sein oder zum anderen, ein Grenzstein, der sich über Jahrzehnte lage- als auch höhenmäßig signifikant in der Örtlichkeit verändert hat. An den in der Abbildung 99 zu sehenden hochgeschwämmten Grenzstein ist die Anwendung der dynamischen Ausgleichung ein Paradebeispiel.

Größte normierte Verbesserungen												
LfdNr	Beobachtungstyp	Katasternachweis	System/Punkt	Punkt/Von Punkt	Nach Punkt	Beobachtung	S (v)	NV ()	EV (%)			
1	Referenzpunkt (XX)			85-02680	5928726.764	33431821.227	m	3.0	cm	5.8****	18.4	
2	Referenzpunkt (XX)			85-02612	5928623.710	33431652.908	m	3.0	cm	3.8****	11.2	
3	Referenzpunkt (XX)				334593229006731	5929019.070	33432068.692	m	3.0	cm	3.5****	17.2
4	Referenzpunkt (XX)				334593229005616	5929461.022	33432619.179	m	3.0	cm	3.4****	16.8
5	Abszisse	1927230012_102	S	L007	85-02680		473.400	m	5.0	cm	3.0	77.7
6	Abszisse	1927230012_106	S	L015	334593229007586		7.050	m	5.0	cm	2.7	51.9
7	Abszisse	1927230012_106	S	L015	85-02309		4.950	m	5.0	cm	2.7	60.3
8	Spannmaß	1927230012_105			334593229005616	334593229005629	14.980	m	5.4	cm	2.7	66.2
9	Referenzpunkt (XX)				334593229005615	5929483.198	33432653.080	m	3.0	cm	2.5	21.9
10	Ordinate	1941230035_102	S	L026	334593229006731		-24.830	m	5.0	cm	2.5	69.0
...												
...												

Abbildung 98 – Liste der größten normierten Verbesserungen



Abbildung 99 – Beispiel für ein hochgeschwämmten Grenzstein

Als nächsten Schritt folgt die Kontrolle der ausgeglichenen Referenzkoordinaten. Hier wurden bei den Punkten 7588, 6838, 6821 und den bereits in dem Kapitel 5.5.1 angesprochenen Punkten 4193, 4207 und 4208 Abweichungen außerhalb des 3- σ -Bereichs festgestellt. Die Standardabweichung der berechneten Punkte liegt im Mittel bei 5cm, was einen 3- σ -Bereich von 15cm ergibt.

Bei den Punkten 4193, 4207 und 4208 liegen die Abweichungen zu den ALKIS-Koordinaten in einem Bereich von 70cm bis zu 3m. Diese Abweichungen sind auf die Nichtwürdigung des Fortführungsrissees von 1942 zurückzuführen. Die Punkte wurden grafisch ermittelt und sind so in ALKIS übernommen worden.

Der Punkt 7588, der außerhalb des 3- σ -Bereichs liegt, befindet sich westlich der vom Lochstein 6 zum Lochstein 7 verlaufenden Messungslinie. Hier ist bei genauerer Betrachtung ein Widerspruch zwischen dem Nachweis des Fortführungsrissees 20100300054_103 und dem berechneten Punkt durch die Ausgleichung festgestellt worden (Abbildung 100). Abgebildet sind zwei Grenzsteine, die auf der Messungslinie bei 7,05m und 91,45m aufgewinkelt wurden. Die Grenzlänge zwischen den beiden Grenzsteinen wurde mit 84,8m angegeben. Auf dieser Messungslinie zwischen den beiden Punkten geht bei 77,5m eine Grenze nach Westen ab (Punkt 7588). Die Entstehungsmaße des unvermarkten Grenzpunkts sind bei der Wiederherstellung in dem Fortführungsrisse 20100300054_103 nicht berücksichtigt worden. Die Messungslinie wurde mit 84,8m aufgebaut, allerdings in falscher Richtung und bei einem Maß von 4,8m. Da die Differenz 7,3m beträgt, ist auch noch ein fehlerhaftes Abszissenmaß gewählt worden.

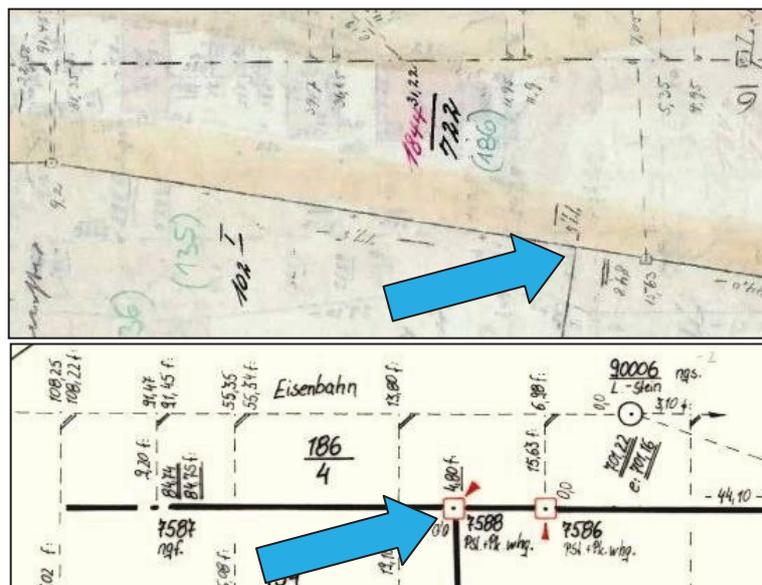


Abbildung 100 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (oben) und dem Fortführungsrisse von 2010 (unten)

Die letzten beiden Punkte, die außerhalb des 3- σ -Bereichs fallen, sind die Punkte 6838 und 6821. Hier lässt sich ebenfalls ein Widerspruch zwischen dem Nachweis des Fortführungsrisse 2008300069_105 und den berechneten Punkten durch die Ausgleichung feststellen. Im Zuge der Straßenschlussvermessung wurde der Punkt 6838 nicht unter Verwendung des Feldbuchs von 1912 berechnet, obwohl dieser eindeutig zwischen den beiden Grenzsteinen als unvermarkter Punkt bei 55,9m liegt (Abbildung 101).

Bei dem Punkt 6821 ist entsprechendes passiert. Die Messungslinie zwischen den beiden aufgewinkelten Grenzsteinen beträgt gemäß Feldbuch von 1912 99,98m und der unvermarkte Punkt (6821) liegt bei 51,3m. Die Katasterzahlen, auf der die Messung aufgebaut wurde, stammen ebenfalls aus einer späteren Messung (Abbildung 102).

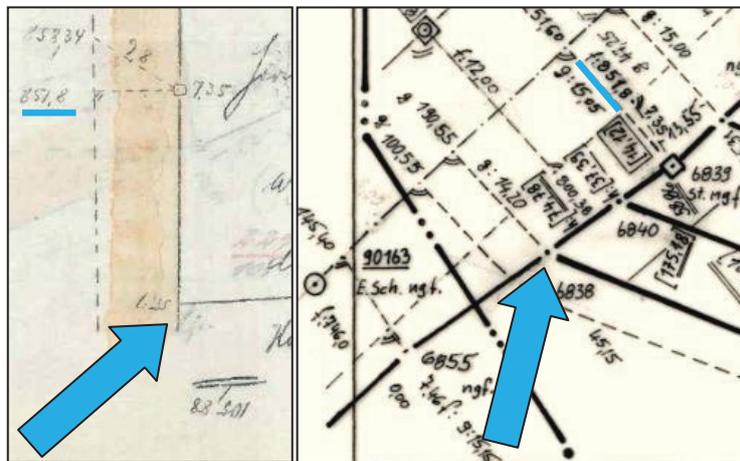


Abbildung 101 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (links) und dem Fortführungsrisse von 2010 (rechts)

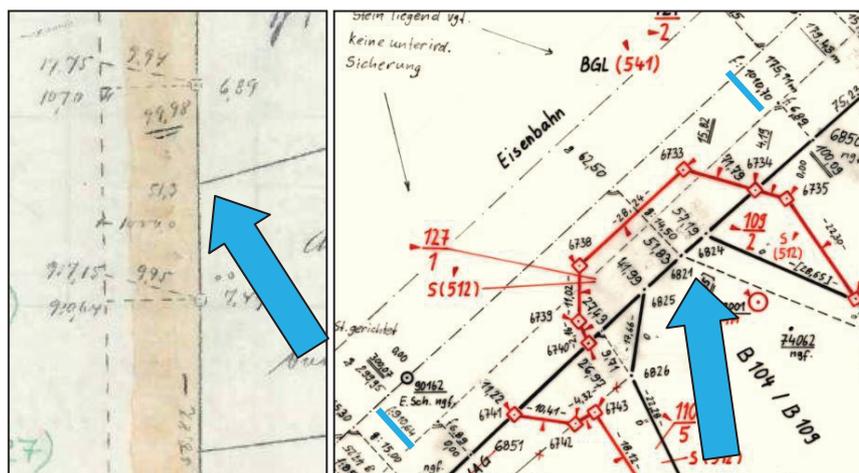


Abbildung 102– Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (links) und dem Fortführungsrisse von 2010 (rechts)

Nachdem die letzte Kontrolle abgeschlossen war, welche Beobachtungen stochastisch ausgeschaltet sind und deren Begründung im Erläuterungsbericht aufgeführt wurden, folgt die Umnummerierung und die Attributvergabe für die Punkte. Hierfür wurden die Punkte wie in Tabelle 16 klassifiziert.

