



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Genauigkeitsuntersuchungen anhand von
Luftbildaufnahmen in Verbindung mit hybriden
Vermessungsverfahren in einem Bodenordnungsgebiet

Diplomarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur (FH)

vorgelegt von

cand. Ing. Christoph Albrecht

Neubrandenburg 2008

1. Prüfer: Prof. Dipl.-Ing. R.-W. Rebenstorf
2. Prüfer: Prof. Dipl.-Ing. H. Beisheim

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2008-0251-2

Erklärung zur selbstständigen Anfertigung

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit selbstständig angefertigt, nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben sowie wörtliche und sinngemäße Zitate gekennzeichnet habe.

Neubrandenburg, den 12.08.2008

Christoph Albrecht

Danksagung

Mein Dank gilt...

... Herrn Dipl.-Ing. Rolf-Werner Rebenstorf und Herrn Dipl.-Ing. Heinz Beisheim für das interessante Diplomarbeitsthema sowie für die hilfreichen Hinweise und Anregungen.

... der Blom Deutschland GmbH, insbesondere Frau Dipl.-Ing. Christina Tittel für die Bereitstellung der Messdaten sowie für die freundliche und aufschlussreiche Einführung in die entsprechenden Arbeitsabläufe.

... Herrn Dipl.-Ing. Mirko Schwenn vom Amt für Landwirtschaft Altentreptow für seine umfassende Betreuung sowie für die vielen anregenden und interessanten Gespräche.

... meiner Familie und meinen Freunden für den moralischen Beistand während der Studienzeit und der Zeit in der diese Diplomarbeit verfasst wurde.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung zur selbstständigen Anfertigung	I
Danksagung	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
1 Einleitung.....	1
2 Bodenordnungsverfahren	3
2.1 Bodenordnung.....	3
2.2 Ursachen für die ländliche Bodenordnung	4
2.3 Ziele der ländlichen Bodenordnung.....	6
2.4 Verfahren der ländlichen Bodenordnung.....	7
2.5 Das Bodenordnungsverfahren nach § 56 LwAnpG	8
2.6 Vermessungstechnische Arbeiten bei einem	11
Bodenordnungsverfahren.....	11
3 Das Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg- Vorpommern.....	13
3.1 Rechtsgrundlagen	13
3.2 Aufgaben und Bestandteile des Liegenschaftskataster.....	14
3.3 Das automatisierte Liegenschaftskataster	16
3.3.1 Das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB).....	16
3.3.2 Die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK).....	16
3.3.3 Das Amtliche Liegenschaftskataster Informationssystem (ALKIS)	18
4 Terrestrisches Vermessungsverfahren.....	19
4.1 Vermessungsablauf	19
4.1.1 Aufsuchen und Überprüfung der TP.....	19
4.1.2 Herstellung von Aufnahmepunkten	21
4.1.3 Durchführung der Vermessung	23

4.2	Auswertung und Genauigkeiten	24
4.2.1	Winkel- und Streckenzug	24
4.2.2	Bestandsaufnahme	26
5	Hybride Vermessungsverfahren	28
5.1	Bestandteile hybrider Vermessungssysteme	28
5.2	Satellitenpositionierungsdienst SAPOS®	29
5.3	Vermessungsablauf	31
5.3.1	Transformation ins Bezugssystem S42/83-GK 3°	31
5.3.2	Durchführung der Vermessung	33
5.4	Auswertung und Genauigkeiten	34
5.4.1	Datenübernahme mit dem Programmsystem Leica Geo Office	34
5.4.2	Bewertung der Ergebnisse	35
5.4.3	Koordinatenabweichungen der SAPOS® - Messung	38
6	Luftbildphotogrammetrie.....	39
6.1	Durchführung der Luftbildphotogrammetrie.....	39
6.1.1	Projekt- und Bildflugplanung	39
6.1.2	Passpunktsignalisierung	40
6.1.3	Bildflug	42
6.2	Auswertung der Luftbilder	43
6.2.1	Aerotriangulation	43
6.2.2	Stereoskopische Luftbildauswertung.....	44
6.2.3	Örtlicher Vergleich und Ergänzungsmessungen	45
6.2.4	Erstellung der Grundrissdatei und Objektbildung mit dem	45
	Programmsystem DAVID	45
6.2.5	Erstellung von Orthophotos.....	47
6.3	Genauigkeiten der Luftbildvermessung.....	48
7	Messdatenanalyse und -interpretation.....	52
7.1	Genauigkeitsanforderungen	52
7.1.1	Anforderungen der Bodenordnung.....	52
7.1.2	Anforderungen an das Liegenschaftskataster	53
7.2	Genauigkeitsbetrachtung	54

7.2.1	Vergleich des terrestrischen Vermessungsverfahrens mit dem	54
	und hybriden Vermessungsverfahren	54
7.2.2	Vergleich des terrestrischen Vermessungsverfahrens mit der	54
	Luftbildauswertung	54
7.3	Interpretation der Ergebnisse der Luftbildauswertung	56
7.4	Wirtschaftlichkeit der einzelnen Vermessungsverfahren	59
7.5	Gegenüberstellung der einzelnen Vermessungsverfahren	61
7.6	Schlussfolgerung	62
8	Zusammenfassung	64
	Abkürzungsverzeichnis	65
	Abbildungsverzeichnis	67
	Tabellenverzeichnis	69
	Literaturverzeichnis	70
	Anlagenverzeichnis	74

1 Einleitung

Die topographische Aufnahme einer Orts- und Feldlage für eine Bodenordnung mittels Tachymeter ist mit einem großen Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Daher stellt sich die Frage nach wirtschaftlicheren Alternativen, um den Zeitaufwand und somit die Kosten zu senken.

Neben Verfahren, welche unter Verwendung des Global Positioning System (GPS) bereits seit Jahren erfolgreich für die topographische Aufnahme eines Bodenordnungsgebietes Anwendung finden, stellt sich derzeit die Frage, in wie weit auch die topographische Auswertung von Luftbildern für eine Bodenordnung verwendet werden kann. Um dies zu untersuchen, hat das Amt für Landwirtschaft in Altentreptow im Bodenordnungsverfahren Rehberg, die für das Verfahren notwendige topographische Erfassung, nicht wie herkömmlich mit Tachymeter bzw. GPS, sondern mittels Luftbildauswertung durchführen lassen.

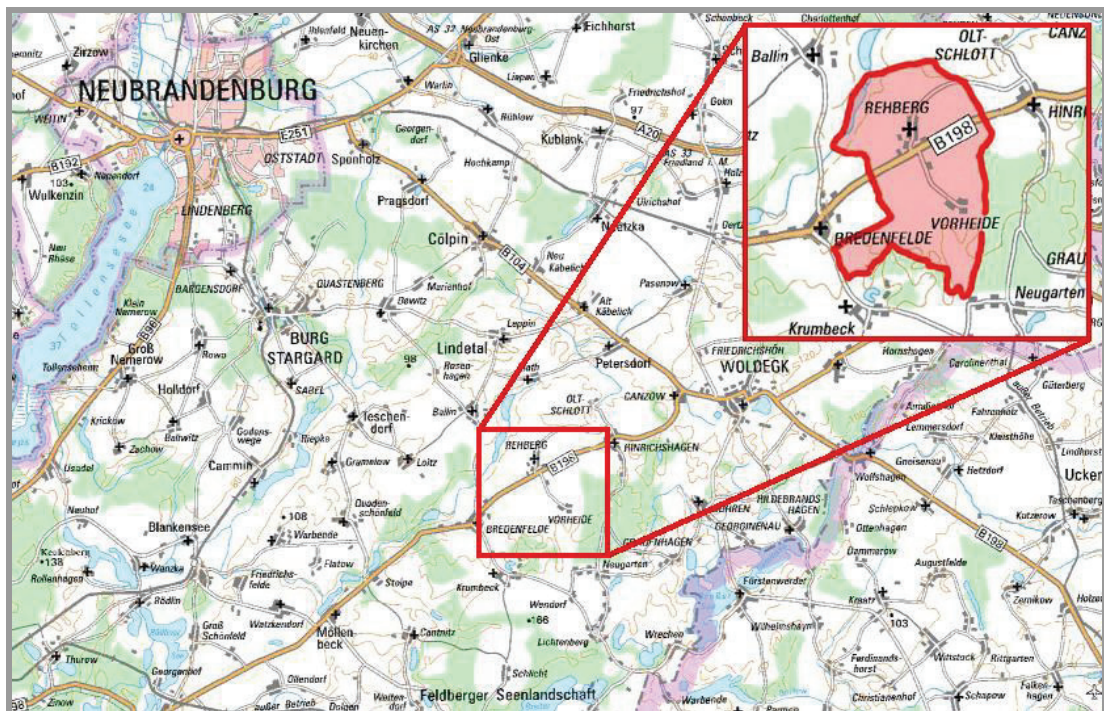


Abb. 1.1: Topographische Übersichtskarte - Darstellung des Verfahrensgebietes [22]

In Zusammenarbeit mit dem Amt für Landwirtschaft Altentreptow als Auftraggeber und der Blom Deutschland GmbH als Auftragnehmer soll in dieser Arbeit das photogrammetrische Verfahren hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Genauigkeit untersucht werden. Insbesondere ist hierbei zu prüfen, ob die Objektpunktgenauigkeiten den vermessungstechnischen Anforderungen sowie den katastertechnischen und -rechtlichen Anforderungen an eine Bodenordnung entsprechen. Hierzu wurden die mittels Luftbildauswertung erzeugten Daten mit Daten, die tachymetrisch bzw. mit einem hybriden Messverfahren ermittelt wurden, verglichen.

2 Bodenordnungsverfahren

2.1 Bodenordnung

Die Bodenordnung ist ein Verfahren zur Regelung der Eigentumsverhältnisse am Grund und Boden und zur Neuordnung des ländlichen Grundbesitzes. Man unterscheidet zwischen mehreren Arten der Bodenordnung, welche sich in privatrechtliche und öffentlich-rechtliche Verfahren einteilen lassen. Welche Verfahren es im Einzelnen gibt, erläutert folgende Abbildung:

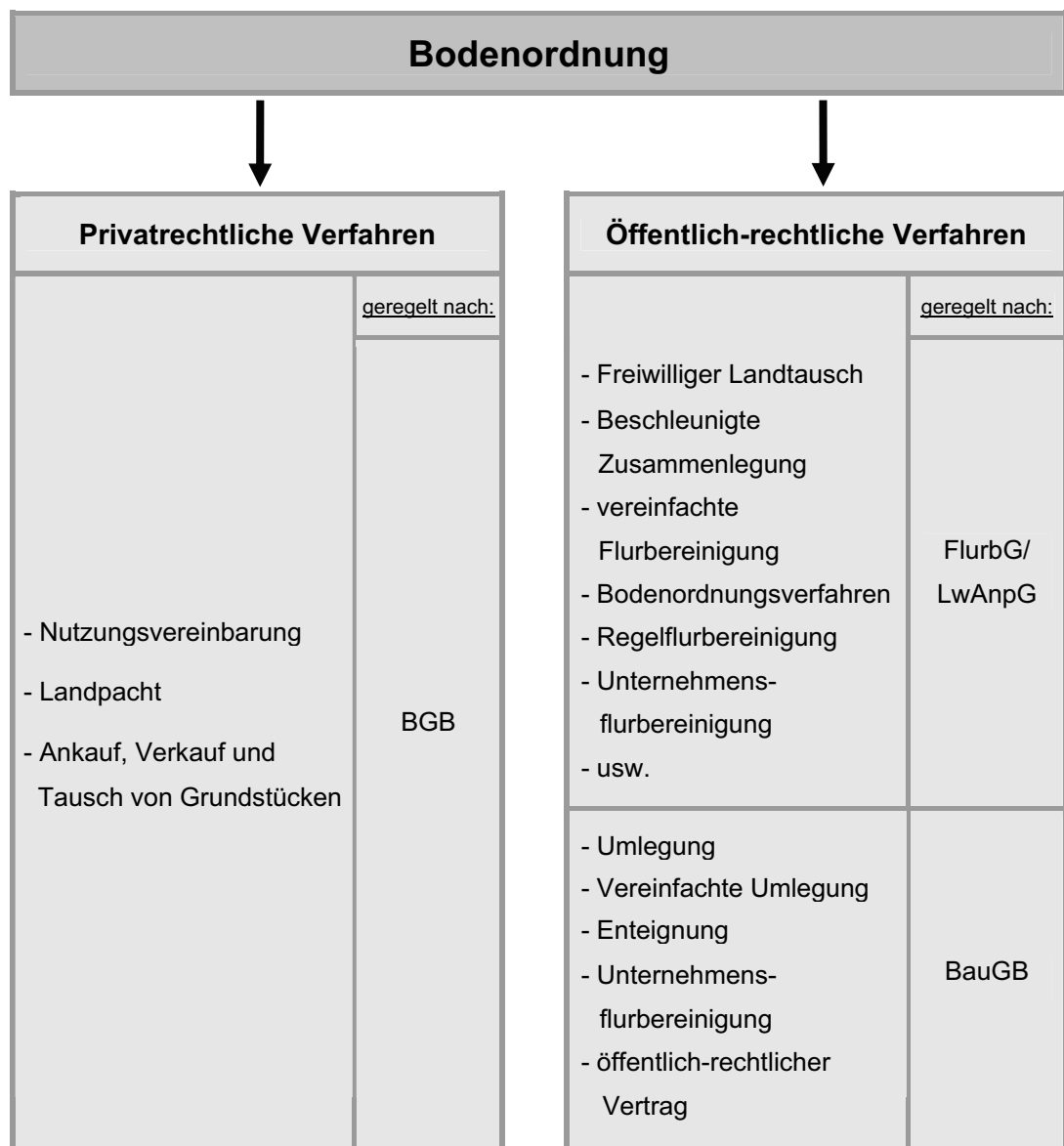


Abb. 2.1: Verfahren der Bodenordnung [20]

Basierend auf dem dieser Diplomarbeit zugrunde liegenden Bodenordnungsverfahren Rehberg, wird im Folgenden auf die ländliche Bodenordnung näher eingegangen.