Punktart	Beispielpunkt	Erklärung Beweis / Foto																																																																																								
Neupunkte (berechnet, nicht gemessen)	85-02309	<ul style="list-style-type: none"> digitalisierte Koordinate mit Systra berechnet wurde nicht aufgesucht Koordinate wird neu eingeführt 																																																																																								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>85-02300</td> <td>33432723.770</td> <td>5929577.931</td> <td>102.1</td> <td>4.1</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>4.1</td> <td>3.3</td> </tr> <tr> <td>85-02307</td> <td>33432740.149</td> <td>5929567.288</td> <td>140.0</td> <td>4.0</td> <td>3.7</td> <td>3.8</td> <td>3.9</td> <td>5.4</td> </tr> <tr> <td>85-02308</td> <td>33432734.952</td> <td>5929562.766</td> <td>125.1</td> <td>3.9</td> <td>3.7</td> <td>3.7</td> <td>3.8</td> <td>5.3</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>85-02309</td> <td>33432728.723</td> <td>5929566.507</td> <td>134.8</td> <td>3.3</td> <td>2.8</td> <td>2.9</td> <td>3.2</td> <td>4.3</td> </tr> <tr> <td>85-02442</td> <td>33432063.499</td> <td>5929010.830</td> <td>151.2</td> <td>4.0</td> <td>3.3</td> <td>3.7</td> <td>3.7</td> <td>5.2</td> </tr> <tr> <td>85-02608</td> <td>33431454.376</td> <td>5928444.020</td> <td>148.6</td> <td>4.8</td> <td>3.9</td> <td>4.4</td> <td>4.4</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td>85-02609</td> <td>33431544.110</td> <td>5928525.372</td> <td>136.9</td> <td>4.4</td> <td>3.6</td> <td>3.8</td> <td>4.2</td> <td>5.7</td> </tr> </tbody> </table>			85-02300	33432723.770	5929577.931	102.1	4.1	3.0	3.0	4.1	3.3	85-02307	33432740.149	5929567.288	140.0	4.0	3.7	3.8	3.9	5.4	85-02308	33432734.952	5929562.766	125.1	3.9	3.7	3.7	3.8	5.3	85-02309	33432728.723	5929566.507	134.8	3.3	2.8	2.9	3.2	4.3	85-02442	33432063.499	5929010.830	151.2	4.0	3.3	3.7	3.7	5.2	85-02608	33431454.376	5928444.020	148.6	4.8	3.9	4.4	4.4	6.2	85-02609	33431544.110	5928525.372	136.9	4.4	3.6	3.8	4.2	5.7																									
85-02300	33432723.770	5929577.931	102.1	4.1	3.0	3.0	4.1	3.3																																																																																		
85-02307	33432740.149	5929567.288	140.0	4.0	3.7	3.8	3.9	5.4																																																																																		
85-02308	33432734.952	5929562.766	125.1	3.9	3.7	3.7	3.8	5.3																																																																																		
85-02309	33432728.723	5929566.507	134.8	3.3	2.8	2.9	3.2	4.3																																																																																		
85-02442	33432063.499	5929010.830	151.2	4.0	3.3	3.7	3.7	5.2																																																																																		
85-02608	33431454.376	5928444.020	148.6	4.8	3.9	4.4	4.4	6.2																																																																																		
85-02609	33431544.110	5928525.372	136.9	4.4	3.6	3.8	4.2	5.7																																																																																		
Neupunkte (aufgemessen)	85-02624	<ul style="list-style-type: none"> mit GNSS aufgemessener Punkt (Untervermarkung von 1942) 																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ennzeichen</th> <th>S (v) P cm</th> <th>V-Y cm</th> <th>EV-Y %</th> <th>GF-Y cm</th> <th>NV-Y</th> <th>V-X cm</th> <th>EV-X %</th> <th>GF-X cm</th> <th>NV-X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>85-02680</td> <td>3.0</td> <td>5.5</td> <td>20.4</td> <td>-27.1</td> <td>5.8***</td> <td>2.0</td> <td>16.3</td> <td>-12.3</td> <td>2.3</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>85-02624</td> <td>3.0</td> <td>1.0</td> <td>18.1</td> <td>-5.5</td> <td>1.1</td> <td>0.1</td> <td>23.4</td> <td>-0.6</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>85-00016</td> <td>3.0</td> <td>-0.8</td> <td>20.1</td> <td>3.8</td> <td>0.8</td> <td>-1.9</td> <td>24.5</td> <td>7.8</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>85-02612</td> <td>3.0</td> <td>-2.6</td> <td>10.6</td> <td>24.9</td> <td>3.8***</td> <td>-0.7</td> <td>11.8</td> <td>6.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>229005635</td> <td>9999.9</td> <td>11.7</td> <td>100.0</td> <td>11.7</td> <td>0.0</td> <td>2.6</td> <td>100.0</td> <td>2.6</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>			ennzeichen	S (v) P cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X	85-02680	3.0	5.5	20.4	-27.1	5.8***	2.0	16.3	-12.3	2.3	85-02624	3.0	1.0	18.1	-5.5	1.1	0.1	23.4	-0.6	0.1	85-00016	3.0	-0.8	20.1	3.8	0.8	-1.9	24.5	7.8	1.8	85-02612	3.0	-2.6	10.6	24.9	3.8***	-0.7	11.8	6.0	1.0	229005635	9999.9	11.7	100.0	11.7	0.0	2.6	100.0	2.6	0.0																												
ennzeichen	S (v) P cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X																																																																																	
85-02680	3.0	5.5	20.4	-27.1	5.8***	2.0	16.3	-12.3	2.3																																																																																	
85-02624	3.0	1.0	18.1	-5.5	1.1	0.1	23.4	-0.6	0.1																																																																																	
85-00016	3.0	-0.8	20.1	3.8	0.8	-1.9	24.5	7.8	1.8																																																																																	
85-02612	3.0	-2.6	10.6	24.9	3.8***	-0.7	11.8	6.0	1.0																																																																																	
229005635	9999.9	11.7	100.0	11.7	0.0	2.6	100.0	2.6	0.0																																																																																	
Festpunkte (bisherige Koordinaten)	334593229005635	<ul style="list-style-type: none"> Festpunkt hat in Y-Richtung nur 6,6cm und in X-Richtung nur 4,7cm Abweichung Abweichungen befinden sich innerhalb des 3-σ-Bereichs Entscheidung: bisherige Koordinate wird beibehalten 																																																																																								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>229005648</td> <td>9999.9</td> <td>-8.0</td> <td>100.0</td> <td>8.0</td> <td>0.0</td> <td>-2.0</td> <td>100.0</td> <td>2.0</td> <td>0.0</td> <td>8.2</td> </tr> <tr> <td>128094011</td> <td>3.0</td> <td>-1.5</td> <td>14.6</td> <td>10.3</td> <td>1.8</td> <td>0.0</td> <td>11.7</td> <td>0.1</td> <td>0.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>229005644</td> <td>9999.9</td> <td>-11.6</td> <td>100.0</td> <td>11.6</td> <td>0.0</td> <td>-5.9</td> <td>100.0</td> <td>5.9</td> <td>0.0</td> <td>13.0</td> </tr> <tr> <td>229005636</td> <td>9999.9</td> <td>-6.7</td> <td>100.0</td> <td>6.7</td> <td>0.0</td> <td>-4.4</td> <td>100.0</td> <td>4.4</td> <td>0.0</td> <td>8.0</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>229005635</td> <td>9999.9</td> <td>-6.6</td> <td>100.0</td> <td>6.6</td> <td>0.0</td> <td>-4.7</td> <td>100.0</td> <td>4.7</td> <td>0.0</td> <td>8.1</td> </tr> <tr> <td>229005630</td> <td>9999.9</td> <td>-6.4</td> <td>100.0</td> <td>6.4</td> <td>0.0</td> <td>-8.0</td> <td>100.0</td> <td>8.0</td> <td>0.0</td> <td>10.2</td> </tr> <tr> <td>229005629</td> <td>9999.9</td> <td>-8.6</td> <td>100.0</td> <td>8.6</td> <td>0.0</td> <td>-5.8</td> <td>100.0</td> <td>5.8</td> <td>0.0</td> <td>10.3</td> </tr> <tr> <td>229005628</td> <td>3.0</td> <td>-1.0</td> <td>21.4</td> <td>4.7</td> <td>1.0</td> <td>0.9</td> <td>22.1</td> <td>-4.0</td> <td>0.9</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>			229005648	9999.9	-8.0	100.0	8.0	0.0	-2.0	100.0	2.0	0.0	8.2	128094011	3.0	-1.5	14.6	10.3	1.8	0.0	11.7	0.1	0.0	1.5	229005644	9999.9	-11.6	100.0	11.6	0.0	-5.9	100.0	5.9	0.0	13.0	229005636	9999.9	-6.7	100.0	6.7	0.0	-4.4	100.0	4.4	0.0	8.0	229005635	9999.9	-6.6	100.0	6.6	0.0	-4.7	100.0	4.7	0.0	8.1	229005630	9999.9	-6.4	100.0	6.4	0.0	-8.0	100.0	8.0	0.0	10.2	229005629	9999.9	-8.6	100.0	8.6	0.0	-5.8	100.0	5.8	0.0	10.3	229005628	3.0	-1.0	21.4	4.7	1.0	0.9	22.1	-4.0	0.9	1.4
229005648	9999.9	-8.0	100.0	8.0	0.0	-2.0	100.0	2.0	0.0	8.2																																																																																
128094011	3.0	-1.5	14.6	10.3	1.8	0.0	11.7	0.1	0.0	1.5																																																																																
229005644	9999.9	-11.6	100.0	11.6	0.0	-5.9	100.0	5.9	0.0	13.0																																																																																
229005636	9999.9	-6.7	100.0	6.7	0.0	-4.4	100.0	4.4	0.0	8.0																																																																																
229005635	9999.9	-6.6	100.0	6.6	0.0	-4.7	100.0	4.7	0.0	8.1																																																																																
229005630	9999.9	-6.4	100.0	6.4	0.0	-8.0	100.0	8.0	0.0	10.2																																																																																
229005629	9999.9	-8.6	100.0	8.6	0.0	-5.8	100.0	5.8	0.0	10.3																																																																																
229005628	3.0	-1.0	21.4	4.7	1.0	0.9	22.1	-4.0	0.9	1.4																																																																																
Festpunkte (neue Koordinaten)	334593229004208	<ul style="list-style-type: none"> grafisch ermittelter Punkt, obwohl Katasternachweis vorhanden (Unterlagen nicht gewürdigt) 2,15m in Y-Richtung und 1,82m in X-Richtung befindet sich die neue Koordinate Punkt hat sich signifikant geändert Entscheidung: neue Koordinate wird eingeführt 																																																																																								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>229005628</td> <td>3.0</td> <td>-1.0</td> <td>21.4</td> <td>4.7</td> <td>1.0</td> <td>0.9</td> <td>22.1</td> <td>-4.0</td> <td>0.9</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>229005616</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>17.3</td> <td>-17.2</td> <td>3.4***</td> <td>2.1</td> <td>16.2</td> <td>-12.8</td> <td>2.4</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>229005615</td> <td>3.0</td> <td>-2.5</td> <td>21.9</td> <td>11.5</td> <td>2.5</td> <td>-0.9</td> <td>22.0</td> <td>4.2</td> <td>0.9</td> <td>2.7</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>229004208</td> <td>9999.9</td> <td>215.1</td> <td>100.0</td> <td>-215.1</td> <td>0.0</td> <td>182.1</td> <td>100.0</td> <td>-182.1</td> <td>0.0</td> <td>281.8</td> </tr> <tr> <td>229004207</td> <td>9999.9</td> <td>191.3</td> <td>100.0</td> <td>-191.3</td> <td>0.0</td> <td>241.9</td> <td>100.0</td> <td>-241.9</td> <td>0.0</td> <td>308.4</td> </tr> <tr> <td>229004199</td> <td>9999.9</td> <td>4.2</td> <td>100.0</td> <td>-4.2</td> <td>0.0</td> <td>-0.9</td> <td>100.0</td> <td>0.9</td> <td>0.0</td> <td>4.3</td> </tr> <tr> <td>229004198</td> <td>9999.9</td> <td>-0.9</td> <td>100.0</td> <td>0.9</td> <td>0.0</td> <td>-3.9</td> <td>100.0</td> <td>3.9</td> <td>0.0</td> <td>4.0</td> </tr> </tbody> </table>			229005628	3.0	-1.0	21.4	4.7	1.0	0.9	22.1	-4.0	0.9	1.4	229005616	3.0	3.0	17.3	-17.2	3.4***	2.1	16.2	-12.8	2.4	3.6	229005615	3.0	-2.5	21.9	11.5	2.5	-0.9	22.0	4.2	0.9	2.7	229004208	9999.9	215.1	100.0	-215.1	0.0	182.1	100.0	-182.1	0.0	281.8	229004207	9999.9	191.3	100.0	-191.3	0.0	241.9	100.0	-241.9	0.0	308.4	229004199	9999.9	4.2	100.0	-4.2	0.0	-0.9	100.0	0.9	0.0	4.3	229004198	9999.9	-0.9	100.0	0.9	0.0	-3.9	100.0	3.9	0.0	4.0											
229005628	3.0	-1.0	21.4	4.7	1.0	0.9	22.1	-4.0	0.9	1.4																																																																																
229005616	3.0	3.0	17.3	-17.2	3.4***	2.1	16.2	-12.8	2.4	3.6																																																																																
229005615	3.0	-2.5	21.9	11.5	2.5	-0.9	22.0	4.2	0.9	2.7																																																																																
229004208	9999.9	215.1	100.0	-215.1	0.0	182.1	100.0	-182.1	0.0	281.8																																																																																
229004207	9999.9	191.3	100.0	-191.3	0.0	241.9	100.0	-241.9	0.0	308.4																																																																																
229004199	9999.9	4.2	100.0	-4.2	0.0	-0.9	100.0	0.9	0.0	4.3																																																																																
229004198	9999.9	-0.9	100.0	0.9	0.0	-3.9	100.0	3.9	0.0	4.0																																																																																

Tabelle 16 – Unterteilung der Punkte (Projekt Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“)

Nach der Umnummerierung folgte die Attributvergabe nach den in der Tabelle 16 klassifizierten Punkten. Am Beispiel des Neupunkts 6345 ist in der Abbildung 103 die Attributvergabe zu sehen. Der Punkt wurde damals als Grenzstein ohne unterirdische Sicherung abgemerkt. Der 26. April 1912 ist Zeitpunkt der Entstehung. Hier wird immer das älteste Datum des Feldbuchs eingetragen. Bei dem Erhebungsdatum dagegen wird der letzte Vermessungsmesstag eingetragen. Die Attribute des Punkorts werden durch die Attribute Genauigkeitsstufe (GST), Koordinatenstatus (KST), Vertrauenswürdigkeit (VWL), Herkunft (DES) und der Lagezuverlässigkeit (LZK) beschrieben, wobei die Genauigkeitsstufe und die Vertrauenswürdigkeit nach dem Ausgleichsergebnis vergeben werden.

Abbildung 103 – Attributübersicht für einen berechneten Neupunkt

Nach der Ummummerierung und Attributierung der Punkte folgt die nach den neuen QL-Erfassungshinweisen vorgeschriebene Ausarbeitung der Systemnamen. Bei der praktischen Ausarbeitung der Projekte sind Probleme aufgetreten, die bei der entsprechenden Arbeitsgruppe angesprochen werden sollten.

Ein gravierendes Problem ist, dass die Spannmaße keine Systemnamen erhalten. Für die spätere Bearbeitung in der QL-Datenbank, ist es dem Bearbeiter somit nicht ersichtlich, aus welcher Vermessung das Spannmaß stammt. Sind mehrere Vermessungen in der QL-Datenbank vorhanden, kommt es zu einer Überlagerung der Spannmaße. Hätten die Spannmaße eine Kodierung, wie beispielsweise die Messungslinien, wären sie nicht nur eindeutig den verschiedenen Messungen zuzuordnen, sondern dem Bearbeiter wäre sofort ersichtlich, welches das ursprüngliche Spannmaß ist. Die Abbildung 104 zeigt das Problem in aller Deutlichkeit. Die Spannmaße aus verschiedenen Epochen (in dem Beispiel von 1912 und 1941) liegen übereinander und können ohne Systemnamen nicht zugeordnet werden. Daher ist es anzustreben, die Spannmaße über den Katasternachweis, der in Programmsystem Systra vergeben werden kann, zuzuordnen.

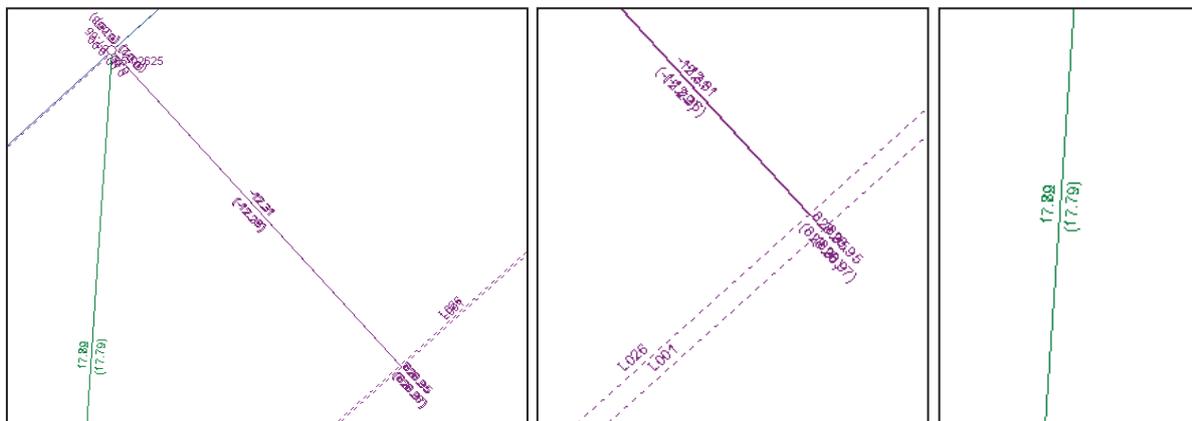


Abbildung 104 – Ausschnitte aus dem Programmsystem Systra

Ein weiteres Problem ist, dass es keine Vorgaben gibt, wenn eine Messungslinie durch/über mehrere Fluren verläuft. Bei der Vergabe der Systemnamen muss selbst entschieden werden, welcher Flur die Beobachtungen (Messungslinien usw.) zugeordnet werden. Dieses Problem ist bei dem Projekt vorhanden. Sechs der acht Risse gehören zu einem Riss (1927230012). Die ersten vier Blätter gehören zur Flur 1 und das fünfte und sechste Blatt gehören zur Flur 28. Genauso sieht es bei dem siebenten und achten Riss aus (1941230035). Beide Blätter betreffen zwei Flure. Wie soll sich der Bearbeiter bei einem solchen Problem verhalten?

Letztendlich wurde die Entscheidung getroffen, die Kodierung der Beobachtungen so zu nummerieren, wonach sich der Systemname nach dem Blatt richtet, von dem die Beobachtung ausgeht.

Ein weiterer Diskussionspunkt sind die Systemnamen der Arbeitspunktnummern (Hilfspunkte). Sie sind gegenüber den Kodierungen der Beobachtungen nicht Rissbezogen, sondern Flurbezogen. In der QL-Datenbank ist es somit nicht erkennbar, aus welcher Vermessung der Hilfspunkt stammt.

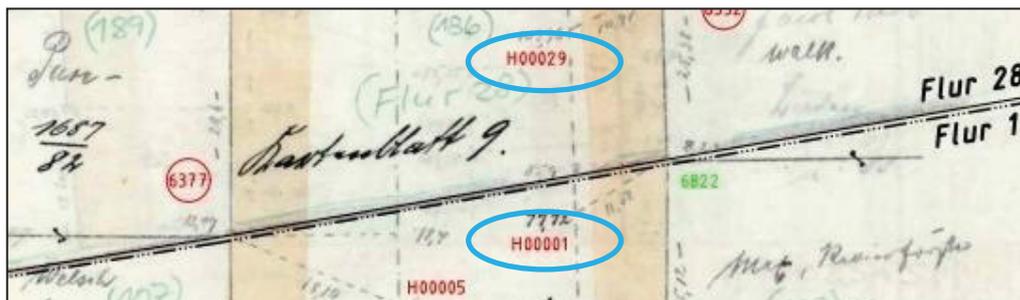


Abbildung 105 – Flurbezogene Hilfspunkte im bearbeiteten Fortführungsriß

Nachdem alle Punkte, Beobachtungen und Beobachtungsgruppen mit den nach den neuen QL-Erfassungshinweisen geforderten Punktkennzeichen belegt wurden, folgt die Ausarbeitung des Übersichtsplans und der Fortführungsrisse. Die Darstellung des Übersichtsplans wurde im Maßstab 1:5000 bearbeitet.

Um das Projekt endgültig abzuschließen, erfolgte die Erstellung der NAS-Fortführung und des Koordinatenverzeichnisses.

5.8.2 Bodenreformgebiet „Damerow“

Die mittels SAPOS aufgemessenen vorgefunden Punkte wurden mit der Software Leica GeoOffice ausgewertet. Zum Nachweis der geometrischen Eindeutigkeit sind die tachymetrisch aufgemessenen Punkte des Polygonzuges mit dem Programmsystem CAPLAN ausgeglichen und ausgewertet worden. Die Anfangs- und Endpunkte des Polygonzuges wurden je zweimal unabhängig voneinander mit SAPOS aufgemessen (97001, 97002, 97003, 97008, 97009 und 97010). Diese Anfangs- und Endpunkte dienten bei der Ausgleichung als Festpunkte. Dieser beidseitig angeschlossene Polygonzug wurde über den digitalen Datenfluss in das Programmsystem CAPLAN eingelesen. Mithilfe der Punktstapelberechnung findet eine Vorausgleichung statt, die der Eliminierung grober Fehler dient. Danach folgte der Aufbau des Lagenetzes, in dem u.a. die Genauigkeiten der Festpunkte und der Beobachtungen (Strecken-, Richtungs- und Zentriergenauigkeit des benutzten Vermessungsinstruments) eingestellt wurden. Anschließend wurde die „Ausgleichung unter Zwang mit weichem Datum“ durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass der Globaltest nicht verletzt wurde und die größte normierte Verbesserung bei dem Baarda-Test (Lokaltest) mit 3,28 unterhalb des Schwellenwerts 3,29 lag. Durch die Wahl des stochastischen Modells mit $2\text{mm}+2\text{ppm}$ für die Streckengenauigkeit und $1\text{mgon}+1\text{mm}$ (Zentrierfehler) für die Richtungengenauigkeit ist das ein gutes Ergebnis. Dessen ungeachtet muss das Protokoll betrachtet und auf mögliche grobe Fehler analysiert werden. Wobei in den CAPLAN-Protokollen nicht der GF-Wert, sondern der EP-Wert angezeigt wird. Dieser EP-Wert gibt den Einfluss eines eventuellen groben Fehlers auf den die Messung berührenden Punkt an. Mit diesem EP-Wert wird geprüft, wie sich die Lage des Punktes ändern würde, wenn dieser Messwert nicht mehr an der Ausgleichung teilnimmt (siehe Kapitel 3.5.2.2). Der größte EP-Wert in dem Protokoll des Polygonzuges beträgt 2,6mm (siehe Abbildung 106). Somit ist sichergestellt, dass die geforderten Qualitätsanforderungen der aufgemessenen Punkte eingehalten wurden und das Projekt zum Abschluss gebracht werden konnte.

Hier ist darauf hinzuweisen, dass Nordrhein-Westfalen als erstes Bundesland ab dem 1. Januar 2019 verpflichtend die Ausgleichung für Liegenschaftsvermessungen eingeführt hat (Gräfrath, 2017) und es eine Frage der Zeit ist, bis die übrigen Bundesländer nachziehen.

VERBESSERUNG DER HORIZONTALSTRECKEN =====									
Von Standpunkt									
Nach	Zielpunkt	beobachtet	Korr	Verb	ausgeglichen	G-Sigma	RA	EP	NV
		(m)	(mm)	(mm)	(m)	(mm)	%	(mm)	
	97005								
	97004	93.7633	0.0	-0.3	93.7629	2.2	67	0.2	0.2
	97004	93.7646	0.0	-1.7	93.7629	2.2	67	0.8	0.9
	97006	29.7967	0.0	3.7	29.8004	2.1	68	-1.8	2.2
	R034	47.4570	0.0	1.1	47.4581	2.1	70	-0.4	0.6
	R034	47.4568	0.0	1.3	47.4581	2.1	70	-0.6	0.8

	97006								
	85-00620	38.0731	0.0	-4.9	38.0682	2.1	79	1.3	2.7
	97005	29.8060	0.0	-5.6	29.8004	2.1	68	2.6	3.3
	R034	20.2444	0.0	-1.3	20.2430	2.0	78	0.4	0.7

	97007								
	85-00604	46.2759	0.0	0.3	46.2762	2.1	51	-0.3	0.2
	85-00603	9.7263	0.0	0.1	9.7264	2.0	34	-0.2	0.1
	97008	35.6259	0.0	0.5	35.6264	2.1	63	-0.3	0.3

Abbildung 106 – Ausschnitt aus dem Protokoll des Programmsystems CAPLAN

	Anzahl
Insgesamt berechnete Punkte	563
Festpunkte	125
<ul style="list-style-type: none"> • verwendete vorgefundene Punkte <ul style="list-style-type: none"> ○ vorgefundene Punkte ○ vorhandene ALKIS-Punkte • vergleichende Punkte <ul style="list-style-type: none"> ○ Punkte innerhalb des 3-σ-Bereichs ○ Punkte außerhalb des 3-σ-Bereichs 	63
	21
	42
	62
	53
	9
Neupunkte	448
<ul style="list-style-type: none"> • Hilfspunkte • Neupunkte (GP, PP ...) 	105
	343
Beobachtungen	408
<ul style="list-style-type: none"> • Systeme (Messungslinien) • Sonstige Beobachtungen (Spannmaße) 	188
	220

Tabelle 17 – Übersicht über die Anzahl der Punkte und Beobachtungen

Bei diesem Projekt sind über 20 Widersprüche in den Katasterzahlen vorhanden. Allerdings konnten durch den großen Arbeitsaufwand in der Örtlichkeit mehrere Widersprüche aufgeklärt werden. Dies führte dazu, dass die Netzkonfiguration gefestigt und Genauigkeit gesteigert wurde (Abbildung 107 und Abbildung 108).