2.2 Ursachen für die ländliche Bodenordnung

Mecklenburg-Vorpommern hat eine Fläche von rund 23200 km² und ist mit 73 Einwohnern je Quadratkilometer das am dünnsten besiedelte Bundesland. [29] Ungefähr 85 % der Landesfläche werden den ländlichen Räumen zugeordnet, wobei 64 % der Landesfläche landwirtschaftlich genutzt wird. [29] Diese landwirtschaftlichen Flächen wurden größtenteils durch landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften (LPG'en) bewirtschaftet. Diese LPG'en wurden ab dem Jahr 1952 durch staatlich organisierten Zusammenschluss von Landwirten gebildet. Anfangs wurden diese LPG'en in drei verschiedene Typen unterteilt. Je nach Typ haben die Landwirte ihre Maschinen, ihre Tiere oder ihre landwirtschaftlichen Flächen in die Genossenschaft eingebracht. Aus diesen den LPG'en zur umfassenden Nutzung überlassenen Acker- und Grünlandflächen entstanden große Wirtschaftsflächen mit neuen Wegen. Dies erfolgte ohne Beachtung der vorhandenen Flurstücks- und Grundstücksgrenzen. Es wurde oft das bestehende Wege- und Gewässernetz verändert, was zur Folge hatte, dass viele wiederherzustellenden Flur- bzw. Grundstücke durch die neuen Wege zerschnitten und teilweise nicht erschlossen sind. Der vielfach schlechte Zustand dieses Wegenetzes beeinträchtigt die infrastrukturelle Entwicklung des ländlichen Raumes.

Weiterhin musste nach dem LPG- Gesetz der ehemaligen DDR das Gebäudeeigentum nicht mit dem Grundstückseigentum übereinstimmen. Dies hatte zur Folge, dass Bauwerke auf fremdem Grund und Boden errichtet wurden (siehe Abb. 2.2). Diese waren neben Wohngebäuden in der Regel Wirtschaftsgebäude der ehemaligen LPG'en.

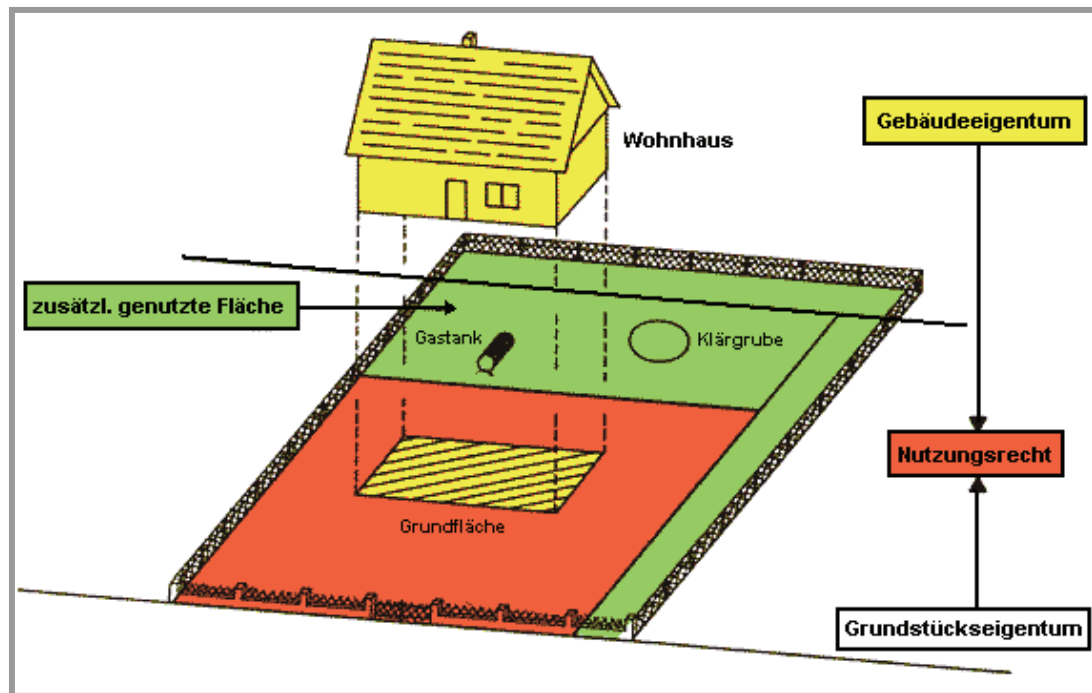


Abb. 2.2: Getrenntes Eigentum an Boden und Gebäuden. [26]

Nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten am 03.10.1990 wurden die rund 3 850 LPG'en gemäß Landwirtschaftsanpassungsgesetz (LwAnpG; in der Fassung der Bekanntmachung von 1990) bis Ende 1991 als Betriebsform aufgelöst. Die LPG'en mussten in eine neue Rechtsform überführt werden und wurden als Genossenschaften oder Kapitalgesellschaften (z.B. GmbH oder AG) weitergeführt. Gemäß dem BGB der Bundesrepublik Deutschland sind anders als nach dem LPG-Gesetz bzw. dem Zivilgesetzbuch der ehemaligen DDR, die fest mit dem Grund und Boden verbundenen Sachen, wie z.B. Gebäude, wesentliche Bestandteile des Grundstücks und damit untrennbar mit ihm verbunden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, durch Feststellung und Neuordnung der Eigentumsverhältnisse BGB-konforme Eigentumsverhältnisse herzustellen.

2.3 Ziele der ländlichen Bodenordnung

Umfassende Möglichkeiten zur Lösung der bestehenden Konflikte bieten die Verfahren der Bodenordnung nach dem Landwirtschaftsanpassungsgesetz (LwAnpG). In § 63 Abs. 2 LwAnpG wird zudem geregelt, dass zur Feststellung und Neuordnung der Eigentumsverhältnisse die Vorschriften des Flurbereinigungsgesetzes (FlurbG) sinngemäß angewendet werden sollen.

In den §§ 1 – 3 LwAnpG sind folgende Zielstellungen formuliert:

- Wiederherstellung und Gewährleistung des Privateigentums an Grund und Boden und die auf diesem beruhende Bewirtschaftung in vollem Umfang,
- Schaffung der Chancengleichheit im Wettbewerb aller Eigentums- und Wirtschaftsformen landwirtschaftlicher Unternehmen,
- Entwicklung einer vielfältig strukturierten Landwirtschaft und
- Schaffung von Voraussetzungen für die Wiederherstellung leistungsfähiger und wettbewerbsfähiger Landwirtschaftsbetriebe, um die in ihnen tätigen Menschen an der Einkommens- und Wohlfahrtsentwicklung zu beteiligen.

Die Zielstellungen der Bodenordnung nach dem FlurbG sind im § 1 FlurbG wie folgt definiert:

- Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft,
- Förderung der allgemeinen Landeskultur und
- Landentwicklung.

Die Bodenordnung nach den o.a. Rechtsvorschriften ist somit ein Instrument zur Regelung der Eigentumsverhältnisse am Grund und Boden und zur Neuordnung des ländlichen Grundbesitzes. Sie soll eine markt- und umweltgerechte, bäuerliche Landwirtschaft sichern und dazu beitragen, eine vielfältige, ökologisch leistungsfähige Kulturlandschaft zu bewahren oder zu entwickeln. Gleichzeitig werden infrastrukturelle Vorhaben der Gemeinden oder Regionen unterstützt.

2.4 Verfahren der ländlichen Bodenordnung

Der 8. Abschnitt (§§ 53 – 64) des LwAnpG regelt die Verfahren zur Feststellung und Neuordnung der Eigentumsverhältnisse. So wird gemäß § 53 LwAnpG ein Bodenordnungsverfahren durchgeführt, wenn folgende Anlässe vorliegen:

- Ausscheiden von Mitgliedern aus der LPG oder der eingetragenen Genossenschaft,
- Bildung einzelbäuerlicher Wirtschaften,
- Wiederherstellung der Einheit von selbstständigen Eigentum an Gebäuden, Anlagen sowie Anpflanzungen und Eigentum an Grund und Boden und
- Kündigung genossenschaftlich genutzter Flächen durch den Eigentümer zum Zweck der Bildung oder Vergrößerung bäuerlicher oder gärtnerischer Einzelwirtschaften durch Verpachtung.

Des Weiteren wird in dem § 53 LwAnpG geregelt, dass die Neuordnung der Eigentumsverhältnisse durch einen freiwilligen Landtausch oder durch ein von der Flurneuordnungsbehörde angeordnetes Verfahren zu erfolgen hat. Zur schnelleren Regelung der Eigentumsverhältnisse ist jedoch gemäß § 54 LwAnpG der freiwillige Landtausch anzustreben. Hierbei handelt es sich um ein durch die Flurneuordnungsbehörde geleitetes Verfahren, bei dem auf vereinfachtem und schnellem Wege ein Tausch von Grundstücken bzw. Grundstücksteilen angestrebt wird. Dies erfolgt unter Berücksichtigung der Nutzungsart, Beschaffenheit, Güte und Lage der Flächen. Die Tauschpartner haben somit die Möglichkeit, kurzfristig und ohne großen Aufwand Eigentumsverhältnisse an Grund und Boden neu zu regeln.

Kommt der freiwillige Landtausch nicht zu Stande, ist gemäß § 56 LwAnpG unter Leitung der Flurneuordnungsbehörde ein Bodenordnungsverfahren durchzuführen (siehe Kapitel 2.5). Des Weiteren besteht die Möglichkeit getrenntes Gebäude- und Bodeneigentum (siehe Abb. 2.2) gemäß § 64 LwAnpG zu BGB-konformen Eigentumsverhältnissen zusammenzuführen, so dass diese investitionshemmenden Eigentumsverhältnisse bereinigt werden.

2.5 Das Bodenordnungsverfahren nach § 56 LwAnpG

Das Bodenordnungsverfahren nach § 56 LwAnpG wird im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern unter Leitung der zuständigen Flurneuordnungsbehörde durchgeführt. Der Ablauf eines solchen Verfahrens wird anhand folgender Abbildung und nachstehendem Text erläutert:

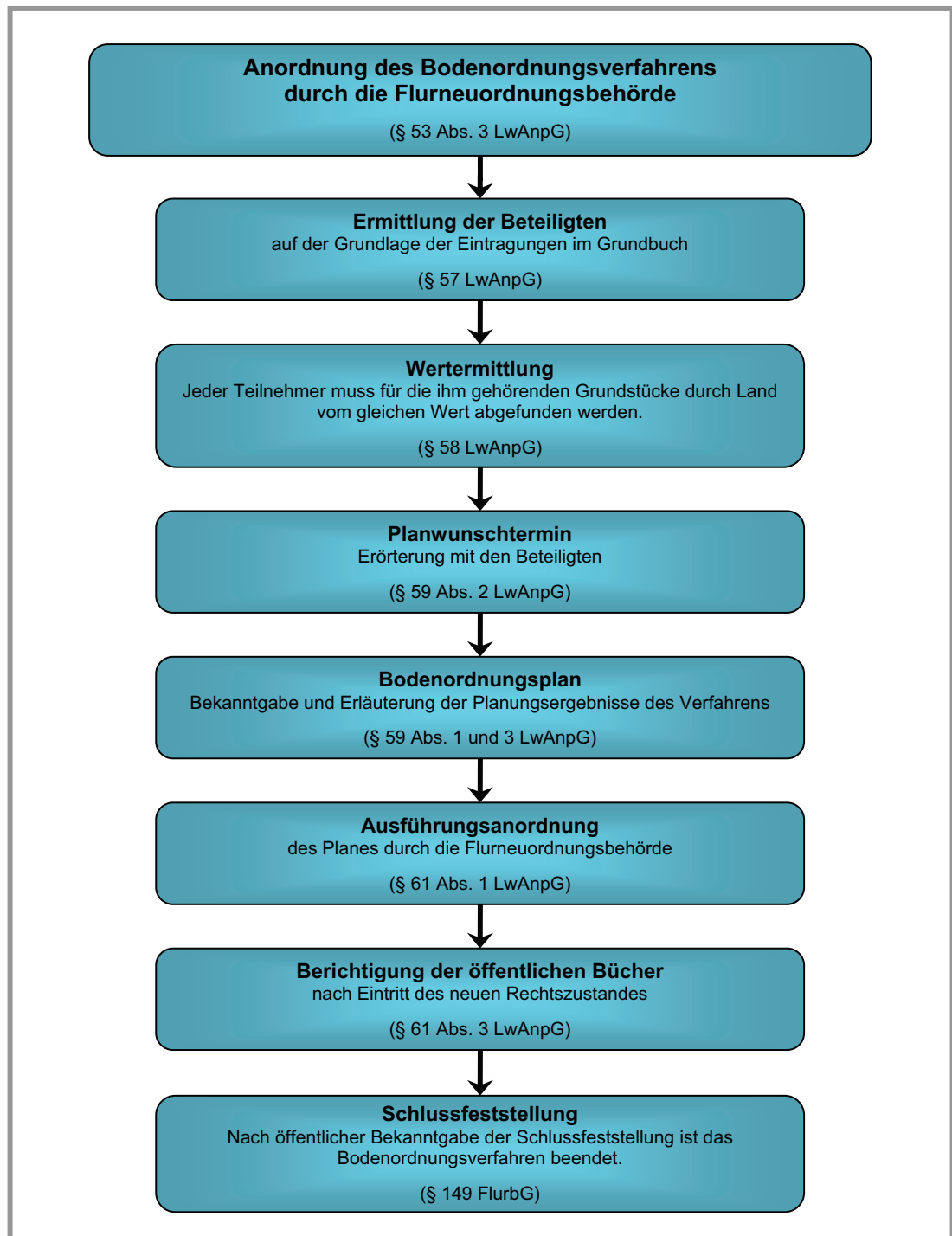


Abb. 2.3: Ablauf eines Bodenordnungsverfahren nach § 56 LwAnpG

Nachdem der freiwillige Landtausch gescheitert ist, ordnet die Flurneuordnungsbehörde die Durchführung eines Bodenordnungsverfahrens durch Beschluss an. Am Verfahren sind als Teilnehmer die Eigentümer der zum Verfahrensgebiet der Bodenordnung gehörenden Grundstücke beteiligt. Zu den Nebenbeteiligten gehören die Genossenschaften, die Gemeinden, andere Körperschaften des öffentlichen Rechts, Wasser- und Bodenverbände und Inhaber von Rechten an Grundstücken im Verfahrensgebiet. Die Ermittlung der Beteiligten erfolgt auf der Grundlage der Eintragungen im Grundbuch. Nach § 58 LwAnpG muss jeder Teilnehmer für die ihm gehörenden Grundstücke durch Land vom gleichen Wert abgefunden werden. Die Landabfindung soll in der Nutzungsart, Beschaffenheit, Bodengüte und Lage seinen alten Grundstücken entsprechen. Ein Teilnehmer kann mit seiner Zustimmung statt in Land auch in Geld abgefunden werden. Um dies zu realisieren, ist eine Wertermittlung des Grund und Bodens durchzuführen. Dies erfolgt auf der Grundlage der nachgewiesenen Flurstücksgrößen im Liegenschaftskataster und der Ergebnisse der Bodenschätzung. Da die Ergebnisse der Bodenschätzung auf dem Gebiet der ehemaligen DDR teilweise den Stand der 50`er Jahre des 20. Jahrhunderts haben, ist zu prüfen, in wie weit sich die Nutzungsart oder die natürlichen Ertragsbedingungen geändert haben. Liegen z.B. durch künstliche Maßnahmen wie Melioration oder Aufforstung nachhaltige Veränderungen vor, so ist gemäß § 11 des Bodenschätzungsgesetzes (BodSchätzG; vom 20. Dezember 2007), eine Nachschätzung durchzuführen. Hierzu ist unter anderem eine kataster-technische Bestandsaufnahme des Verfahrensgebietes durchzuführen, welche fortlaufend als Grundlage für die weiteren Planungsschritte dient. Nachdem dies erfolgt ist, wird gemäß § 59 LwAnpG der Bodenordnungsplan aufgestellt und den Teilnehmern bekannt gegeben. In ihm werden durch die Flurneuordnungsbehörde alle Planungsergebnisse für das Verfahrensgebiet zusammengeführt. Vor der Aufstellung des Planes sind die Teilnehmer über ihre Wünsche für die Abfindung zu hören (Planwunschtermin) und können sich auf Wunsch die neue Grundstücksseinteilung vor Ort erläutern lassen. Ist der Plan unanfechtbar geworden, ordnet die Flurneuordnungsbehörde gemäß § 61 LwAnpG seine Ausführung an (Ausführungsanordnung).

Ab einem zu bestimmenden Zeitpunkt können die Teilnehmer dann über die neuen Grundstücke verfügen. Anschließend folgt die Berichtigung der öffentlichen Bücher nach dem Bodenordnungsplan. Mit der öffentlichen Bekanntgabe der Schlussfeststellung und dem Ablauf der Widerspruchsfrist ist das Bodenordnungsverfahren gemäß § 149 FlurbG beendet.



Abb. 2.4: Eigentumsverhältnisse vor und nach einem BOV

2.6 Vermessungstechnische Arbeiten bei einem Bodenordnungsverfahren

Die Grundlage für die Bearbeitung von Bodenordnungsverfahren nach dem 8. Abschnitt des LwAnpG und nach dem FlurbG sind topographische katastertechnische Vermessungen. Diese dienen der Herstellung von Planungs- und Zuteilungsgrundlagen und werden in der Regel in folgende Arbeitsabschnitte unterteilt:

- Aufbau bzw. Verdichtung des Aufnahmepunktfeldes (AP-Feld),
- Ermittlung und Feststellung der Verfahrensgebietsgrenze,
- Topographische Aufnahme der Orts- und Feldlage und
- Absteckung, Abmarkung und Aufmessung der neuen Flurstücke.

Die Durchführung dieser Arbeiten hat unter Beachtung der für das amtliche Vermessungswesen des Landes Mecklenburg-Vorpommern geltenden Rechts- und Verwaltungsvorschriften zu erfolgen (näheres siehe Kapitel 7.1.2). Da die Vermessungskapazitäten in den Flurneuordnungsbehörden im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern erheblich reduziert wurden, werden die erforderlichen Vermessungsarbeiten weitestgehend durch geeignete Stellen wie z.B. Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure durchgeführt. Die durch diese Stellen durchzuführenden vermessungstechnischen Arbeiten werden in Werkverträgen festgelegt und können, je nachdem welche Flurneuordnungsbehörde zuständig ist, im Umfang variieren. Wie einleitend schon erwähnt, wurde dieser Werkvertrag für das Bodenordnungsverfahren Rehberg zwischen dem Amt für Landwirtschaft Altentreptow als Auftraggeber und der Blom Deutschland GmbH als Auftragnehmer abgeschlossen. Die durchzuführenden vermessungstechnischen Arbeiten sind in mehrere einzelne Arbeitsschritte unterteilt. So ist, soweit es für die Durchführung der einzelnen Leistungen erforderlich ist, das AP-Feld entsprechend zu verdichten bzw. zu erneuern. Des Weiteren hat die Feststellung der Verfahrensgebietsgrenze durch die Flurneuordnungsbehörde

zu erfolgen. Aufzumessen sind die in der Nähe der Verfahrensgebietsgrenze gelegenen topographischen Begrenzungen. Ferner sind bei der topographischen Aufnahme folgende Elemente zu erfassen:

- Vereinfachter Grundriss der Gebäude und baulichen Anlagen,
- Nutzungsartengrenzen,
- Die topographischen Begrenzungslinien von Straßen, Wegen, Gewässern, Gräben, Gehölzen, Böschungen, Brücken, Grabenüberfahrten, Durchlässen, Auffahrten zu Ackerflächen,
- den Besitz abgrenzende topographische Gegenstände wie Zäune, Mauern, Hecken bzw. Baumreihen, einzeln stehende Bäume u.ä.,
- sichtbare Grenzzeichen und Lagefestpunkte,
- Versorgungseinrichtungen, Leitungstrassen, soweit sich hieran Rechte Dritter am Grundstück erkennen lassen.

Für die Luftbilddauswertung ist außerdem die Passpunktbestimmung für die Aerotriangulation erforderlich. Auch die Herstellung von Orthophotos für das Verfahrensgebiet ist Bestandteil der Leistungen des Auftragnehmers. Die Vermessung der neuen Flurstücksgrenzen und deren Abmarkung gehören nicht zu dem Leistungsumfang der Blom Deutschland GmbH. Diese Arbeiten werden durch das Amt für Landwirtschaft durchgeführt.

Da die vermessungstechnischen Arbeiten, wie bereits erwähnt, unter Beachtung der für das Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg-Vorpommern geltenden Rechts- und Verwaltungsvorschriften durchzuführen sind, erfolgt im folgenden Kapitel ein kurzer Überblick über die Rechtsgrundlagen und Bestandteile des Liegenschaftskatasters des Landes Mecklenburg-Vorpommern.

3 Das Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg-Vorpommern

3.1 Rechtsgrundlagen

Nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten am 03.10.1990 musste das Liegenschaftskataster an die geänderten rechtlichen Verhältnisse angepasst werden. Das Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23.05.1949 regelt, dass die Bundesländer für die Gesetzgebung auf dem Gebiet des öffentlichen Vermessungswesens zuständig sind. Demzufolge hat der Landtag des Landes Mecklenburg-Vorpommern im Jahre 1992 das Gesetz über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg-Vorpommern (VermKatG) beschlossen. Dieses Gesetz wurde mehrfach geändert und am 22.07.2002 in der Neufassung bekannt gegeben. Das VermKatG ist zuletzt durch Gesetz vom 01.08.2006 geändert worden. Es regelt die grundlegenden Strukturen, Aufgaben und Zuständigkeiten.

Oberste Vermessungs- und Katasterbehörde ist das Innenministerium, welches die Dienst- und Fachaufsicht über das Landesamt für innere Verwaltung als obere Vermessungs- und Katasterbehörde ausübt. Das Landesamt für innere Verwaltung übt die Fachaufsicht über die Landräte und Oberbürgermeister als Vermessungs- und Katasterbehörden aus. Hauptaufgaben der Vermessungs- und Katasterbehörden sind die Durchführung der erforderlichen Liegenschaftsvermessungen zur Feststellung und Abmarkung von Flurstücksgrenzen sowie die Fortführung und Erneuerung des Liegenschaftskataster. Weiterhin können Liegenschaftsvermessungen durch Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure (ÖbVI) durchgeführt werden. Die ÖbVI übergeben die von Ihnen erstellten Vermessungsschriften zur Übernahme in das Liegenschaftskataster an die Vermessungs- und Katasterbehörden. Auf Grundlage des VermKatG hat das Innenministerium des Landes als oberste

Vermessungs- und Katasterbehörde, Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften herausgegeben, die bei der Durchführung von Liegenschaftsvermessungen zu beachten sind. Dies sind unter anderem:

- Arbeitsschutz- und Sicherheitsvorschriften,
- Anweisung über die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen (LiVermA),
- Kalibriererlass EDM M-V,
- Aufnahmepunkt-Erlass (AP-Erlass),
- Nutzungsartenerlass Mecklenburg-Vorpommern (NAErl M-V),
- Verwaltungsvorschrift für die Nutzung des Satellitenpositionierungsdienstes der deutschen Landesvermessung SAPOS[®] und anderer satellitengestützter Vermessungsverfahren im Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg-Vorpommern (SatLiVermVV M-V).

3.2 Aufgaben und Bestandteile des Liegenschaftskataster

Im Liegenschaftskataster sind für das Landesgebiet alle Flurstücke und Gebäude (Liegenschaften) so nachzuweisen und zu beschreiben, dass die Sicherung des Eigentums und anderer Rechte an Grundstücken und Gebäuden, dem Grundstücksverkehr und der Ordnung der Bodenflächen des Landesgebietes, gewährleistet wird. Der Nachweis umfasst zum einen die Sachdaten mit Lage, Nutzung, Größe und wesentliche topographische Merkmale und zum anderen die persönlichen Daten der Eigentümer, Erbau- und Nutzungsberechtigten. Das Liegenschaftskataster ist das amtliche Verzeichnis der Grundstücke im Sinne der Grundbuchordnung und ist so zu führen, dass die Übereinstimmung mit dem Grundbuch gewahrt ist. Weiterhin weist das Liegenschaftskataster die Ergebnisse der amtlichen Bodenschätzung nach und ist so zu führen, dass es den Anforderungen des Rechtsverkehrs, der Verwaltung und der Wirtschaft an ein Basisinformationssystem gerecht wird. Darüber hinaus soll das Liegenschaftskataster die Bedürfnisse der Landesplanung, der Bauleitplanung, der Bodenordnung, der Grundstücksbewertung sowie des Umwelt- und Naturschutzes angemessen

berücksichtigen.

Das Liegenschaftskataster besteht aus dem Katasterzahlenwerk, dem Katasterbuchwerk und dem Katasterkartenwerk. Bei automatisierter Führung der Nachweise werden das Katasterkartenwerk und die erforderlichen Teile des Katasterzahlenwerkes zur Liegenschaftskarte (ALK) und die Bestandteile des Katasterbuchwerkes zum Liegenschaftsbuch (ALB) zusammengefasst. Liegenschaftsbuch und Liegenschaftskarte werden gegenwärtig in das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) überführt.