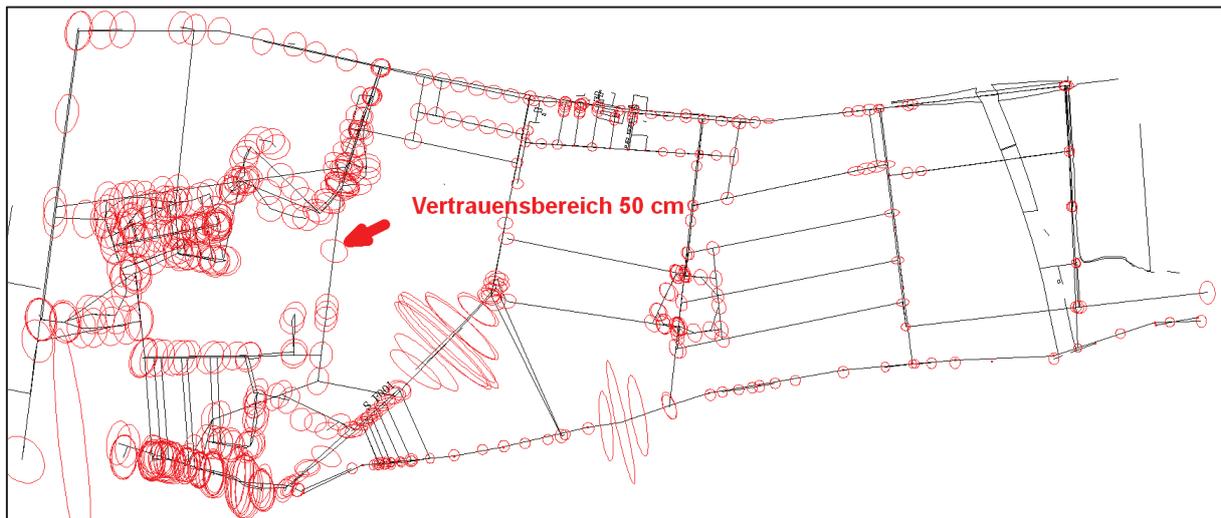


Abbildung 107 – Fehlerellipsen vor der Ausgleichsberechnung

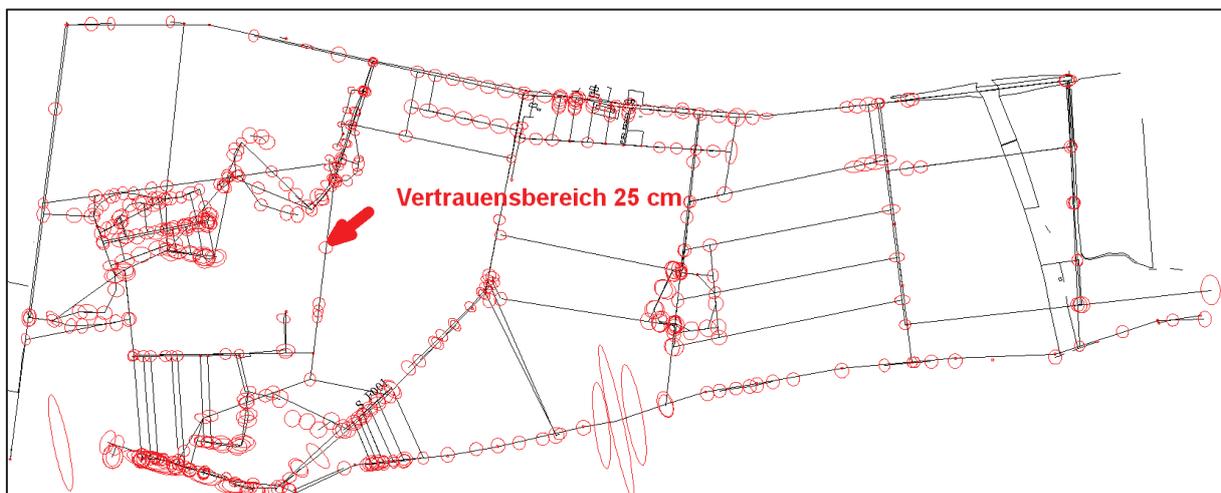


Abbildung 108 – Fehlerellipsen nach der Ausgleichsberechnung

In der Liste der größten normierten Verbesserungen (Abbildung 109) sind mehrere Beobachtungen enthalten, die das Quantil von 3,29 signifikant überschreiten. Hier sind zwei Beobachtungen der gleichen Messungslinie (L063) an der ersten und zweiten Zeile vertreten. Wenn zwei Abszissenwerte der gleichen Linie aufgeführt sind, kann das an fehlenden Beobachtungen oder an der schlechten Netzkonfiguration liegen. Wobei auch die Vermutung besteht, dass die beiden Abszissenmaße der Linie L063 nicht in einer Epoche gemessen worden sind. Da die im System eingegebene Messungslinie L063 im Jahre 1947 bereits eine bestehende Grenze war, könnte bei den Vermessungsarbeiten im Jahr 1947 nicht bei 0,00m angelegt worden sein, sondern bei dem bereits vorhandenen Läuferstein bei 338,8m (Abbildung 74). Wenn nun das 1947 gemessene Relativmaß zu kurz gemessen wurde und das ursprüngliche Maß (zu dem es keinen Nachweis gibt) zu dem Läuferstein (338,8m) zu lang, wäre es nicht möglich den Fehler endgültig aufzuklären.

Des Weiteren sind in der Liste der größten normierten Verbesserungen drei Festpunkte enthalten. Dies ist, wie bei dem Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk), darauf zurückzuführen, dass eine „Ausgleichung unter Zwang mit weichem Datum“ durchgeführt wurde. Somit wurde auch bei diesem Projekt die Qualität der Festpunkte überprüft.

Größte normierte Verbesserungen										
LfdNr	Beobachtungstyp	Katasternachweis	System/Punkt	Punkt/Von Punkt	Nach Punkt	Beobachtung	S (v)	NV()	EV(%)	
1	Abszisse	1947230501-150	S	L063	85-00591		400.500 m	10.0 cm	5.4***	65.6
2	Abszisse	1947230501-150	S	L063	334593020005613		0.000 m	10.0 cm	4.8***	34.0
3	Referenzpunkt (XY)				334593020005613	5920706.272	33430316.399 m	3.0 cm	4.5***	1.6
4	Referenzpunkt (XY)				85-00591	5921093.850	33430434.461 m	3.0 cm	4.4***	4.1
5	Referenzpunkt (XY)				334593121010060	5921814.837	33431327.052 m	3.0 cm	3.8***	5.8
6	Ordinate	1947230501-150	S	L068	85-00972		0.000 m	10.0 cm	3.6***	20.2
7	Abszisse	1947230501-122	S	L055	334593020001219		244.500 m	10.0 cm	3.3	26.0
8	Abszisse	1947230501-151	S	L043	85-00554		112.800 m	10.0 cm	3.2	44.7
9	Maßstab (XY)	1947230501-122	S	L055		4-PT	1.0008994	50.0 cm/km	3.2	31.9
10	Abszisse	1947230501-150	S	L063	85-00972		722.000 m	10.0 cm	3.2	20.1
...										

Abbildung 109 – Liste der größten normierten Verbesserungen

Als nächsten Schritt folgt die Kontrolle der ausgeglichenen Referenzkoordinaten. Hier wurden insgesamt bei neun in ALKIS vorhandenen Punkten zwischen den anhand der Fortführungsrisse berechneten Koordinaten der Punkte und den im ALKIS-Datenbestand vorhandenen Koordinaten Widersprüche festgestellt, wovon zwei näher erläutert werden. Diese Abweichungen liegen außerhalb des 3- σ -Bereichs. Die Standardabweichung (a posteriori) der berechneten Punkte liegt im Mittel bei 10cm, was einen 3- σ -Bereich von 30cm ergibt.

Die beiden Punkte, deren Abweichungen weit außerhalb des 3- σ -Bereichs liegen, sind die Punkte 1279 und 5682.

Der Punkt 1279, deren berechnete Koordinate gegenüber der in ALKIS aufgeführten Koordinate eine Abweichung von 2,5m aufweist, befindet sich an der östlichen Gemarkungsgrenze von Damerow zu Züsedom (Abbildung 110 und Abbildung 111). Der Grund für eine solche große Abweichung ist möglicherweise der, dass innerhalb der Messung, die im Jahre 2009 zur Ermittlung der Verfahrensgebietsgrenze im Bodenordnungsverfahren Züsedom stattfand, nicht die maßgeblichen Unterlagen zur Bestimmung des Punktes verwendet wurden. Anhand der Fortführungsrisse von 1947 und von 1948 war der Punkt über zwei Spannmaße und einer Messungslinie berechenbar, die allerdings in dem Fortführungsrisersatz (2009500001-004) nicht berücksichtigt worden sind.

Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk), wurden die Punkte wie in der Tabelle 18 aufgeführt, klassifiziert.

Punktart	Beispielpunkt	Erklärung Beweis / Foto																																																																		
Neupunkte (berechnet, nicht gemessen)	85-00691	<ul style="list-style-type: none"> digitalisierte Koordinate mit Systra berechnet wurde nicht aufgesucht Koordinate wird neu eingeführt 																																																																		
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>85-00689</td> <td>33431294.251</td> <td>5921736.255</td> <td>127.9</td> <td>5.6</td> <td>5.0</td> <td>5.1</td> <td>5.5</td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>85-00690</td> <td>33431262.993</td> <td>5921737.327</td> <td>117.8</td> <td>5.2</td> <td>4.9</td> <td>4.9</td> <td>5.1</td> <td>7.1</td> </tr> <tr> <td>85-00691</td> <td>33431249.762</td> <td>5921682.161</td> <td>118.2</td> <td>5.7</td> <td>4.4</td> <td>4.5</td> <td>5.6</td> <td>7.2</td> </tr> <tr> <td>85-00692</td> <td>33431234.963</td> <td>5921642.868</td> <td>95.9</td> <td>4.7</td> <td>3.9</td> <td>3.9</td> <td>4.7</td> <td>6.1</td> </tr> <tr> <td>85-00694</td> <td>33431223.028</td> <td>5921578.892</td> <td>129.6</td> <td>6.1</td> <td>4.0</td> <td>4.5</td> <td>5.7</td> <td>7.3</td> </tr> </tbody> </table>			85-00689	33431294.251	5921736.255	127.9	5.6	5.0	5.1	5.5	7.5	85-00690	33431262.993	5921737.327	117.8	5.2	4.9	4.9	5.1	7.1	85-00691	33431249.762	5921682.161	118.2	5.7	4.4	4.5	5.6	7.2	85-00692	33431234.963	5921642.868	95.9	4.7	3.9	3.9	4.7	6.1	85-00694	33431223.028	5921578.892	129.6	6.1	4.0	4.5	5.7	7.3																					
85-00689	33431294.251	5921736.255	127.9	5.6	5.0	5.1	5.5	7.5																																																												
85-00690	33431262.993	5921737.327	117.8	5.2	4.9	4.9	5.1	7.1																																																												
85-00691	33431249.762	5921682.161	118.2	5.7	4.4	4.5	5.6	7.2																																																												
85-00692	33431234.963	5921642.868	95.9	4.7	3.9	3.9	4.7	6.1																																																												
85-00694	33431223.028	5921578.892	129.6	6.1	4.0	4.5	5.7	7.3																																																												
Neupunkte (aufgemessen)	85-00603	<ul style="list-style-type: none"> aufgemessener Punkt 																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Punktzeichen</th> <th>S(v) P cm</th> <th>V-Y cm</th> <th>EV-Y %</th> <th>GF-Y cm</th> <th>NV-Y</th> <th>V-X cm</th> <th>EV-X %</th> <th>GF-X cm</th> <th>NV-X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>85-00466</td> <td>3.0</td> <td>-0.2</td> <td>2.2</td> <td>8.3</td> <td>0.6</td> <td>0.0</td> <td>1.6</td> <td>0.6</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>85-00591</td> <td>3.0</td> <td>0.6</td> <td>4.6</td> <td>-13.1</td> <td>1.3</td> <td>1.8</td> <td>3.6</td> <td>-49.9</td> <td>4.4***</td> </tr> <tr> <td>85-00603</td> <td>3.0</td> <td>0.1</td> <td>6.4</td> <td>-1.3</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>2.7</td> <td>-14.2</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>85-01014</td> <td>3.0</td> <td>0.2</td> <td>2.4</td> <td>-8.5</td> <td>0.6</td> <td>-0.5</td> <td>1.7</td> <td>27.5</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>85-00866</td> <td>3.0</td> <td>-0.5</td> <td>3.0</td> <td>15.3</td> <td>1.3</td> <td>-0.8</td> <td>2.0</td> <td>40.6</td> <td>2.7</td> </tr> </tbody> </table>			Punktzeichen	S(v) P cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X	85-00466	3.0	-0.2	2.2	8.3	0.6	0.0	1.6	0.6	0.0	85-00591	3.0	0.6	4.6	-13.1	1.3	1.8	3.6	-49.9	4.4***	85-00603	3.0	0.1	6.4	-1.3	0.2	0.4	2.7	-14.2	1.1	85-01014	3.0	0.2	2.4	-8.5	0.6	-0.5	1.7	27.5	1.7	85-00866	3.0	-0.5	3.0	15.3	1.3	-0.8	2.0	40.6	2.7						
Punktzeichen	S(v) P cm	V-Y cm	EV-Y %	GF-Y cm	NV-Y	V-X cm	EV-X %	GF-X cm	NV-X																																																											
85-00466	3.0	-0.2	2.2	8.3	0.6	0.0	1.6	0.6	0.0																																																											
85-00591	3.0	0.6	4.6	-13.1	1.3	1.8	3.6	-49.9	4.4***																																																											
85-00603	3.0	0.1	6.4	-1.3	0.2	0.4	2.7	-14.2	1.1																																																											
85-01014	3.0	0.2	2.4	-8.5	0.6	-0.5	1.7	27.5	1.7																																																											
85-00866	3.0	-0.5	3.0	15.3	1.3	-0.8	2.0	40.6	2.7																																																											
Festpunkte (bisherige Koordinaten)	334593321004304	<ul style="list-style-type: none"> Festpunkt hat in Y-Richtung nur 2,8cm und in X-Richtung nur 2,2cm Abweichung Abweichungen befinden sich innerhalb des 3-σ-Bereichs Entscheidung: bisherige Koordinate wird beibehalten 																																																																		
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>4593321004327</td> <td>9999.9</td> <td>3.8</td> <td>100.0</td> <td>-3.8</td> <td>0.0</td> <td>-24.9</td> <td>100.0</td> <td>24.9</td> <td>0.0</td> <td>25.2</td> </tr> <tr> <td>4593321004325</td> <td>9999.9</td> <td>6.2</td> <td>100.0</td> <td>-6.2</td> <td>0.0</td> <td>-15.6</td> <td>100.0</td> <td>15.6</td> <td>0.0</td> <td>16.8</td> </tr> <tr> <td>4593321004309</td> <td>9999.9</td> <td>4.9</td> <td>100.0</td> <td>-4.9</td> <td>0.0</td> <td>11.1</td> <td>100.0</td> <td>-11.1</td> <td>0.0</td> <td>12.2</td> </tr> <tr> <td>4593321004304</td> <td>9999.9</td> <td>-2.8</td> <td>100.0</td> <td>2.8</td> <td>0.0</td> <td>-2.2</td> <td>100.0</td> <td>2.2</td> <td>0.0</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>4593321004303</td> <td>9999.9</td> <td>0.8</td> <td>100.0</td> <td>-0.8</td> <td>0.0</td> <td>13.0</td> <td>100.0</td> <td>-13.0</td> <td>0.0</td> <td>13.0</td> </tr> <tr> <td>4593321004302</td> <td>3.0</td> <td>0.0</td> <td>3.2</td> <td>-0.5</td> <td>0.0</td> <td>0.2</td> <td>2.5</td> <td>-9.2</td> <td>0.7</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table>			4593321004327	9999.9	3.8	100.0	-3.8	0.0	-24.9	100.0	24.9	0.0	25.2	4593321004325	9999.9	6.2	100.0	-6.2	0.0	-15.6	100.0	15.6	0.0	16.8	4593321004309	9999.9	4.9	100.0	-4.9	0.0	11.1	100.0	-11.1	0.0	12.2	4593321004304	9999.9	-2.8	100.0	2.8	0.0	-2.2	100.0	2.2	0.0	3.6	4593321004303	9999.9	0.8	100.0	-0.8	0.0	13.0	100.0	-13.0	0.0	13.0	4593321004302	3.0	0.0	3.2	-0.5	0.0	0.2	2.5	-9.2	0.7	0.2
4593321004327	9999.9	3.8	100.0	-3.8	0.0	-24.9	100.0	24.9	0.0	25.2																																																										
4593321004325	9999.9	6.2	100.0	-6.2	0.0	-15.6	100.0	15.6	0.0	16.8																																																										
4593321004309	9999.9	4.9	100.0	-4.9	0.0	11.1	100.0	-11.1	0.0	12.2																																																										
4593321004304	9999.9	-2.8	100.0	2.8	0.0	-2.2	100.0	2.2	0.0	3.6																																																										
4593321004303	9999.9	0.8	100.0	-0.8	0.0	13.0	100.0	-13.0	0.0	13.0																																																										
4593321004302	3.0	0.0	3.2	-0.5	0.0	0.2	2.5	-9.2	0.7	0.2																																																										
Festpunkte (neue Koordinaten)	334593021005682	<ul style="list-style-type: none"> Infolge der Aufklärung des Widerspruchs der westl. Flurgrenze neue Koordinate befindet sich 4,81m in Y-Richtung und 0,62m in X-Richtung Punkt hat sich signifikant geändert Entscheidung: neue Koordinate wird eingeführt 																																																																		
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>593221001221</td> <td>3.0</td> <td>0.0</td> <td>1.8</td> <td>2.1</td> <td>0.1</td> <td>0.3</td> <td>2.1</td> <td>-12.0</td> <td>0.8</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>593221001049</td> <td>3.0</td> <td>-0.2</td> <td>3.5</td> <td>6.2</td> <td>0.5</td> <td>-0.2</td> <td>4.4</td> <td>4.2</td> <td>0.4</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>593021005682</td> <td>9999.9</td> <td>481.2</td> <td>100.0</td> <td>-481.2</td> <td>0.1</td> <td>-62.0</td> <td>100.0</td> <td>62.0</td> <td>0.0</td> <td>485.2</td> </tr> <tr> <td>593221001036</td> <td>9999.9</td> <td>-25.9</td> <td>100.0</td> <td>25.9</td> <td>0.0</td> <td>5.2</td> <td>100.0</td> <td>-5.2</td> <td>0.0</td> <td>26.4</td> </tr> <tr> <td>593221001034</td> <td>3.0</td> <td>0.1</td> <td>3.6</td> <td>-3.3</td> <td>0.3</td> <td>0.6</td> <td>4.5</td> <td>-13.4</td> <td>1.3</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>593221001011</td> <td>9999.9</td> <td>-0.7</td> <td>100.0</td> <td>0.7</td> <td>0.0</td> <td>-0.4</td> <td>100.0</td> <td>0.4</td> <td>0.0</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table>			593221001221	3.0	0.0	1.8	2.1	0.1	0.3	2.1	-12.0	0.8	0.3	593221001049	3.0	-0.2	3.5	6.2	0.5	-0.2	4.4	4.2	0.4	0.3	593021005682	9999.9	481.2	100.0	-481.2	0.1	-62.0	100.0	62.0	0.0	485.2	593221001036	9999.9	-25.9	100.0	25.9	0.0	5.2	100.0	-5.2	0.0	26.4	593221001034	3.0	0.1	3.6	-3.3	0.3	0.6	4.5	-13.4	1.3	0.6	593221001011	9999.9	-0.7	100.0	0.7	0.0	-0.4	100.0	0.4	0.0	0.8
593221001221	3.0	0.0	1.8	2.1	0.1	0.3	2.1	-12.0	0.8	0.3																																																										
593221001049	3.0	-0.2	3.5	6.2	0.5	-0.2	4.4	4.2	0.4	0.3																																																										
593021005682	9999.9	481.2	100.0	-481.2	0.1	-62.0	100.0	62.0	0.0	485.2																																																										
593221001036	9999.9	-25.9	100.0	25.9	0.0	5.2	100.0	-5.2	0.0	26.4																																																										
593221001034	3.0	0.1	3.6	-3.3	0.3	0.6	4.5	-13.4	1.3	0.6																																																										
593221001011	9999.9	-0.7	100.0	0.7	0.0	-0.4	100.0	0.4	0.0	0.8																																																										

Tabelle 18 – Unterteilung der Punkte (Projekt Bodenreformgebiet „Damerow“)

Anschließend folgte die Attributvergabe der unnummerierten Punkte. Gegenüber dem Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk), in dem die Abbildung 103 die Attributvergabe an einem berechneten Neupunkt zeigt, wird bei diesem Projekt (Abbildung 112) die Attributvergabe an einem vorgefundenen Neupunkt gezeigt. Der Unterschied besteht darin, dass ein vorgefundener Punkt eine andere Genauigkeitsstufe und Herkunft bekommt, da sie aus einer Vermessung mit höchster Positionierungsgenauigkeit stammen. Zusätzlich werden die vorgefundene Abmarkung und die relative Höhe eingetragen.

Punkt bearbeiten [89] 334593121001668

Punkt Freie Attr. A³ Fortführung MV-Attribute A³ weitere Punktorte A³ Explorer

Punkt

Punktart: Grenzpunkt

Abmarkung (ABM/VMA): 1230 - Drainrohr

Bemerkung zur Abmarkung (BZA): 4000 - Ohne unterirdische oder exzentrische

Sonstige Eigenschaft (SOE)

zuständige Stelle (ZST): 0075 Kataster- und Vermessungsamt L

relative Höhe (RHO) in m: -0.40

Entstehung: FR: 01.08.1947

festgestellter Grenzpunkt (FGP)

Besondere Punktnummer

Punkt herausfallend

ETRS89_UTM33

Hinweise

Genauigkeitsstufe (GST): 2100 - Standardabweichung S kleiner gleich 3 cm

Koordinatenstatus (KST): 1000 - Amtliche Koordinaten bzw. amtliche Höhe

Vertrauenswürdigkeit (VWL): 1100 - Vertrauenswürdigkeitsstufe Ausgleich

Herkunft (DES): 1060 - Aus Vermessung mit höchster Positionsgenauigkeit

Lagezuverlässigkeit (LZK): Nein

Überprüfungsdatum: ohne Datum

Erhebungsdatum: 31.10.2018

Berechnungsdatum: ohne Datum

Zusatzattribute [Edit-Modus] Standardfeld OK Abbrechen

Abbildung 112 – Attributübersicht für einen vorgefundenen Neupunkt

Nach der Attributvergabe folgte die Ausarbeitung nach den neuen QL-Erfassungshinweisen. Wobei auch bei diesem Projekt bei der praktischen Ausarbeitung einige Probleme auftraten. Wie auch bei dem Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk) lassen sich auch bei diesem Projekt die Spannmaße nicht eindeutig zuordnen. Durch die Fortführungsvermessungen von 1947 und 1948 kommt es zu einer Überlagerung der Spannmaße, welche sich ohne Kodierung nicht eindeutig zuordnen lassen.

Ein weiterer Kritikpunkt an den Vorgaben der QL-Erfassungshinweise besteht in der unterschiedlichen Farbgestaltung der Risse, die dadurch teilweise sehr unübersichtlich sind, wie z.B. bei der Farbauswahl der Messungslinien und den polaren Messungen. Beide Systeme sind in roter Farbe darzustellen. Dies führt dazu, dass diese beiden Systeme nicht gut auseinander zu halten sind (Abbildung 113). Die aus ausgleichungstechnischer Sicht relevanten Polarbeobachtungen sollten mit einer anderen Farbe hervorgehoben werden, damit dem späteren Bearbeiter diese Tatsache sofort ins Auge fällt.

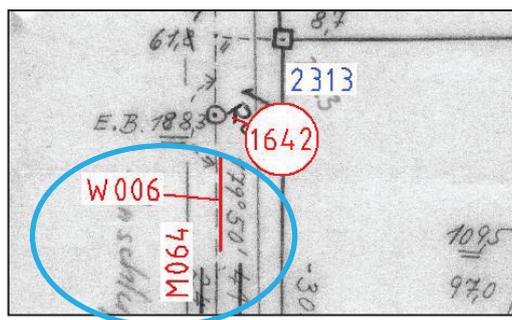


Abbildung 113 – Ausschnitt aus einem anderen Fortführungsriß

Jedoch der ausschlaggebende Punkt für die Diskussion um die Gestaltung der Arbeitsrisse spiegelt sich bei der Markierung der Spannmaße wieder. Es sollen alle verwendeten bzw. eingegebenen Spannmaße unterstrichen werden. Wenn aber alle verwendeten Spannmaße unterstrichen werden sollen, sollten dann nicht auch alle eingegebenen Abszissen- und Ordinatenmaße unterstrichen werden, um nachzuweisen, dass diese Katasterzahlen in die QL-Datenbank übernommen wurden? Die Arbeit, die Spannmaße zu markieren ist unwirtschaftlich und macht die Risse unübersichtlich (Abbildung 114). Eine bessere Lösung wäre, die nicht verwendeten Spannmaße zu unterstreichen oder gar durchzustreichen.