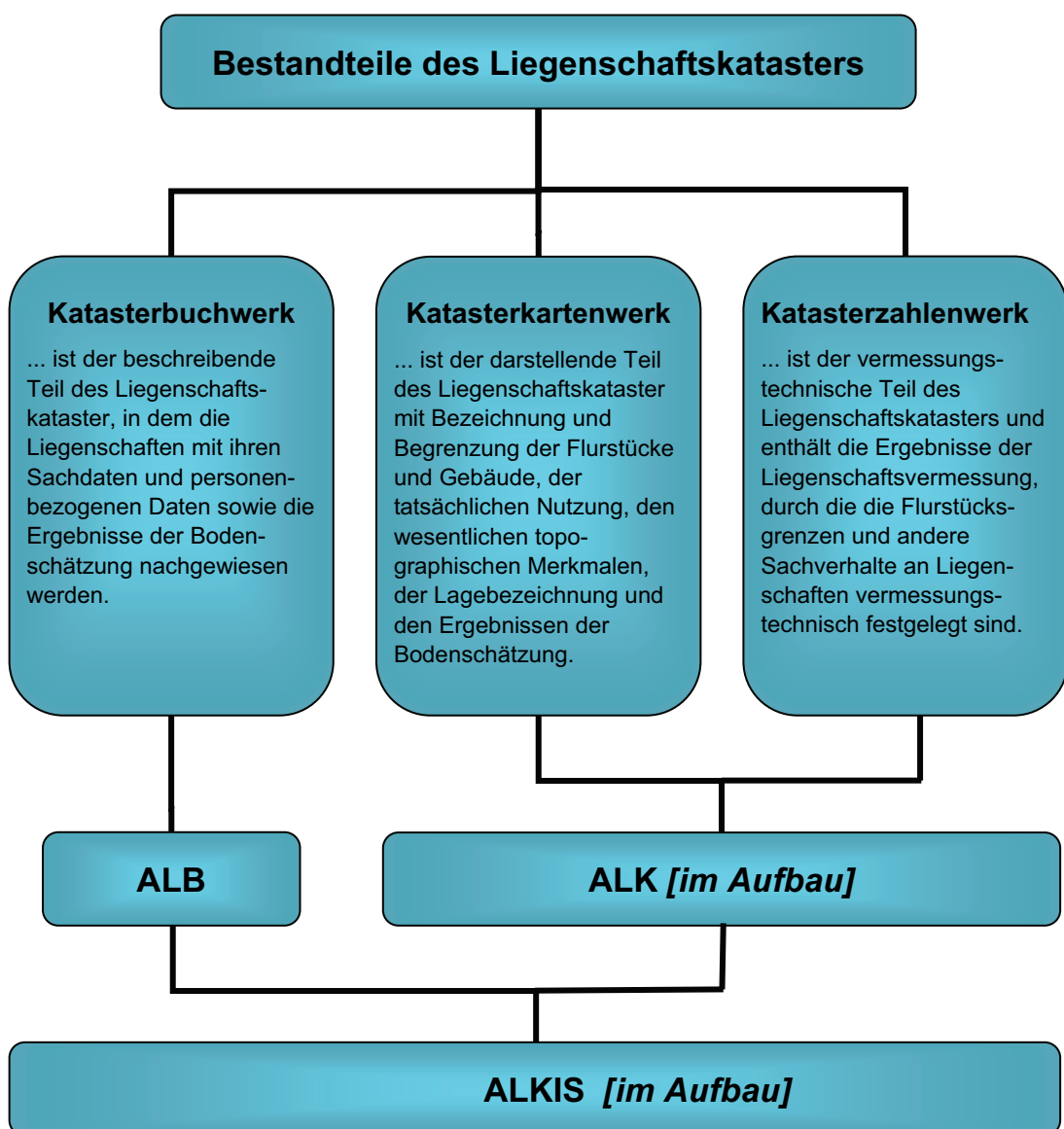


Abb. 3.1: Bestandteile des Liegenschaftskataster

3.3 Das automatisierte Liegenschaftskataster

3.3.1 Das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB)

Das Basisinformationssystem ALB wird seit dem Jahre 1995 flächendeckend von den Kataster- und Vermessungsämtern der Landkreise und kreisfreien Städte geführt und dient als Informations- und Auskunftssystem. Die Datenverwaltung und Datenbereitstellung des ALB erfolgt durch das Datenverarbeitungszentrum (DVZ) Mecklenburg-Vorpommern GmbH in Schwerin. Die Vermessungs- und Katasterbehörden des Landes Mecklenburg-Vorpommern sind über das Corporate Network - Landesdaten-, Vermittlungs- und Informationsnetz (CN-LAVINE) mit der ALB-Datenbank verbunden. Die Daten des ALB werden in Standardauszügen, in Suchverzeichnissen und in Auswertelisten von den Vermessungs- und Katasterbehörden bereit gestellt. Die Einsicht in das ALB sowie das Anfordern von Auskünften und Auszügen über die sie betreffenden Liegenschaften ist Eigentümern, Erbbauberechtigten, Nutzungsberechtigten und deren Beauftragten gestattet.

3.3.2 Die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK)

Die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) wird seit dem Jahre 2000 im Land Mecklenburg-Vorpommern eingerichtet und fortgeführt und befindet sich gegenwärtig in der Fertigstellung. Alle Informationen der analogen Kartenwerke wurden in den Datenbestand der ALK-Grundstufe übernommen, was unter anderem die Verknüpfung dieser Geobasisdaten mit anderen Fachdaten ermöglicht. Weitere Vorteile sind die Blattschnittfreiheit, die freie Maßstabswahl, die flexible Selektion einzelner Karteninhalte sowie die vereinfachte Korrektur und Führung der Daten.

Die Datenerfassung zur Errichtung der ALK-Grundstufe erfolgt über Liegenschaftsvermessungen, Katastererneuerungen, Bodenordnungsverfahren sowie durch die Übernahme Daten Dritter. Das Standardverfahren der ALK-Datenerfassung ist die Digitalisierung.

Bei den Arbeiten zur Einrichtung und Fortführung des Datenbestandes der ALK-Grundstufe sind folgende Verwaltungsvorschriften zu beachten:

- Vorschriften für die Verschlüsselung der Grundrissobjekte des Liegenschaftskataster in Mecklenburg-Vorpommern – Objektschlüsselkatalog Liegenschaftskataster Mecklenburg-Vorpommern (OSKA M-V),
- Vorschriften für die Bildung und Abbildung von Objekten der ALK in Mecklenburg-Vorpommern – Objektabbildungskatalog Liegenschaftskataster Mecklenburg-Vorpommern – (OBAK M-V),
- Vorschriften für das automatisierte Zeichnen der Liegenschaftskarte in Mecklenburg-Vorpommern – Zeichenvorschrift - Automation Liegenschaftskataster Mecklenburg-Vorpommern (ZV-Aut M-V),
- Verwaltungsvorschrift ALK-Grundstufe Mecklenburg-Vorpommern (VwV-ALK/1 M-V).

Das Systemkonzept der ALK besteht aus einem ALK- Verarbeitungsteil und einem ALK- Datenbankteil.

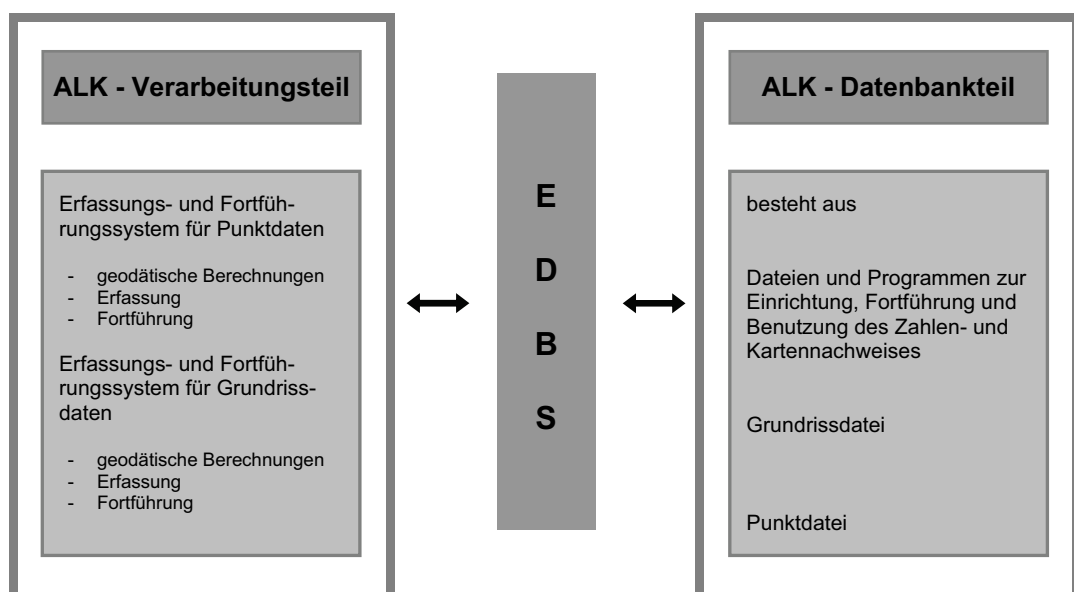


Abb. 3.2: Systemkonzept der ALK [25]

Im ALK- Datenbankteil werden die digitalen Daten in der Grundriss- und Punktdatenbank gespeichert und dem ALK- Verarbeitungsteil zur Verfügung gestellt. Die Kommunikation zwischen dem ALK- Datenbankteil und dem ALK- Verarbeitungsteil erfolgt über die Einheitliche Datenbankschnittstelle (EDBS). Der ALK- Datenbankteil enthält auch Dateien und Programme zur Einrichtung, Fortführung und Benutzung des Katasterzahlen- und Kartenwerks. Der ALK- Verarbeitungsteil dient der Erfassung und Fortführung der Punkt- und Grundrissdatenbank.

3.3.3 Das Amtliche Liegenschaftskataster Informationssystem (ALKIS)

Das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) wurde von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) entwickelt. Ziel dieses Informationssystems ist es, die Automatisierte Liegenschaftskarte und das Automatisierte Liegenschaftsbuch in einem System zu vereinen und somit eine redundanzfreie, maßstabsunabhängige und blattschnittfreie Führung der Daten des Liegenschaftskatasters zu ermöglichen. Die ALK- und ALB- Daten sind dazu über das Flurstückskennzeichen und die Flurstückskoordinate gegenseitig verknüpft. Die technische Umsetzung und Einführung von ALKIS in der Vermessungs- und Katasterverwaltung M-V wird derzeit durchgeführt und soll im Jahr 2010 abgeschlossen werden. [25]

4 Terrestrisches Vermessungsverfahren

Das klassische Vermessungsverfahren des Liegenschaftskatasters ist das terrestrische Vermessungsverfahren. Dieses Verfahren wird - wie bereits erwähnt - als Vergleichsmessverfahren verwendet und in diesem Kapitel näher erläutert. Als Untersuchungsgebiet wurde dabei die Ortslage Vorheide gewählt.

4.1 Vermessungsablauf

4.1.1 Aufsuchen und Überprüfung der TP

Als Grundlage für die terrestrische Aufnahme dienen die vorhandenen amtlichen Lagefestpunkte. Durch das Kataster- und Vermessungsamt des Landkreises Mecklenburg- Strelitz in Neustrelitz wurden die benötigten Unterlagen zur Verfügung gestellt. Diese beinhalteten eine Festpunktübersicht, TP-Beschreibungen sowie die Gauß-Krüger-Koordinaten der Lagefestpunkte im System S42/83 (siehe Anlage 2).

Die Auswahl der für das Vermessungsgebiet relevanten TP erfolgte anhand der TP- Übersicht und beschränkte sich auf die TP 22400, 22800, 23210, 40400 und 23300 (siehe Abb. 4.1).

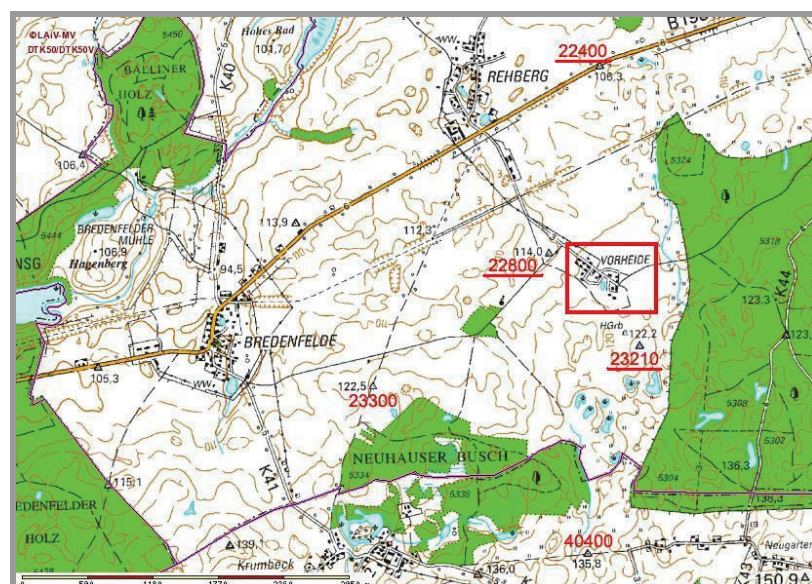


Abb. 4.1: TP-Übersicht [22]

Um die Tagesmarken der TP zu kontrollieren, wurden diese mit Hilfe der TP-Beschreibungen aufgesucht und die Lage anhand der Einmessungsmaße überprüft. Weiterhin wurden mit Hilfe einer Wasserwaage und eines Kompasses die horizontale Lage sowie die Nordrichtung der TP kontrolliert. Hierbei war darauf zu achten, dass die Blasenlänge der Wasserwaage maximal um die Hälfte ihrer Länge gegenüber der Horizontalebene und die Ausrichtung der TP nach Norden um maximal 20° abweichen. Resultierend aus diesen Untersuchungen wurde festgestellt, dass sämtliche für die Messung relevanten TP's die o.g. Kriterien erfüllten.