6. Zusammenfassung

Ziel dieser Masterarbeit war es, mit Hilfe der Ausgleichsrechnung durch eine Erneuerung der Katasterzahlen und eines eindeutigen geodätischen Raumbezugs der Grenzpunkte, eine Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster zu erreichen. Dafür wurden zwei Projekte bearbeitet. Zum einen die Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk), und zum anderen das Bodenreformgebiet „Damerow“. Anhand dieser Projekte wurde eine detaillierte Bewertung des Ablaufs für eine zukünftige qualitative als auch quantitative Bearbeitung solcher Aufträge zur Katastererneuerung im Liegenschaftskataster aufgezeigt. Der Schwerpunkt lag bei der Qualitätsanalyse der Katasterzahlen unter Verwendung der Ausgleichsrechnung.

	Zu erwartender Arbeitsaufwand (Kalkulation des ÖbVI)	
	Projekt Eisenbahntrasse	Projekt Bodenreformgebiet
Berechnung <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung des Auftrags • Würdigung der Vermessungsunterlagen • Berechnung mit Systra • Bewertung der neuen QL-Erfassungshinweisen • Allgemeine Auswertung 	25 Stunden	25 Stunden
Anfahrt AD	7,5 Stunden (2 Mitarbeiter)	7,5 Stunden
Aufsuchen in der Örtlichkeit	37,5 Stunden (2 Mitarbeiter)	37,5 Stunden
Gesamt	115 Stunden	70 Stunden

Tabelle 19 – zu erwartender Arbeitsaufwand (Kalkulation des ÖbVI)

	Tatsächlicher Arbeitsaufwand (im Rahmen der Masterarbeit)	
	Projekt Eisenbahntrasse	Projekt Bodenreformgebiet
Erstellung des Auftrags	2 Stunden	2 Stunden
Würdigung der Vermessungsunterlagen	8 Stunden	11 Stunden
Berechnung mit Systra (Ausgleichsrechnung)	20 Stunden	48 Stunden
Außendienst	42 Stunden (2 Mitarbeiter)	80 Stunden (2 Mitarbeiter)
Bewertung der neuen QL-Erfassungshinweisen	12 Stunden	3 Stunden
Allgemeine Auswertung	16 Stunden	33 Stunden
Gesamt	142 Stunden (!)	257 Stunden (!)

Tabelle 20 – tatsächlicher Arbeitsaufwand

Für eine Kalkulation der jeweiligen Projekte wurde vom ÖbVI M. der zu erwartende Arbeitsaufwand geschätzt (Tabelle 19). Die voraussichtlichen Arbeitsstunden wurden aus Erfahrungswerten geschätzt und geben dem Bearbeiter eine grobe Übersicht über die zu erwartende Arbeitsleistung. Der ÖbVI M. trägt das wirtschaftliche Risiko. Das bedeutet, dass die erwartende Qualitätsverbesserung (Katastererneuerung) oftmals nicht realisierbar ist. Um die Projekte im wirtschaftlichen Rahmen umzusetzen, muss klassifiziert werden, wie diese Arbeiten durchzuführen sind. So wird unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten oft nur Wert auf die Eingabe der Katasterzahlen gelegt. Die Bewertung von Widersprüchen oder sonstigen Auffälligkeiten sind dabei zweitrangig und können nach der vorgegebenen Kalkulation aufgrund fehlender Zeit nicht bewertet werden.

Im Rahmen dieser Masterarbeit lag der Fokus auf die Qualitätsverbesserung im Liegenschaftskataster, wobei der wirtschaftliche Aspekt zweitrangig war. Mit insgesamt 160 Stunden im vermessungstechnischen Außendienst bei dem Projekt Bodenreformgebiet „Damerow“ ist eine Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben. In dem Liniennetz, welches teilweise sehr schlecht miteinander verknüpft ist und über 20 Widersprüche vorhanden sind, war dieser übermäßig große Arbeitsaufwand notwendig. Ohne diesen Aufwand, der nur im Rahmen einer solchen Masterarbeit möglich gewesen ist, wäre in diesem Gebiet die Qualität des Liegenschaftskatasters nicht verbessert worden.

Um diese Qualitätsverbesserung erreichen zu können, muss die Ausgleichsrechnung verwendet werden. Mit der Voraussetzung, dass zusätzliche Beobachtungen vorhanden sind bzw. gemessen wurden, können Widersprüche in den Katasterzahlen lokalisiert und eliminiert werden. Der Vorteil der Ausgleichsrechnung ist, dass alle Beobachtungen verwendet und dadurch qualitative Angaben zur Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermittelt werden. Zusätzlich können mit der „Ausgleichung unter Zwang mit weichem Datum“ die verwendeten Festpunkte auf ihre Lagequalität geprüft werden. Die Anwendung der Ausgleichsrechnung hat somit vielfachen Nutzen und ist kein großer Mehraufwand. Somit sollten bei den flurstücksbezogenen Liegenschaftsvermessungen die Ausgleichsrechnung angewandt werden.

Das Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ ist für die Anwendung der „Ausgleichung unter Zwang mit weichem Datum“ ein sehr gutes Beispiel. Hier wurden durch Überschwemmungen über Jahrzehnte hin, die Grenzsteine in der Lage als auch in der Höhe signifikant verändert. Würde nun eine „Ausgleichung unter Zwang“ angewandt werden, hätten die Festpunkte keinerlei Freiraum mehr und sie wären nicht überprüfbar. Dies hätte den Nachteil, dass die innere Netzgeometrie „verbogen“ wird und sich unmittelbar auf die bestimmenden Neupunkte auswirken würde.

	Projekt Eisenbahntrasse	Projekt Bodenreformgebiet
Größe	1,7km (langgestrecktes Objekt)	350ha (flächenhaftes Objekt)
Zu bearbeitende Risse	8	10
Gesamtanzahl der Punkte in der Ausgleichung	203	563
Systeme	36	188
Widersprüche	1	21

Tabelle 21 – Vergleich beider Projekte

In der Tabelle 21 sind die beiden Projekte gegenüber gestellt worden. Das Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk) ist ein langgestrecktes Objekt mit einer Gesamtanzahl von 203 Punkten. Das Projekt des Bodenreformgebiets „Damerow“ ist ein flächenhaftes Objekt mit einer Gesamtanzahl von 563 Punkten. Das Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk) hat eine Länge von 1,7km. Der Vorteil bei langgestreckten Objekten ist, dass oft eine sehr lange Messungslinie vorhanden ist. Damit ist der Arbeitsaufwand nicht so umfangreich wie bei einem flächenhaften Objekt. Ist eine Startkonfiguration vorhanden, können in der Regel alle Katasterzahlen eingegeben werden, ohne zwischendurch Punkte in der Örtlichkeit aufzusuchen, damit die Netzkonfiguration berechenbar ist. Demgegenüber ist bei flächenhaften Objekten (Projekt Bodenreformgebiet „Damerow“ mit eine Fläche ca. 350 ha) dieser Vorteil oft nicht gegeben. Die Netzkonfiguration besteht aus vielen Messungslinien, die teilweise schlecht miteinander verknüpft sind, sodass die Netzkonfiguration nicht komplett berechenbar ist. Diese Tatsache fordert eine sukzessive Arbeitsweise bei der Bearbeitung solcher Projekte. So sollte bis zu einem bestimmten Bereich die Eingabe der Katasterzahlen erfolgen und zur Stabilisierung bzw. Berechenbarkeit der Netzkonfiguration die Punkte in der Örtlichkeit aufgesucht werden. Dies führt in dem Messungsliniennetz zu der einer Genauigkeitssteigerung und zur Berechenbarkeit des vorhandenen Netzes.

Das Projekt des Bodenreformgebiets „Damerow“ hatte mit insgesamt 10 zu verwendeten Fortführungsrissen zwei mehr als das Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk). Durch die enorme Anzahl der Katasterzahlen auf den Fortführungsrissen des Bodenreformgebiets, wurde mehr als die doppelte Anzahl von Punkten in die Ausgleichsberechnung einbezogen als bei dem Projekt der Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk). Dies spiegelt sich auch in der Anzahl der Systeme wieder. Das Verhältnis von 36 (Projekt Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“ (Eisenbahnabschnitt Pasewalk)) zu 188 (Projekt Bodenreformgebiet „Damerow“) Systemen, zeigt deutlich, wie die Projekte voneinander abweichen.

Der große Arbeitsaufwand bei dem Projekt des Bodenreformgebiets „Damerow“ lag neben der geringen Verknüpfung der Messungslinien auch an den 21 Widersprüchen. Diese große Anzahl an Widersprüchen bei Vermessungen der Bodenreform ist nicht unbekannt. Trotz umfangreicher Arbeitsleistung zu jener Zeit ist die Qualität des Liegenschaftskatasters verschlechtert worden. Dies lag an dem Zeitdruck der sowjetischen Militärregierung. Dies führte dazu, dass die damals üblichen vermessungstechnischen Verfahrensweisen und Qualitätsstandards bei der Fortführung des Liegenschaftskatasters nicht eingehalten wurden.

Die Auswertung beider Projekte wurde nach den neuen QL-Erfassungshinweisen durchgeführt. Wobei in der praktischen Umsetzung dieser QL-Erfassungshinweise einige Kritikpunkte aufgetreten sind:

- keine Systemnamen für Spannmaße
- keine einheitlichen Systemnamen
 - Systemnamen für Hilfspunkte flurbezogen
 - sonstige Rissbezogen
- grafische Gestaltung der Spannmaße nicht sinnvoll

Des Weiteren sollten in diesen QL-Erfassungshinweisen geregelt werden, wie fehlerhafte Katasterzahlen in den Fortführungsrisen zu behandeln sind. In der QL-Datenbank sind diese durch das stochastische Ausgeschalten der Beobachtungen erkennbar. Allerdings nutzen viele Bearbeiter die Fortführungsrisse zur Visualisierung der Katasterzahlen. Wobei in diesen die fehlerhaften Katasterzahlen nicht gekennzeichnet werden.

Der Vorteil dieser QL-Datenbank soll sein, dass für künftige Liegenschaftsvermessungen die Katasterzahlen der Feldbücher/Fortführungsrisse bereits digital vorhanden sind. Da ergibt sich die Frage, wie die eingegebenen digitalen Katasterzahlen kontrolliert werden, da ca. 80% der Widersprüche bei der Eingabe der Katasterzahlen entstehen und durch falsche Wahl des stochastischen Modells diese Eingabefehler nicht erkannt werden. Spätere Nutzer der QL-Datenbank müssen von der korrekten Eingabe der Katasterzahlen aus den Feldbüchern/Fortführungsrisen ausgehen können.

7. Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). 2018. *Liegenschaftskataster*. [Online] 2018.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) . 2016/2017. *Tätigkeitsbericht*. 2016/2017.

Asbeck, Martin, et al. 2016. *Vermessung und Geoinformatik - Fachbuch für Vermessungstechniker und Geomatiker (13.Auflage)*. Düsseldorf : Michael Gärtner, 2016.

Bartnik, Michael. 2007. *Die Entwicklung der Eisenbahn in Preußen*. s.l. : Freie Universität Berlin, 2007.

Baumann, Eberhard. 1999. *Vermessungskunde - Lehr- und Übungsbuch für Ingenieure*. Bonn : Dümmler, 1999. Bd. I.

— . **1998.** *Vermessungskunde - Lehr- und Übungsbuch für Ingenieure*. Bonn : Dümmler, 1998. Bd. II.

Deumlich, F. und Staiger, R. 2002. *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik*. Heidelberg : Herbert Wichmann Verlag, 2002.

Deutsche Verwaltung für Land- und Forstwirtschaft in der sowjetischen Besatzungszone. 1946. *Anweisung zur Durchführung von Vermessungsarbeiten*. Berlin : s.n., 1946.

Foppe, Prof. Dr.-Ing. Karl. 2016. *Ausgewählte Methoden der Ausgleichsrechnung und Statistik*. s.l. : Hochschule Neubrandenburg, 2016.

— . **2014/2015.** *Fehlerlehre und Statistik - Skript*. s.l. : Hochschule Neubrandenburg, 2014/2015.

— . **2017.** *Qualitätsparameter in der Ausgleichsrechnung*. 2017.

— . **2009.** *Repetitorium zur Fehlerlehre und Statistik und Ausgleichsrechnung - Skript*. s.l. : Hochschule Neubrandenburg, 2009.

Frank, Annett. 2018. *Vorlesungsskript Liegenschaftskataster*. s.l. : Hochschule Neubrandenburg, 2018.

Gräfrath, Thomas. 2017. *Ausgleichung von Liegenschaftsvermessungen in NRW*. 2017.