Um eine genaue Aussage bezüglich der Lagegenauigkeit der TP zu treffen, wurden Richtungs- und Streckenmessungen zu den benachbarten Punkten durchgeführt. Als Messgerät hierfür wurde das geprüfte Tachymeter TC 1700 der Firma Leica verwendet. Dieses Gerät liefert die geforderten Genauigkeiten. Bei der Vermessung wurde jedoch festgestellt, dass die Sichtverbindungen von dem Punkt 23210 zu den Punkten 40400 und 23300 aufgrund von Vegetation nicht mehr vorhanden sind. Somit beschränkte sich die Vermessung auf die TP- Punkte 22400, 22800 und 23210.



Abb. 4.2: Tachymeter TC 1700 der Firma Leica

Die Prüfung der Richtungs- und Streckenmessung zwischen diesen Punkten ergab folgendes Ergebnis:

Standpunkt	Zielpunkt	Längsabweichung [m]	Querabweichung [m]
22800	22400	0,020	0,010
	23210	-0,005	0,007

Tab. 4.1: TP - Lagegenauigkeit

Aus den ermittelten Längs- und Querabweichungen ergibt sich die Lage-richtigkeit der TP, die mit einer Standardlageabweichung von ± 30 mm angenommen wird.

4.1.2 Herstellung von Aufnahmepunkten

Damit im Zuge der Bodenordnung alle topographischen Gegenstände erfasst werden können, bedarf es in der Regel der Verdichtung des TP- Feldes. Hierzu werden neue Aufnahmepunkte vermarktet, was gemäß LiVermA nach den Vorschriften des AP-Erlasses zu erfolgen hat. Da sich die topographische Aufnahme jedoch nur auf ein kleines Teilgebiet des Bodenordnungsverfahrens beschränkte und lediglich zu Untersuchungszwecken durchgeführt wurde, ist die Anlage eines AP-Feldes nach den Vorschriften des AP-Erlasses nicht erforderlich.

Da sich nördlich und südlich der Ortslage Vorheide ein TP befindet, wurde ein beidseitig koordinaten- und richtungsmäßig angeschlossener Winkel- und Streckenzug zwischen den beiden TP gemessen (siehe Abb. 4.3). Bei der Wahl der Aufnahmepunkte wurde besonders darauf geachtet, dass von diesen möglichst viele topographische Merkmale aufgenommen werden können. Außerdem sollte eine sichere Lage und der feste Stand der AP gegeben und deren Bestimmbarkeit über satellitengeodätische Aufnahmeverfahren gewährleistet sein. Es wurden somit 4 Aufnahmepunkte vermarktet, wobei sich die Vermarktungsarten auf Rohre mit Kunststoffmarke sowie Eisenbolzen beschränkten.



Abb. 4.3: Übersicht über den Winkel- und Streckenzug [32]

Der Winkel- und Streckenzug wurde vom TP 22800 über die Aufnahme-
punkte 1,2,3 und 4 bis zum TP 23210 gemessen. Als Anschlussrichtungen
wurden vom TP 22800 die TP 23210 und 22400 und als Abschlussrichtung
vom TP 23210 der TP 22800 gemessen.

Die Durchführung der Richtungs- und Streckenmessung erfolgte mit 2
Personen. Eine Person führte die Messung mit dem Tachymeter TC 1700
durch und die zweite Person war für den Auf- und Abbau der Stative
verantwortlich. Dies erfolgte unter Anwendung der Zwangszentrierung. Um
systematische Fehler auszuschließen, erfolgten Luftdruck- und Temperatur-
messungen. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden in das Tachymeter
TC 1700 eingegeben, welches mit Hilfe dieser Daten die Streckenkorrekturen
berechnet.

Nach Abschluss der Winkel- und Streckenmessung wurden die Rohdaten
ausgelesen und ausgewertet (siehe Kapitel 4.2.1).

4.1.3 Durchführung der Vermessung

Die topographische Aufnahme der Orts- und Feldlage für das Bodenordnungsverfahren bezieht sich gemäß Werkvertrag auf folgende Elemente:

- Gebäude und bauliche Anlagen,
- Nutzungsartengrenzen,
- topographische Begrenzungslinien (z.B. Straßen, Wege, Gewässer, Gräben, Durchlässe),
- Besitz abgrenzende Elemente (z.B. Zäune, Mauern, Hecken),
- sichtbare Grenzzeichen und Lagefestpunkte und
- Versorgungseinrichtungen.

Um die Genauigkeit der photogrammetrischen Auswertung zu untersuchen, erfolgte eine Beschränkung der aufzunehmenden Elemente. Da z.B. Begrenzungspunkte eines Grabens oder Weges nicht eindeutig erfassbar sind, wurden markante Punkte von topographischen Objekten, wie z.B. Zaunpunkte, Masten sowie Kanaldeckel von Versorgungsleitungen als Aufnahmeschwerpunkte festgelegt.

Unter Verwendung der neu bestimmten Aufnahmepunkte erfolgte die Aufnahme der o.a. Elemente mittels Polarverfahren. Dabei wurde die Lage der o.a. Elemente durch Richtungs- und Streckenmessung bestimmt. Da Gebäudepunkte aufgrund des Dachüberstands im Luftbild oft oder nicht sichtbar sind, erfolgte zusätzlich die Aufnahme der Dachpunkte, um diese mit den photogrammetrischen Daten zu vergleichen.



Abb. 4.4: Aufnahme der Gebäude und Dachpunkte

4.2 Auswertung und Genauigkeiten

4.2.1 Winkel- und Streckenzug

Die Auswertung des mit dem Tachymeter TC 1700 gemessenen Winkel- und Streckenzuges und der topographischen Bestandsaufnahme erfolgte mit dem Programmsystem CREMER. Dieses Programm bildet die Schnittstelle zwischen der vermessungstechnischen Datenerfassung im Außendienst und der Weiterverarbeitung mit einem CAD-Programm. Mit dem Programmsystem CREMER können diese Daten gelesen, die Messwerte reduziert und die Koordinaten berechnet werden. Außerdem ist es möglich, Koordinatentransformationen, Ausgleichungen verschiedenster Netze und GPS-Auswertungen durchzuführen. Zur Darstellung der Berechnungsabläufe werden Protokolle im Listenformat (LST-Format) erstellt. Diese LST-Dateien können dann geöffnet, betrachtet und zur Interpretation der Ergebnisse verwendet werden.

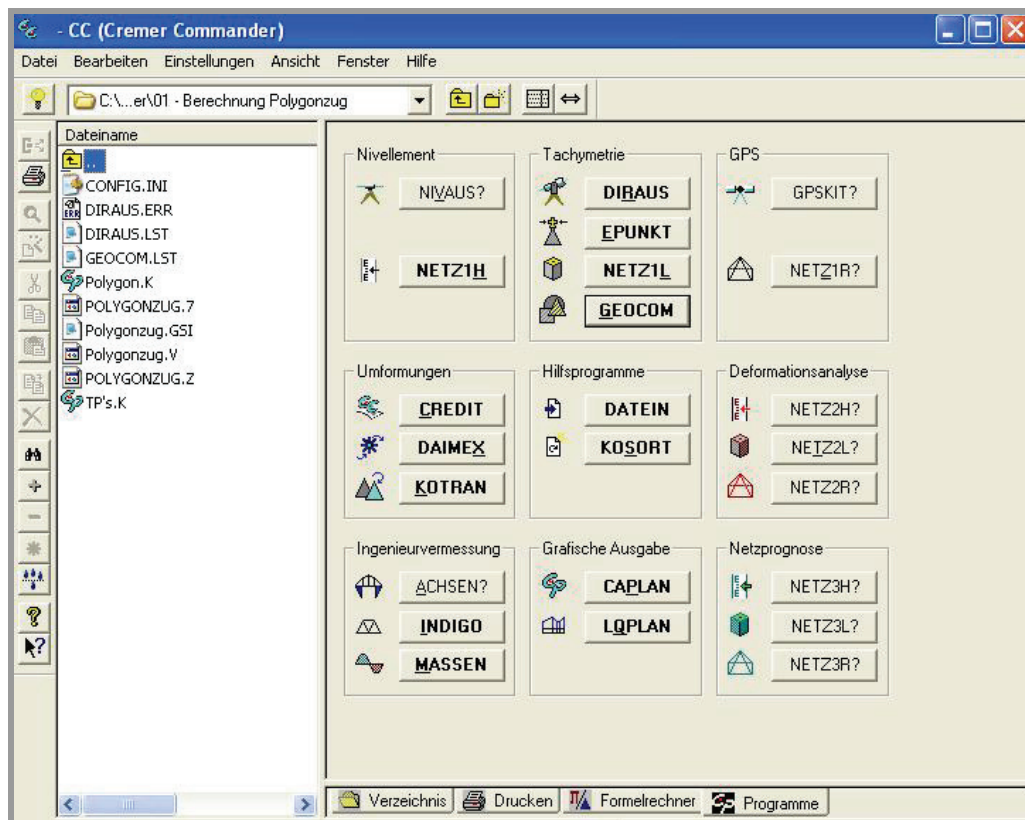


Abb. 4.5: Module des Programmsystems CREMER [Screenshot]

Auf Grundlage der Messdatei des Winkel- und Streckenzuges und der Koordinatendatei der trigonometrischen Festpunkte erfolgte die Berechnung des Winkel- und Streckenzuges. Die Dokumentation der Berechnungsabläufe und Ergebnisse erfolgte in den Protokollen DIRAUS.LST und GEOCOM.LST (siehe Anlage 3). Für den Winkel- und Streckenzug ergaben sich ein Längsfehler von 3 mm und ein Querfehler von 6 mm. Der Koordinatenabschlussfehler betrug für den Rechtswert 6 mm und für den Hochwert 3 mm. Gemäß AP-Erlass lagen die Längs- und Querabweichungen des Winkel- und Streckenzuges innerhalb der größten zulässigen Abweichungen. Somit wurden die Aufnahmepunkte in die Koordinaten-Datei übernommen, welche die Grundlage für die Berechnung der Bestandsaufnahme darstellt.

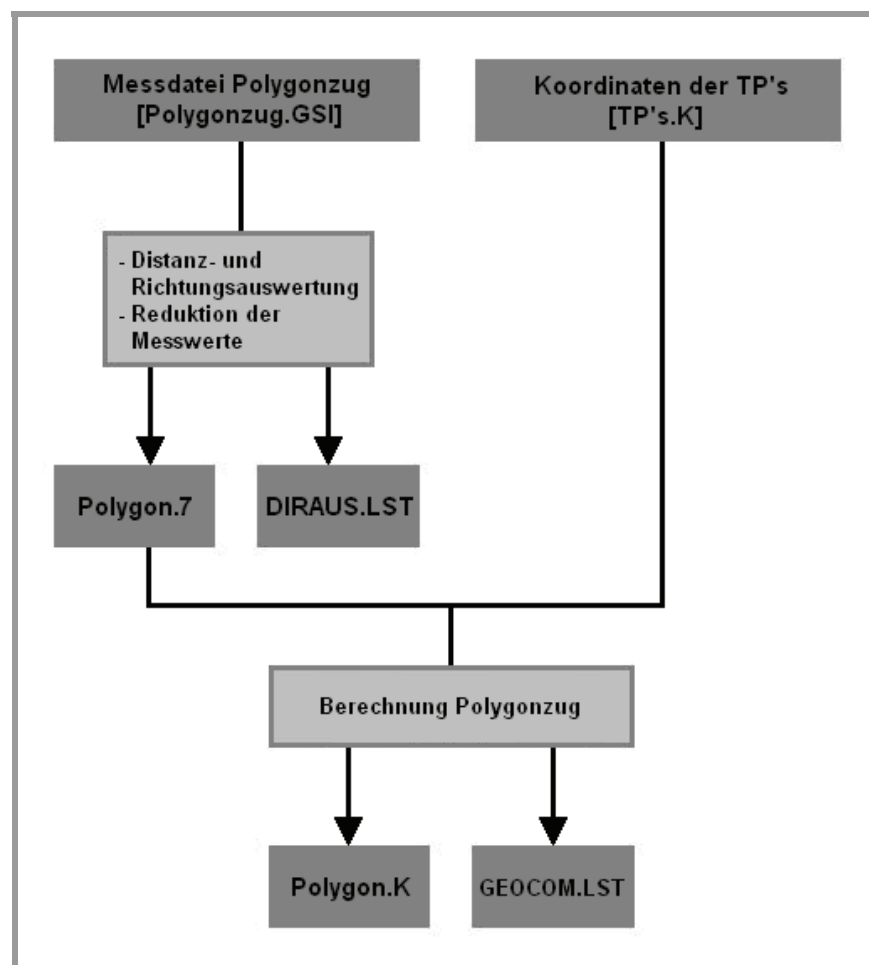


Abb. 4.6: Berechnung Winkel- und Streckenzug

4.2.2 Bestandsaufnahme

Auf Grundlage der Messdatei der Bestandsaufnahme und der zuvor berechneten Polygonpunkte erfolgte die Berechnung der Messpunkte mit dem Programmsystem CREMER. Die Berechnungsabläufe und Ergebnisse sind in den Protokollen DIRAUS.LST und EPUNKT.LST dokumentiert (siehe Anlage 3). Die neu berechneten Koordinaten der Messpunkte wurden anschließend in einer Koordinatendatei (Aufnahme.K) gespeichert, welche Voraussetzung für die Weiterverarbeitung mit einem CAD-Programm ist.