Gruber, Franz Josef und Rainer, Joeckel. 2004. *Formelsammlung für das Vermessungswesen*. s.l. : Teubner, 2004.

Hoffmann, Helmut. *Bodenreform in der sowjetischen Besatzungszone*.

— . **2011.** *Die Funktion des Liegenschaftskatasters als amtliches Verzeichnis der Grundstücke*. 2011.

Innenministerium Mecklenburg-Vorpommern. 2006. *Verwaltungsvorschrift für die Führung der Punktdaten in Mecklenburg-Vorpommern*. s.l. : Landesamt für innere Verwaltung (LAIv), 2006.

Köster, B.Eng. Uwe. 2017. *Praktische Anwendungen der Ausgleichsrechnung im Liegenschaftskataster.* 2017.

Landesamt für innere Verwaltung. 2019. *Geoportal-MV.* [Online] 2019.

Landesamt für innere Verwaltung - Amt für Geoinformaiton, Vermessungs- und Katasterwesen. 2011. *Basisinformationssystem Liegenschaftskataster (Automatisierte Liegenschaftskarte).* 2011.

— **2011.** *Basisinformationssystem Liegenschaftskataster (Automatisiertes Liegenschaftsbuch).* 2011.

— *Erfassungshinweise für das Verfahren der geometrischen Verbesserung der Liegenschaftskarte (QL-MV).*

— **2015.** *Geobasisdaten.* 2015.

— **2011.** *Geobasisdaten Landesvermessung.* 2011.

— **2011.** *Geobasisinformationssystem Liegenschaftskatster (Umstellung von ALB und ALK nach ALKIS und ETRS 89/UTM).* 2011.

Landesmuseum Mecklenburg. 2018. *Messzirkel.* [Online] 2018.

Langer. 25 Jahre Landesvermessung für Mecklenburg-Vorpommern - Geodaten im Wandel. s.l. : Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern.

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg). 2018. *Geobasis Brandenburg.* [Online] 2018.

Luhmann, Thomas. 2000. *Nahbereichsphotogrammetrie - Grundlagen, Methoden und Anwendungen.* Heidelberg : Herbert Wichmann, 2000.

Modrow, Hans und Watzek, Hans. 2005. *Junkerland in Bauernhand.* Berlin : edition ost, 2005.

Möser, Micheal, et al. 2012. *Handbuch Ingenieurgeodäsie.* Berlin : Wichmann, 2012.

Mroß, Wilk. 2016. *Zur Qualitätsverbesserung des Liegenschaftskatasters im Land Brandenburg.* 2016.

Neitzel, Prof. Dr.-Ing. Frank. 2017. *Qualitätsparameter in der Ausgleichsrechnung - Skript.* s.l. : TU Berlin, 2017.

Niemeier, Wolfgang. 2008. *Ausgleichsrechnung - Statistische Auswertemethoden (2.überarbeitete und erweiterte Auflage).* s.l. : Walter de Gruyter, 2008.

Peter Kläring (private Homepage). 2005 - 2018. *Das Feldmaß der preußischen Bauern.* [Online] 2005 - 2018.

Petrahn, Günter. *Taschenbuch Vermessung - Grundlagen der Vermessungstechnik (3.erweiterte Auflage).* s.l. : Cornelsen.

Rebenstorf, Prof. Dr.-Ing. Rolf-Werner. 2015. *Automatisiertes Liegenschaftskataster.* s.l. : Hochschule Neubrandenburg, 2015.

- . **2017.** *Rechts- und Verwaltungsvorschriften des amtlichen Geoinformations- und Vermessungswesens Mecklenburg-Vorpommern.* s.l. : Hochschule Neubrandenburg, 2017.
- Rittergut Damerow. 2018.** [Online] 2018. <http://www.rittergut-damerow.de>.
- Rote Seiten. 2011.** *Bodenreform.* [Online] Rote Seiten Wordpress, 2011.
- Schöne, Jens. 2011.** *Das sozialistische Dorf.* Leipzig : Evangelische Verlagsanstalt, 2011.
- Schuka, Werner. 2019.** *Familienforschung Sczuka.* [Online] 2019.
- technet GmbH. 2016.** *Programmbeschreibung -Kurzbeschreibung-* . 2016.
- . **2016.** *Programmbeschreibung -Sysged-*. 2016.
- . **2016.** *Programmbeschreibung -Sysplan-*. 2016.
- . **2016.** *Programmbeschreibung Systra -Übersicht-* . 2016.
- . **2016.** *Programmbeschreibung -SystraShell-* . 2016.
- Universität Rostock. 2017.** *Geodäsie und Geoinformatik.* [Online] 2017.
- Wikipedia. 2018.** *Geschichte der Eisenbahn in Deutschland.* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Angermünder-Stralsunder Eisenbahn.* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Provinz Pommern.* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Bodenreform in Deutschland.* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Pasewalk.* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Bahnhof Pasewalk.* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Damerow (Rollwitz).* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Ludwig Gustav von Winterfeld.* [Online] Wikipedia, 2018.
- . **2018.** *Bezirk Neubrandenburg.* [Online] Wikipedia, 2018.
- Witte, B. und Sparla, P. 2011.** *Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen.* Berlin : Wichmann, 2011.
- Wydera. 2018.** *Distanzmessung.* [Online] 2018.

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Übersicht über die Soldnerschen Bezirkskoordinatensysteme (Rebenstorf, 2015)	2
Abbildung 2 – historische Landesteile Mecklenburg und Vorpommern, getrennt durch gestrichelte rote Linie	9
Abbildung 3 – Liegenschaftskataster als Bestandteil der GDI (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Adv), 2018)	12
Abbildung 4 – Komponenten der ALK-Verfahrenslösung (Langer)	15
Abbildung 5 – Beispiel für ein früheres Koordinatenverzeichnis	17
Abbildung 6 – Folienübersicht(Rebenstorf, 2015)	18
Abbildung 7 – Übersicht über die Geobasisdaten der Landesvermessung und des Liegenschaftskataster einschließlich der QL-Datendank (Rebenstorf, 2015)	19
Abbildung 8 – Auszug aus dem amtlichen Festpunktinformationssystem (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Adv), 2018)	20
Abbildung 9 – Ausschnitt von einem DLM, DTK, DOP und DGM (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Adv), 2018)	21
Abbildung 10 – Weg der Migration (LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg), 2018)	22
Abbildung 11 – Beispiel für die Zusammensetzung der 15-stelligen Punktnummer	23
Abbildung 12 – Zonenübergang (Landesamt für innere Verwaltung - Amt für Geoinformaiton, Vermessungs- und Katasterwesen, 2011)	24
Abbildung 13 – Überblick über die Anordnung der Objektgruppen an Beispielen	26
Abbildung 14 – Überblick über die Attribute eines Punktes.....	27
Abbildung 15 – Klassifizierung der Ausgleichsmodelle (Foppe, 2009)	29
Abbildung 16 – Prinzip der Taylorreihe für einen Parameter (Niemeier, 2008)	32
Abbildung 17 – symmetrisches Trapez (Foppe, 2016)	38
Abbildung 18 – Beispiel statistischer Test	45
Abbildung 19 – zu schlecht geschätzte Beobachtungsgruppen und somit müssen die Standardabweichungen a priori angepasst werden	46
Abbildung 20 – gut geschätzte Beobachtungsgruppen	46
Abbildung 21 – Übersicht über die Parameter einer Fehlerellipse (Baumann, 1998)	47
Abbildung 22 – Visualisierung des Unterschieds zwischen Fehler- und Konfidenzellipse (Neitzel, 2017)	47
Abbildung 23 – Kontrollierbarkeit der Messwerte (Möser, et al., 2012)	50
Abbildung 24 – Beispiel aus dem Systra-Protokoll	51
Abbildung 25 – Normierte Verbesserung und grober Fehler (Möser, et al., 2012)	51
Abbildung 26 – Beispiel für eine Ausgleichung unter Zwang (Foppe, 2009).....	56
Abbildung 27 – Beispiel für eine freie Ausgleichung mit Gesamtpurminimierung (Foppe, 2009).....	56
Abbildung 28 – Beispiel für eine freie Ausgleichung mit Teilspurminimierung (Foppe, 2009)	56
Abbildung 29 – Beispiel für eine zwangsfreie Ausgleichung(Foppe, 2009).....	57
Abbildung 30 – Festpunkte mit weichem Datum	57
Abbildung 31 – schlechte kontrollierte Messung (links), gut kontrollierte Messung (rechts)	58
Abbildung 32 – Stufen der Systra-Ausgleichung (technet GmbH, 2016)	66
Abbildung 33 – Schnittstellen zwischen Datenbankteil und Berechnungsteil (technet GmbH, 2016)..	66

Abbildung 34 – Bahnbau (Bartnik, 2007).....	68
Abbildung 35 – Übersicht über die Besetzungszonen (Schuka, 2019)	71
Abbildung 36 – Bodenreformurkunde (Wikipedia, 2018).....	73
Abbildung 37 – Vermessungsfachkräfte mit einer Feldmesslatte bei der „Grobvermessung“ während der Bodenreform (Rote Seiten, 2011)	74
Abbildung 38 – Übersicht über die geografische Lage der Projekte (Landesamt für innere Verwaltung, 2019)	77
Abbildung 39 – Übersichtsbild über den zu bearbeitenden Abschnitt der Bahntrasse (Landesamt für innere Verwaltung, 2019).....	84
Abbildung 40 – Kopf eines Feldbuchs.....	85
Abbildung 41 – Fortführungsriss aus dem Jahr 2001.....	86
Abbildung 42 – Ausschnitt aus einem Fortführungsriss von 2010.....	87
Abbildung 43 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (Blatt 5)	88
Abbildung 44 – 2 Ausschnitte aus den Fortführungsrissen von 2004 (Blatt 4 und 5)	89
Abbildung 45 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 1942 (links) und dem Fortführungsriss von 2009 (rechts)	89
Abbildung 46 – Übersichts über das Bodenreformgebiet „Damerow“ mit der gekennzeichneten westlichen Grenze (rote Ellipse) (Landesamt für innere Verwaltung, 2019)	91
Abbildung 47 – Überblick der benutzten Unterlagen	92
Abbildung 48 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 2008.....	92
Abbildung 49 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 2012.....	93
Abbildung 50 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 1947.....	93
Abbildung 51 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 2006.....	94
Abbildung 52 – 2 Ausschnitte aus dem Fortführungsriss von 2004.....	94
Abbildung 53 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 1997.....	95
Abbildung 54 – Ausschnitt aus dem Ursprungsriss von 1948	96
Abbildung 55 – Ausschnitte aus den Paßpunktbestimmungen von 2003	96
Abbildung 56 – Fortführungsriss von 2012.....	97
Abbildung 57 – Ausschnitt aus der LNE-Datei (oben) und der LIN-Datei (unten)	98
Abbildung 58 – Beginn der Messungslinie.....	101
Abbildung 59 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912	102
Abbildung 60 – Liste der größten normierten Verbesserungen	103
Abbildung 61 – Ausschnitt aus dem Abschnitt –orthogonale Messwerte–	103
Abbildung 62 – Beobachtung stochastisch ausschalten	104
Abbildung 63 – vor dem stochastischen Ausschalten der Beobachtung	104
Abbildung 64 – nach dem stochastischen Ausschalten der Beobachtung.....	105
Abbildung 65 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912	105
Abbildung 66 – Ausschnitt aus dem Abschnitt –Strecken–	106
Abbildung 67 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 1942 (Blatt 1)	106
Abbildung 68 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 1942 (Blatt 2), südlicher Bereich (links), Ausschnitt nördlicher Bereich (rechts)	107
Abbildung 69 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 2004.....	107
Abbildung 70 – Beginn der Berechnung	108
Abbildung 71 – Ausschnitt aus den Fortführungsrissen (links 1947 (Bl.50), mitte 1947 (Bl.51) und rechts 1948)	109

Abbildung 72 – Liste der größten normierten Verbesserungen	110
Abbildung 73 – Ausschnitt aus dem Abschnitt –orthogonale Messwerte– nachdem stochastischen Abschalten.....	111
Abbildung 74 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1947 (links) und 1948 (rechts)	111
Abbildung 75 – Liste der größten normierten Verbesserungen	112
Abbildung 76 – Ausschnitt des Abschnitts –orthogonale Messwerte– nachdem stochastischen Ausschalten	112
Abbildung 77 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 1947.....	113
Abbildung 78 – Ausschnitt des Abschnitts –orthogonale Messwerte– nach dem stochastischen Ausschalten	113
Abbildung 79 – Fehlerellipsen im grafischen Editor Sysplan	114
Abbildung 80 – Skizze von einem pflügenden Traktor	115
Abbildung 81 – Grenzstein mit „Ritterkreuz“	116
Abbildung 82 – umgekippter Grenzstein.....	117
Abbildung 83 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1925	119
Abbildung 84 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriß von 2001.....	119
Abbildung 85 – Weggabelung im Fortführungsriß von 1947 (links) und im Programmsystem Systra (rechts)	120
Abbildung 86 – vorgefundenes Drainrohr in der Fehlerellipse.....	121
Abbildung 87 – Polygonzug durch das kleine Waldstück.....	122
Abbildung 88 – aufgefundenes Drainrohr	123
Abbildung 89 – Übersicht über die zur Wahl stehenden Beobachtungsgruppen der jeweiligen Epoche (Landesamt für innere Verwaltung - Amt für Geoinformaiton, Vermessungs- und Katasterwesen) ..	127
Abbildung 90 – Beispiel für die Farbgestaltung der Beobachtungen bzw. Punkte	128
Abbildung 91 – Ausschnitt des Messprotokolls 1.Epoche	130
Abbildung 92 – Ausschnitt des Messprotokolls 2.Epoche	130
Abbildung 93 – Vergleich zwischen den langen Systemnamen (oben) und der Arbeitsnummerierung (unten)	135
Abbildung 94 – Erstellung des Koordinatenverzeichnisses.....	136
Abbildung 95 – Ausschnitt eines Koordinatenverzeichnisses mit den relevanten Attributen	137
Abbildung 96 – Fehlerellipsen vor der Ausgleichsberechnung.....	137
Abbildung 97 – Fehlerellipsen nach der Ausgleichsberechnung.....	138
Abbildung 98 – Liste der größten normierten Verbesserungen	139
Abbildung 99 – Beispiel für ein hochgeschwämmten Grenzstein.....	139
Abbildung 100 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (oben) und dem Fortführungsriß von 2010 (unten)	140
Abbildung 101 – Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (links) und dem Fortführungsriß von 2010 (rechts)	141
Abbildung 102– Ausschnitt aus dem Feldbuch von 1912 (links) und dem Fortführungsriß von 2010 (rechts)	141
Abbildung 103 – Attributübersicht für einen berechneten Neupunkt	143
Abbildung 104 – Ausschnitte aus dem Programmsystem Systra.....	144
Abbildung 105 – Flurbezogene Hilfspunkte im bearbeiteten Fortführungsriß.....	145
Abbildung 106 – Ausschnitt aus dem Protokoll des Programmsystems CAPLAN	147
Abbildung 107 – Fehlerellipsen vor der Ausgleichsberechnung.....	148

Abbildung 108 – Fehlerellipsen nach der Ausgleichsberechnung.....	148
Abbildung 109 – Liste der größten normierten Verbesserungen	149
Abbildung 110 – Ausschnitt aus dem Fortführungsriss von 1947 (links) und von 1948 (rechts)	150
Abbildung 111 – Ausschnitt aus dem Fortführungsrissersatz von 2009	150
Abbildung 112 – Attributübersicht für einen vorgefunden Neupunkt	152
Abbildung 113 – Ausschnitt aus einem anderen Fortführungsriss	153
Abbildung 114 – Beispiel für eine nach den neuen QL-Erfassungshinweisen geregelte Rissgestaltung	154

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Übersicht über die Anweisung der Sowjetischen Besatzungszone (Hoffmann, 2011)	6
Tabelle 2 – Inhalt und Form der Liegenschaftsdokumentation	7
Tabelle 3 – Übersicht über die Anweisungen in der DDR (Hoffmann, 2011)	8
Tabelle 4 – Übersicht über die Anweisungen in Mecklenburg-Vorpommern (Hoffmann, 2011)	10
Tabelle 5 – Übersicht über die Lagegenauigkeitsstufen (Innenministerium Mecklenburg-Vorpommern, 2006)	16
Tabelle 6 – Übersicht über die Lagezuverlässigkeitsstufen (Innenministerium Mecklenburg-Vorpommern, 2006)	17
Tabelle 7 – Erfahrungswerte bei Streckenmessungen (Köster, 2017)	34
Tabelle 8 – Ausschnitte aus den Fortführungsrisen der Jahre 1947 und 1948 mit entsprechenden Bestimmungen der Vermessungsinstruktion (Deutsche Verwaltung für Land- und Forstwirtschaft in der sowjetischen Besatzungszone, 1946)	76
Tabelle 9 – Die Klassifizierung der Punkte	83
Tabelle 10 – Fortführungsrisse, die mit der Eisenbahnmessung in Verbindung stehen	85
Tabelle 11 – Fortführungsrisse, die im Bodenreformgebiet „Damerow“ liegen	91
Tabelle 12 – Übersicht über die Farbgestaltung der Risse (Landesamt für innere Verwaltung - Amt für Geoinformaiton, Vermessungs- und Katasterwesen)	128
Tabelle 13 – Überblick über die Abschnitte in dem Systra-Protokoll	131
Tabelle 14 – Übersicht über die wichtigsten Attribute	134
Tabelle 15 – Übersicht über die Anzahl der Punkte und Beobachtungen	138
Tabelle 16 – Unterteilung der Punkte (Projekt Eisenbahntrasse „Angermünde-Stralsund“)	142
Tabelle 17 – Übersicht über die Anzahl der Punkte und Beobachtungen	147
Tabelle 18 – Unterteilung der Punkte (Projekt Bodenreformgebiet „Damerow“)	151
Tabelle 19 – zu erwartender Arbeitsaufwand (Kalkulation des ÖbVI)	155
Tabelle 20 – tatsächlicher Arbeitsaufwand	156
Tabelle 21 – Vergleich beider Projekte	157

10. Formelverzeichnis

Formel 1 – Ausgleichungsansatz (Foppe, 2009)	29
Formel 2 – Beobachtungsvektor (Foppe, 2009)	30
Formel 3 – Unbekanntenvektor (Foppe, 2009)	30
Formel 4 – genäherte Unbekannte (Foppe, 2009)	31
Formel 5 – genäherten Beobachtungen (Foppe, 2009)	31
Formel 6 – gekürzte Beobachtungen (Foppe, 2009)	31
Formel 7 – linearisierte Verbesserungsgleichung (Foppe, 2009).....	31
Formel 8 – nichtlineare Verbesserungsgleichungen (Foppe, 2009).....	32
Formel 9 – lineare Beziehung (Niemeier, 2008)	32
Formel 10 – nichtlineare Beziehung (Niemeier, 2008)	32
Formel 11 – Reihendarstellung nach Taylor (Niemeier, 2008)	32
Formel 12 – allgemeine Darstellung der Taylorreihe (Niemeier, 2008).....	33
Formel 13 – partielle Ableitung (Niemeier, 2008)	33
Formel 14 – A- bzw. Designmatrix der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009).....	33
Formel 15 – Kovarianzmatrix der Beobachtungen (Foppe, 2009)	34
Formel 16 – Kofaktormatrix der Beobachtungen (Foppe, 2009)	35
Formel 17 – Gewichtsmatrix (Foppe, 2009)	35
Formel 18 – Zielfunktion der Gauß’schen Methode (Foppe, 2009).....	35
Formel 19 – Normalgleichung der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	36
Formel 20 – Absolutgliedvektor der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	36
Formel 21 – Normalgleichungsmatrix der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	36
Formel 22 – Kofaktormatrix der Unbekannten (Foppe, 2009)	36
Formel 23 – Ausgegliche gekürzte Unbekannte der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009) 36	
Formel 24 – Ausgegliche Unbekannte der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	36
Formel 25 – Vektor der Verbesserungen der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009).....	37
Formel 26 – Ausgegliche gekürzte Beobachtungen der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	37
Formel 27 – Ausgegliche Beobachtungen der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	37
Formel 28 – Ausgleichungsprobe der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	37
Formel 29 – Ausgleichungsansatz der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)	37
Formel 30 – aufgestellte Bedingungsgleichungen der bedingten Ausgleichung	38
Formel 31 – Widerspruchsvektor der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2016).....	39
Formel 32 – B-Matrix mit partiellen Ableitungen nach den Beobachtungen (Foppe, 2016)	39
Formel 33 – linearisiertes funktionales Modell der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2016).....	39
Formel 34 – Normalgleichung der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009).....	39
Formel 35 – Normalgleichungsmatrix der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)	39
Formel 36 – Inversion der Normalgleichungsmatrix der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)	40
Formel 37 – Korrelatenvektor der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009).....	40
Formel 38 – Vektor der Verbesserungen der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)	40
Formel 39 – Ausgegliche Beobachtungen der bedingten Ausgleichung (Foppe, 2009)	40
Formel 40 – Ausgleichungsansatz (Foppe, 2009)	40
Formel 41 – Berechnung über Richtungswinkel und Strecke (Gruber, et al., 2004)	40

Formel 42 – Berechnung über Richtungswinkel und Strecke (Gruber, et al., 2004)	41
Formel 43 – Kreisgleichung (Gruber, et al., 2004)	41
Formel 44 – nichtlineare Beziehung	41
Formel 45 – aufgestellte Bedingungsgleichungen für die allgemeine Ausgleichung	41
Formel 46 – Taylor-Entwicklung des funktionalen Modells (Foppe, 2016).....	42
Formel 47 – Widerspruchsvektor (Foppe, 2016)	42
Formel 48 – B-Matrix mit partiellen Ableitungen nach den Beobachtungen (Foppe, 2016)	42
Formel 49 – A-Matrix mit partiellen Ableitungen nach den Unbekannten (Foppe, 2016)	42
Formel 50 – linearisiertes funktionales Modell für den Allgemeinfeld der Ausgleichung (Foppe, 2009)	42
Formel 51 – Normalgleichung in Blockmatrixschreibweise der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)	43
Formel 52 – Auflösung der Normalgleichung in übersichtlicher Form (Foppe, 2009)	43
Formel 53 – 1.Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)	43
Formel 54 – 2. Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)	43
Formel 55 – 3. Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)	43
Formel 56 – 4.Element der Blockmatrix der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009)	43
Formel 57 – ausgeglichene gekürzte Unbekannten der allgemeinen Ausgleichung (Foppe, 2009).....	43
Formel 58 – Varianz der Gewichtseinheit (a posteriori) der vermittelnden Beobachtungen (Foppe, 2009)	44
Formel 59 – Kovarianzmatrix der ausgeglichenen Unbekannten (Foppe, 2009)	46
Formel 60 – Kofaktormatrix der Verbesserungen (Foppe, 2009)	48
Formel 61 – Kofaktormatrix der ausgeglichenen Beobachtungen (Foppe, 2009)	48
Formel 62 – Gesamtredundanz (Neitzel, 2017).....	49
Formel 63 – Bedingungsichte (Foppe, 2009)	49
Formel 64 – Redundanzanteil (Niemeier, 2008).....	49
Formel 65 – mittlerer Redundanzanteil (Neitzel, 2017)	49
Formel 66 – Redundanzanteil (Foppe, 2009)	50
Formel 67 – Einfluss auf die Verbesserung (Möser, et al., 2012)	51
Formel 68 – Normierte Verbesserung (Niemeier, 2008)	51
Formel 69 – Fehlervektor (Niemeier, 2008)	52
Formel 70 – Berechnung der Verbesserung (Möser, et al., 2012)	52
Formel 71 – möglicher grober Fehler (Möser, et al., 2012).....	52
Formel 72 – Abschätzung auf einen groben Fehler auf die normierte Verbesserung (Neitzel, 2017) ..	53
Formel 73 – statistischer Test für einen groben Fehler (Neitzel, 2017).....	53
Formel 74 – Grenzwert (Neitzel, 2017)	53
Formel 75 – Grenzwert für nicht erkennbare Fehler (Möser, et al., 2012).....	53
Formel 76 – Matrix der Unbekannten (Möser, et al., 2012).....	54
Formel 77 – differenzielle Änderung (Möser, et al., 2012).....	54
Formel 78 – Auswirkung auf die Koordinate (Möser, et al., 2012)	54
Formel 79 – Einfluss des Grenzwerts auf die Koordinate der berührenden Punkte (Möser, et al., 2012)	54
Formel 80 – Einfluss eines etwaigen Fehlers auf die Punktlage (Möser, et al., 2012)	55