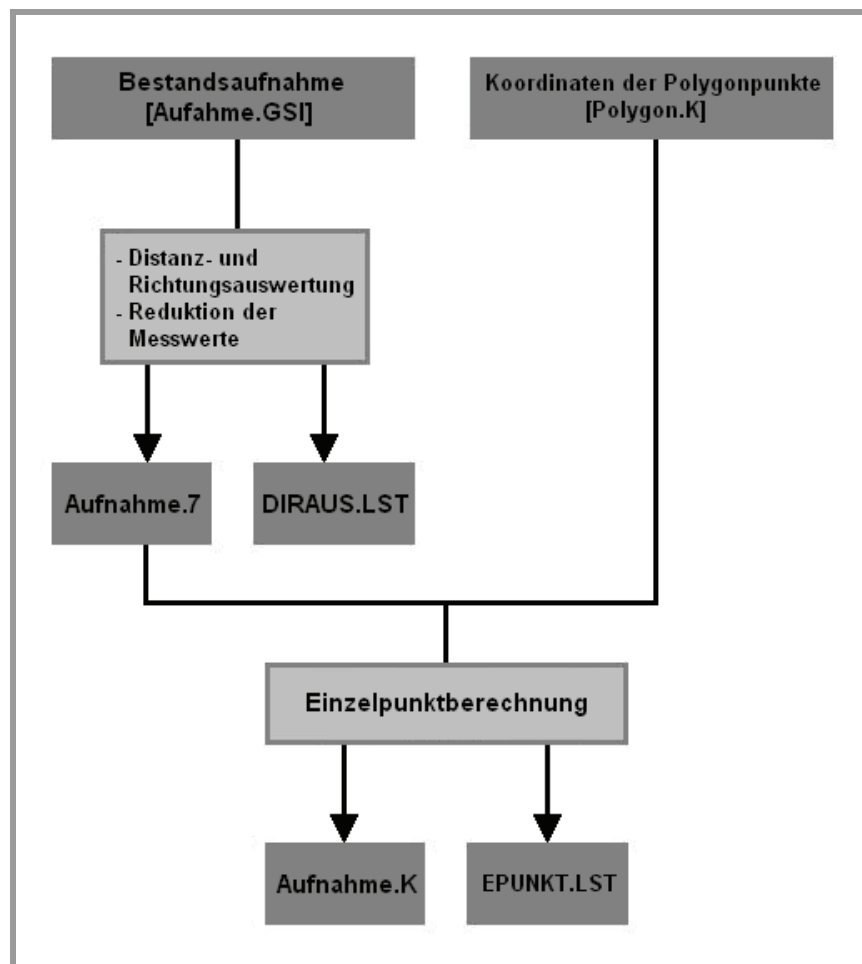


Abb. 4.7: Berechnung Bestandsaufnahme

Um eine Aussage über die Genauigkeit der Messpunkte zu treffen, wurden die Genauigkeiten der mit dem Tachymeter TC 1700 gemessenen Richtungen und Strecken ermittelt. In dem Protokoll DIRAUS.LST wurden die Richtungsreduktionen, die Reduktion der Entfernungen sowie dessen Standardabweichungen für jeden Standpunkt dokumentiert.

Bei der Richtungsreduktion ergeben sich die Standardabweichungen aus der Anzahl der Richtungen und Sätze der Standpunkte. Diese wurden über folgende Formel berechnet:

$$s(r)_n = \frac{s_r}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[vv]}{n \cdot (n-1) \cdot (s-1)}} \quad (4.01)$$

n : Anzahl der Sätze
 s : Anzahl der Richtungsstrahlen
 $[vv]$: Summe der Verbesserungsquadrate

Anhand dieser Standardabweichungen lässt sich der Mittelwert der Standardabweichungen für die Richtungen berechnen (siehe Tabelle 4.2).

Der Mittelwert beträgt $s(r)_n = 0,76$ mgon.

Standpunkt	$s(r)_n$ [mgon]
TP 22800	0,35
AP 1	1,16
AP 2	0,76
Mittelwert $S(r)_n$ in [mgon]	0,76

Tab. 4.2: Mittelwert der Standardabweichungen für die Richtungen

Die Standardabweichung einer einfach beobachteten Strecke (1km) wurde ebenfalls dem Protokoll DIRAUS.LST entnommen (siehe Anlage 3). Sie beträgt $s_0 = 0,83$ mm und wurde über folgende Formel berechnet:

$$s_0 = \frac{\bar{s} \cdot \sqrt{2}}{(0,5 + 0,5 \cdot \bar{L}_{km})} \quad (4.02)$$

\bar{s} : Mittelwert der Standardabweichungen aller doppelt gemessenen Strecken

\bar{L} : Mittelwert aller Strecken in km

Somit ergab sich die Standardabweichung einer Strecke von L_{km} Länge:

$$s = s_0 \cdot (0,5 + 0,5 \cdot L_{km}) \quad ; \quad s_0 = 0,83 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{s = 0,83 \text{ mm} \cdot (0,5 + 0,5 \cdot L_{km})}}$$

Die erreichte Genauigkeit liegt somit im Toleranzbereich und die tachymetrische Messung wird als richtig beurteilt.

5 Hybride Vermessungsverfahren

Neben dem terrestrischen Vermessungsverfahren kommen in den letzten Jahren immer häufiger Messverfahren zum Einsatz, die auf der Technologie des Global Navigation Satellite System (GNSS) basieren. In der Praxis hat sich gezeigt, dass diese Messverfahren sowohl separat als auch in Verbindung mit der terrestrischen Aufnahme eine wirtschaftliche Alternative zum herkömmlichen Verfahren darstellen. Die Kombination zwischen dem terrestrischen und einem satellitengestützten Messverfahren wird als so genanntes hybrides Vermessungsverfahren im diesem Kapitel als zweite Vergleichsmessung näher erläutert.

5.1 Bestandteile hybrider Vermessungssysteme

Hybride Vermessungssysteme setzen sich *„aus mindestens zwei verschiedenen Messeinrichtungen zusammen, die durch unterschiedliche Messprinzipien Messwerte erfassen und zusammen verarbeiten.“* [7] Die Messwerte der einzelnen Messeinrichtungen sollen sich in Bezug auf das Messergebnis ergänzen, unterstützen und kontrollieren.

Um ein optimales Vermessungsergebnis zu erzielen, wurde als hybrides Messsystem die Kombination aus dem Satellitenpositionierungsdienst **SAPOS**[®] (siehe Kapitel 5.2) und der terrestrischen Messung verwendet.

Auf eine reine **SAPOS**[®]- Punktbestimmung wurde verzichtet, so dass die Nachteile aufgrund von Abschattung und der eingeschränkten Messbarkeit von Objektpunkten, wie z.B. Gebäudepunkte, durch die Punktbestimmung mit dem Tachymeter TC 1700 ausgeglichen werden konnten. Die schnelle Bestimmung der Aufnahmepunkte mit **SAPOS**[®] kompensierte wiederum die zeitaufwendige Punktbestimmung mit dem Tachymeter.

Da die Luftbildphotogrammetrie aufgrund des Einsatzes von Messsystemen wie Tachymeter oder GPS (vgl. Kapitel 6) ebenso als hybrides Messverfahren bezeichnet werden kann, wird darauf hingewiesen, dass im

Zusammenhang mit dieser Arbeit bei hybriden Messsystemen stets die Kombination von Tachymeter und SAPOS[®] gemeint ist.

5.2 Satellitenpositionierungsdienst SAPOS[®]

Der Satellitenpositionierungsdienst SAPOS[®] ist ein Gemeinschaftsprodukt der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). Es basiert auf dem Prinzip des Differential Global Positioning System (DGPS). Hierbei werden über Referenzstationen die Satellitensignale des Global Navigation Satellite System (GNSS) permanent empfangen und ausgewertet. Dabei werden Korrektur- bzw. Beobachtungsdaten berechnet, welche dann über moderne Kommunikationsmedien (z.B. Mobiltelefon) zur Verfügung gestellt werden (siehe Abb. 5.1).

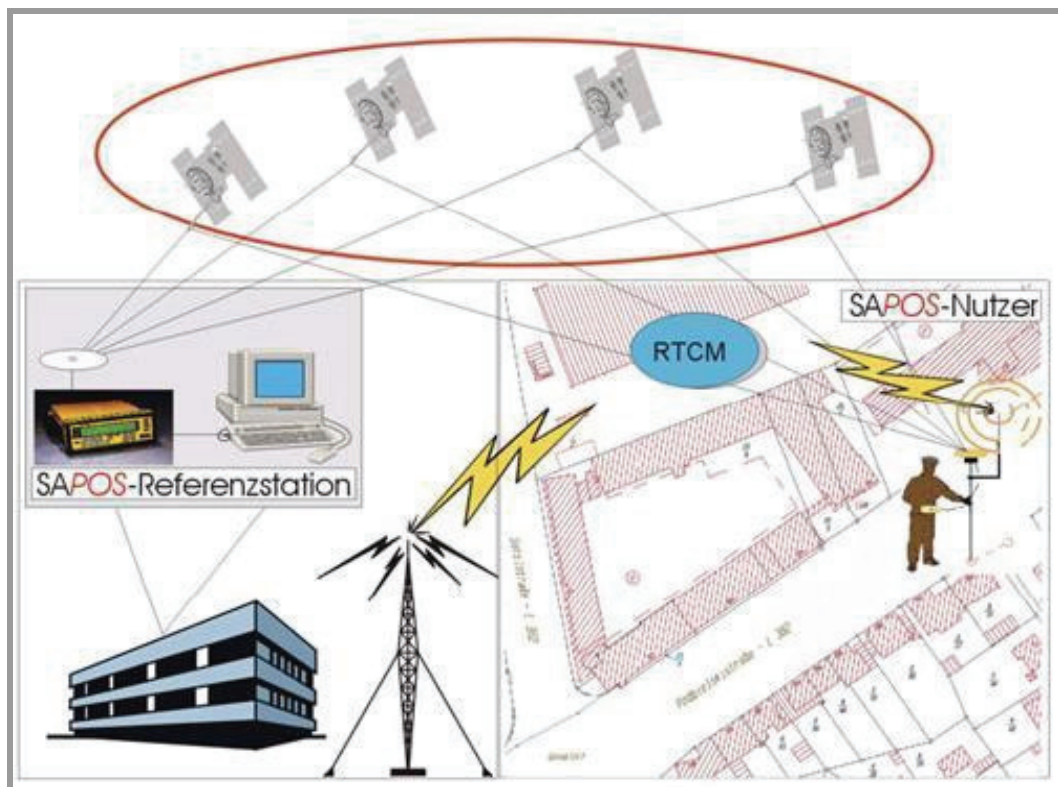


Abb. 5.1: Funktionsprinzip von SAPOS[®] [30]

Mecklenburg-Vorpommern ist mit 17 von über 260 Referenzstationen der Bundesrepublik Deutschland an SAPOS® beteiligt (siehe Abb. 5.2).



Abb. 5.2: SAPOS® Referenzstationen in Mecklenburg-Vorpommern [25]

Ziel des SAPOS® ist es, Nutzern aus allen Bereichen - nicht nur des Vermessungswesens - durch korrigierte Messdaten, unter Einsatz eines DGPS-Empfängers, eine dreidimensionale Positionierung höchster Genauigkeit entweder in Echtzeit oder über Postprocessing zu ermöglichen. Da die Einsatzbereiche von SAPOS® sehr vielseitig sind und sich von den Aufgaben des amtlichen Vermessungswesens bis zu land- und forstwirtschaftlichen Aufgaben oder der Fahrzeugnavigation erstrecken, bedarf es verschiedener Genauigkeitsansprüche. Um den individuellen Anforderungen gerecht zu werden, bietet SAPOS® drei Service-Bereiche an:

Servicebereich	Verfahren	Genauigkeit
EPS	Echtzeit	0,5 m - 3 m
HEPS	Echtzeit	0,01 m - 0,02 m
GPPS	Postprocessing	0,01 m

Tab. 5.1: SAPOS®-Dienste im Überblick

Auf Grundlage der genauen Positionsbestimmung in Echtzeit, ist die Nutzung des SAPOS[®] - HEPS-Dienstes für das Liegenschaftskataster von großer Bedeutung und kam somit für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Punktbestimmungen zur Anwendung. Als Messgerät wurde der Zweifrequenz-Empfänger SR530 der Firma Leica Geosystems verwendet.



Abb. 5.3: Zweifrequenz-Empfänger SR 530
der Firma Leica Geosystems [27]

5.3 Vermessungsablauf

5.3.1 Transformation ins Bezugssystem S42/83-GK 3°

Das Bezugssystem von SAPOS[®] ist das European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS 89). Gemäß dem Landesbezugssystemerlass für das Land Mecklenburg-Vorpommern vom 15. März 2005 ist dieses System das amtliche geodätische Bezugssystem der Lage. Da gemäß Landesbezugssystemerlass eine einheitliche Umstellung auf das amtliche geodätische Bezugssystem ETRS 89 lediglich empfohlen wird, bleibt die Nutzung anderer Bezugssysteme weiterhin möglich. Deshalb ist in Mecklenburg-Vorpommern derzeit weiterhin das Lagebezugssystem S42/83-GK 3° gebräuchlich.

Da kein direkter Bezug zwischen beiden Systemen besteht, muss eine Transformation der Punkte vom ETRS 89 zum S42/83 erfolgen.

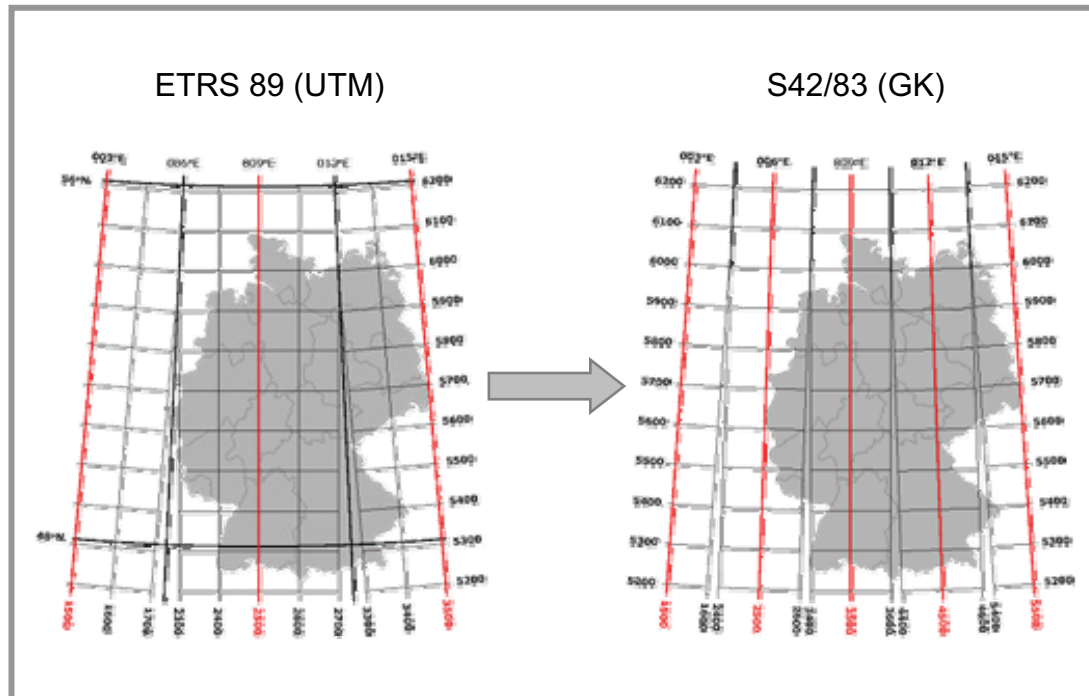


Abb. 5.4: Transformation zwischen Lagebezugssystem ETRS 89 und S42/83 [25]

Dies wurde durch die Transformation über die Blatteckenwerte der entsprechenden TK 25 realisiert. Hierfür wurden durch das Landesamt für innere Verwaltung die Koordinaten der Blattecken der entsprechenden TK 25 in beiden Bezugssystemen als virtuelle, identische Punkte zur Verfügung gestellt. Um einen Transformationsatz zu berechnen, wurden die Koordinaten der o.a. Blattecken, in dem sich das Vermessungsgebiet befindet, in den Controller des GPS-Empfängers eingegeben. Nachdem die Einstellungen entsprechend konfiguriert wurden, war es möglich, Punkte in Echtzeit im System S42/83- GK 3° zu bestimmen oder abzustecken.

5.3.2 Durchführung der Vermessung

Die Durchführung der Vermessung mittels SAPOS[®] beschränkte sich auf die Bestimmung der einzelnen Aufnahmepunkte, welche für den terrestrischen Teil des hybriden Vermessungsverfahrens (Tachymeter) als Anschlusspunkte verwendet wurden. Weiterhin wurden die SAPOS[®] - messtauglichen TP bestimmt, um diese mit den vorhandenen Gauß-Krüger-Koordinaten zu vergleichen. Dies diente lediglich der Kontrolle.

Wie unter 5.2 beschrieben ermöglicht das SAPOS[®] HEPS-Verfahren Punktbestimmungen mit einer Genauigkeit von 1 - 2 cm. Um diese Lagegenauigkeiten zu realisieren, müssen gemäß der Verwaltungsvorschrift SatLiVermVV M-V folgende Punkte beachtet werden:

- Der GPS-Empfänger wird unter Verwendung eines Stativs lotrecht über den jeweils zu messenden Punkt aufgebaut.
- Die Elevationsmaske beträgt mindestens 10°, damit Fehler durch Beobachtung von Satelliten mit niedriger Elevation nicht entstehen.
- Der PDOP (Position Dilution of Precision), welcher die Positionsgenauigkeit beschreibt, soll den Wert drei nicht überschreiten.
- Die Dauer der Initialisierung sollte nicht mehr als 3 Minuten betragen.
- Die Punktmessung sollte mindestens 30 Sekunden dauern.
- Die Punktbestimmung sollte doppelt und unabhängig voneinander erfolgen.

Unter Beachtung der o.a. Punkte erfolgte die Koordinatenbestimmung der TP 22400, 22800, 23300 sowie der Aufnahmepunkte 1-3, 100 und 101.

Der Ablauf der terrestrischen Messung erfolgte wie unter Kapitel 4.1.3 beschrieben.

5.4 Auswertung und Genauigkeiten

5.4.1 Datenübernahme mit dem Programmsystem Leica Geo Office

Die Übernahme der mittels SAPOS[®] gemessenen Daten erfolgte mit dem Programmsystem Leica Geo Office. Dieses Programmsystem ermöglicht den Datenfluss zwischen dem im Außendienst verwendeten GPS- Empfänger und der weiterverarbeitenden CAD- Software. Da es sich bei den vorliegenden Koordinaten bereits um Gauß-Krüger-Koordinaten in Echtzeit handelt, war eine weitere Berechnung nicht notwendig. Die Daten wurden demzufolge in das Programmsystem eingelesen und die Ergebnisse der Messungen ausgegeben sowie genauer analysiert. Informationen wie z.B. über die Anzahl der verwendeten Satelliten, die Höhe der PDOP- Werte und die Differenzen der Doppelmessungen wurden hierfür genauer betrachtet.

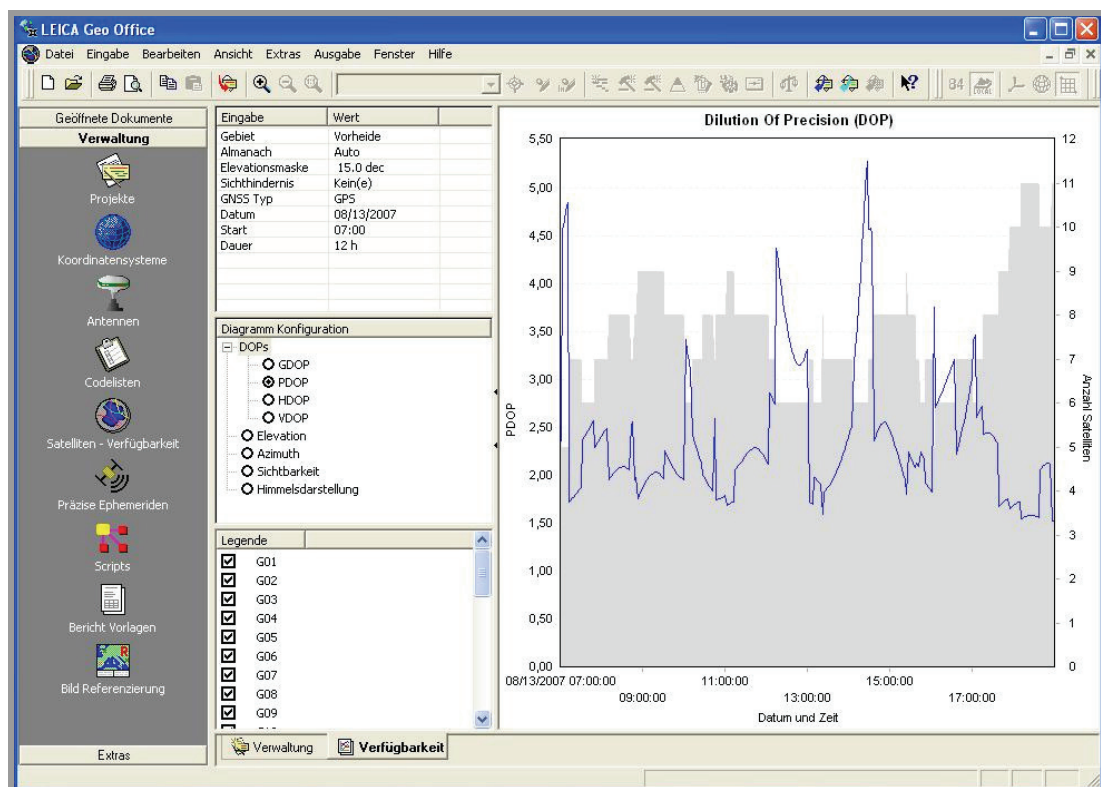


Abb. 5.5: Programm Leica Geo Office [Screenshot]

5.4.2 Bewertung der Ergebnisse

Der PDOP gibt Auskunft über die Satellitengeometrie und beschreibt die Genauigkeit der Position eines Punktes.

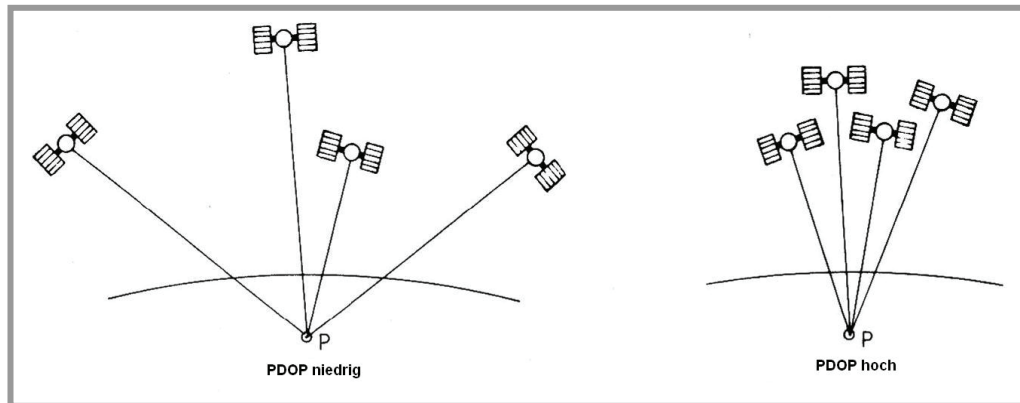


Abb. 5.6: PDOP [18]

Wie schon unter 5.3.2 ausgeführt, darf dieser Indikator bei der Messung den Wert drei nicht überschreiten. Für die erste Messung beträgt der PDOP-Wert durchschnittlich 2,4 mit einem Maximum von 2,8. Im Durchschnitt standen 7 Satelliten zur Verfügung. Bei der zweiten Messung, bei der im Durchschnitt 9 Satelliten beobachtet wurden, beträgt der Wert im Mittel 1,8 und im Maximum 2,5. Da die PDOP-Werte somit alle im Toleranzbereich liegen und eine ausreichende Anzahl an Satelliten zur Verfügung standen, kann eine gute Satellitenkonstellation nachgewiesen werden (siehe Tab. 5.2).

Punktnummer	Messung 1		Messung 2		PDOP Mittel
	PDOP	Satelliten	PDOP	Satelliten	
TP 22400	2,2	8	1,8	10	2,0
TP 22800	2,8	7	1,7	9	2,3
TP 23300	2,4	8	-	-	-
AP 1	2,6	7	1,7	10	2,2
AP 2	2,4	7	1,5	11	2,0
AP 3	2,7	6	1,5	11	2,1
AP 100	2,2	6	1,8	9	2,0
AP 101	2,0	6	2,5	7	2,3
Mittelwert	2,4	6,9	1,8	9,6	2,1

Tab. 5.2: PDOP- Werte, Anzahl der verwendeten Satelliten

Zur Beurteilung der tatsächlich erreichten Genauigkeit wurden die Ergebnisse der Doppelmessungen verglichen sowie die Standardabweichungen der Mittelwerte berechnet. Für die mittels SAPOS® doppelt bestimmten Punkte wurde eine durchschnittliche Lagedifferenz von 10 mm mit einem Maximum von 19 mm im AP 1 ermittelt.

Punktnummer	Doppelmessungsdifferenzen		
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Lageabweichung [m]
TP 22400	-0,005	0,010	0,011
TP 22800	0,008	-0,003	0,009
AP 1	-0,017	-0,009	0,019
AP 2	0,006	0,009	0,011
AP 3	0,003	0,003	0,004
AP 100	0,011	-0,004	0,012
AP 101	-0,006	0,001	0,006
Mittelwert	0,008	0,006	0,010

Tab. 5.3: Doppelmessungsdifferenzen

Die Berechnung der Standardabweichung des Mittelwertes der Rechts- und Hochwerte ergab für den Rechtswert eine Standardabweichung im Mittel von 4 mm (Maximum 9 mm) und für den Hochwert von 3 mm (Maximum 5 mm). Die daraus ermittelte Standardabweichung der Lage beträgt im Mittel 5 mm und im Maximum 10 mm.

Punktnummer	Standardabweichung des Mittelwertes		
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Lageabweichung [m]
TP 22400	0,002	0,005	0,006
TP 22800	0,004	0,002	0,004
AP 1	0,009	0,004	0,010
AP 2	0,003	0,005	0,005
AP 3	0,001	0,001	0,002
AP 100	0,006	0,002	0,006
AP 101	0,003	0,001	0,003
Mittelwert	0,004	0,003	0,005

Tab. 5.4: Standardabweichung des Mittelwertes

Somit ist festzustellen, dass die mittels SAPOS[®] ermittelten Koordinaten eine gute Genauigkeit aufweisen, so dass diese für die weitere Berechnung der terrestrischen Messung geeignet sind. Ausgehend von den SAPOS[®] - Koordinaten der Aufnahmepunkte als Anschlusspunkte erfolgte die Berechnung wie unter Kapitel 4.2.2 beschrieben.

Um eine Aussage über die Genauigkeit der Messpunkte zu erhalten, wurden die Standardabweichungen der mit dem Tachymeter TC 1700 gemessenen Richtungen und Strecken, wie im Kapitel 4.2.2 beschrieben, ermittelt.

Anhand dieser Standardabweichungen lässt sich der Mittelwert der Standardabweichungen für die Richtungen berechnen (siehe Tabelle 5.5).

Der Mittelwert beträgt $s(r)_n = 0,98$ mgon.

Standpunkt	$s(r)_n$ [mgon]
TP 22800	0,51
AP 1	1,16
AP 2	1,27
Mittelwert $S(r)_n$ in [mgon]	0,98

Tab. 5.5: Mittelwert der Standardabweichungen für die Richtungen

Die Standardabweichung einer einfach beobachteten Strecke (1km) ist die gleiche wie in Kapitel 4.2.2 ($s_0 = 0,83$ mm), da es sich um dieselbe Tachymeter- Messung handelt und lediglich andere Anschlusskoordinaten (SAPOS[®] - Koordinaten) verwendet wurden.

Die Standardabweichung einer Strecke von L_{km} Länge beträgt dementsprechend:

$$s = s_0 \cdot (0,5 + 0,5 \cdot L_{km}) \quad ; \quad s_0 = 0,83 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{s = 0,83 \text{ mm} \cdot (0,5 + 0,5 \cdot L_{km})}}$$

5.4.3 Koordinatenabweichungen der SAPOS® - Messung

Um die Zuverlässigkeit der mittels SAPOS® gemessenen Punkte zu kontrollieren, wurden diese mit den vorhandenen amtlichen Koordinaten der trigonometrischen Punkte sowie mit den durch das terrestrische Messverfahren bestimmten Polygonpunkten verglichen. Diese Gegenüberstellung soll als Maß der äußeren Genauigkeit dienen. Wie der Tabelle 5.6 zu entnehmen ist, betragen die Differenzen zu den trigonometrischen Punkten im Durchschnitt für den Rechtswert 11 mm (Maximum 16 mm), für den Hochwert 8 mm (Maximum 14 mm) und für die Lage 15 mm (Maximum 16 mm).

Punktnummer	Differenz TP - SAPOS®		
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Lageabweichung
TP 22400	0,016	0,003	0,016
TP 22800	0,001	-0,014	0,014
TP 23300	0,015	0,007	0,016
Mittelwert	0,011	0,008	0,015

Tab. 5.6: Differenzen zwischen trigonometrischen Festpunkten und der SAPOS® - Messung

Der Vergleich mit den terrestrisch bestimmten Polygonpunkten zeigt, dass die Differenzen im Durchschnitt für den Rechtswert 6 mm (Maximum 13 mm), für den Hochwert 10 mm (Maximum 16 mm) und für die Lage 13 mm (Maximum 19 mm) betragen (siehe Tabelle 5.7).

Die Koordinatenabweichungen sind somit sehr gering und zeigen, dass mittels SAPOS® Lagegenauigkeiten von 1-2 cm erreicht werden können.

Punktnummer	Differenz Polygonpunkte - SAPOS®		
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Lageabweichung
AP 1	0,001	-0,011	0,011
AP 2	-0,010	-0,016	0,019
AP 3	-0,013	-0,008	0,016
AP 100	0,001	-0,012	0,012
AP 101	0,007	0,000	0,007
Mittelwert	0,006	0,010	0,012

Tab. 5.7: Differenzen zwischen den terrestrisch bestimmten Aufnahmepunkten und der SAPOS® - Messung

6 Luftbildphotogrammetrie

In diesem Kapitel wird ein kurzer Überblick über das Messverfahren der Luftbildphotogrammetrie zur topographischen Erfassung der Erdoberfläche gegeben. Hierzu werden die einzelnen Arbeitsschritte, welche durch die Blom Deutschland GmbH im Zuge des Bodenordnungsverfahrens Rehberg durchgeführt wurden, näher erläutert.

6.1 Durchführung der Luftbildphotogrammetrie

6.1.1 Projekt- und Bildflugplanung

Die Erfassung der Messobjekte bei der Luftbildphotogrammetrie erfolgt über Aufnahmekameras, welche in Flugzeuge eingebaut sind. Hierbei werden Luftbilder unter Berücksichtigung der vorgegebenen Anforderungen in analoger oder digitaler Form hergestellt. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, ist eine sorgfältige Planung des Bildfluges Voraussetzung. Dabei sind folgende Parameter von Bedeutung:

- Aufnahmezeitpunkt (Jahreszeit / Belaubung),
- Kamerateyp,
- Abbildungsmaßstab bzw. Pixelgröße,
- Flughöhe- und evtl. Flugzeugtyp,
- Längs- und Querüberdeckung,
- Befliegungsrichtung und
- Passpunktdichte.

Basierend auf diesen Parametern kann der Bildflug berechnet und ein Bild- und Flugplan erstellt werden.

6.1.2 Passpunktsignalisierung

Um bei der Luftbildauswertung eine Verbindung zwischen dem Bildkoordinatensystem und dem übergeordneten Koordinatensystem (z.B. S42/83) herstellen zu können, werden Passpunkte benötigt. Dies sind Punkte, von denen die Objektkoordinaten im übergeordneten System bekannt sind und deren Koordinaten im Luftbild eindeutig gemessen werden können. Dabei wird zwischen Vollpasspunkten, Verknüpfungspunkten und Höhenpasspunkten unterschieden. Als Passpunkte werden gut sichtbare Punkte wie z.B. Kanaldeckel, Regeneinläufe, Fahrbahnmarkierungen, Lagefestpunkte oder Straßenbegrenzungspunkte verwendet (siehe Abb. 6.2, 6.3). Diese werden entweder vor der Befliegung festgelegt und signalisiert oder nach der Befliegung anhand der Luftbilder ermittelt. Dabei ist auf eine gleichmäßige Verteilung im Luftbildverband - vor allem in den Überlappungsbereichen - zu achten. Sind die Objektkoordinaten dieser Punkte im übergeordneten System nicht bekannt, so können diese terrestrisch oder mit Hilfe von DGPS (z.B. SAPOS[®]) bestimmt werden.

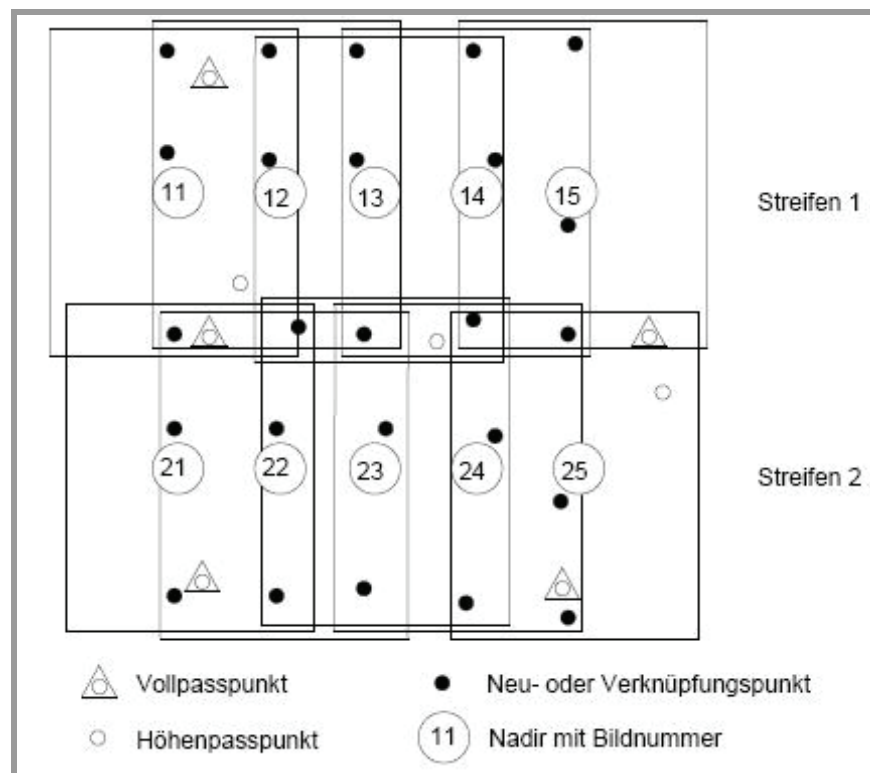


Abb. 6.1: Anordnung der Passpunkte in einem Luftbildverband [14]



Abb. 6.2: Beispiel für natürlichen Passpunkt - Übersicht [Blom Deutschland GmbH]



Abb. 6.3: Beispiel für natürlichen Passpunkt - Vergrößerung [Blom Deutschland GmbH]

6.1.3 Bildflug

Nachdem die Bildflugplanung und die Passpunktsignalisierung abgeschlossen sind, kann der Bildflug durchgeführt werden. Dieser erfolgte im Rahmen des Bodenordnungsverfahrens Rehberg nach dem Prinzip der Flächenbefliegung. Wichtigstes Kriterium hierbei ist die lückenlose stereoskopische Überlappung der Luftbilder untereinander. Hierzu wurde das Gebiet von 10 parallel angelegten Flugbahnen aus streifenweise photographiert, wobei sich die einzelnen Luftbilder im Streifen zu 60% überdecken und die Streifen untereinander zu 30% überlappen. Die folgende Abbildung zeigt diese Anordnung und erläutert die wichtigsten Begriffe.

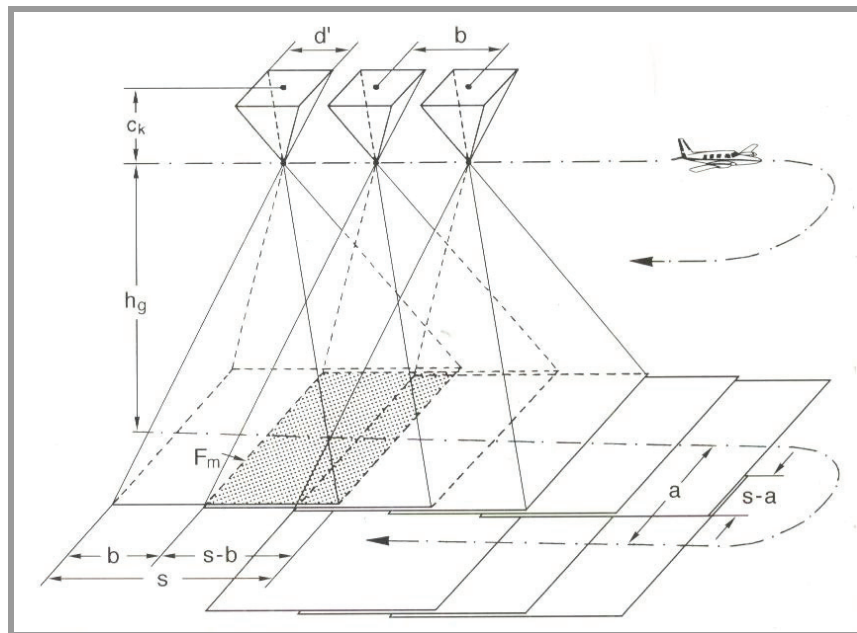


Abb. 6.4: Bildfluganordnung bei Aufnahme mehrerer Streifen (Flächenbefliegung) [1]

<u>Legende:</u>	d'	=	Filmformatgröße
	b	=	Basis (Abstand der einzelnen Aufnahmen)
	c_K	=	Kamerakonstante
	h_g	=	Flughöhe über Grund
	F_m	=	Modellfläche (stereoskopisch auswertbare Fläche)
	a	=	Abstand zwischen den Flugstreifen
	$s-a$	=	Querüberdeckung
	$s-b$	=	Längsüberdeckung
	s	=	Bildseite im Gelände

Zu dem Bildflug wurde ein Protokoll erstellt, in dem die Parameter des Bildfluges und der verwendeten Kamera dokumentiert sind (siehe Anlage 5).

6.2 Auswertung der Luftbilder

6.2.1 Aerotriangulation

Vorraussetzung für die photogrammetrische Auswertung von Luftbildern ist die Aerotriangulation. Dieser Arbeitsschritt wurde durch die Blom Deutschland GmbH mit Hilfe der Software Match-AT der Inpho- GmbH durchgeführt.

Die Aerotriangulation ist ein Verfahren zur simultanen rechnerischen Einpassung bzw. Orientierung beliebig vieler im Raum angeordneter Luftbilder (Strahlenbündel). Diese werden dabei zu einem festen Bildverband verknüpft (relative Orientierung). Die Verknüpfung erfolgt zwischen den Luftbildern innerhalb der einzelnen Flugstreifen sowie der Luftbilder verschiedener Flugstreifen. Weiterhin wird rechnerisch der Zusammenhang zwischen den Bildkoordinaten und den Objektkoordinaten hergestellt, was auch als absolute Orientierung bezeichnet wird. Dadurch werden georeferenzierte Luftbilder erzeugt, welche dann die Grundlage für die Erstellung von digitalen topografischen Kartenwerken, Höhenmodellen, Orthophotos sowie digitaler Luftbildkarten darstellen. Die Abb. 6.5 zeigt das Grundprinzip der Aerotriangulation.

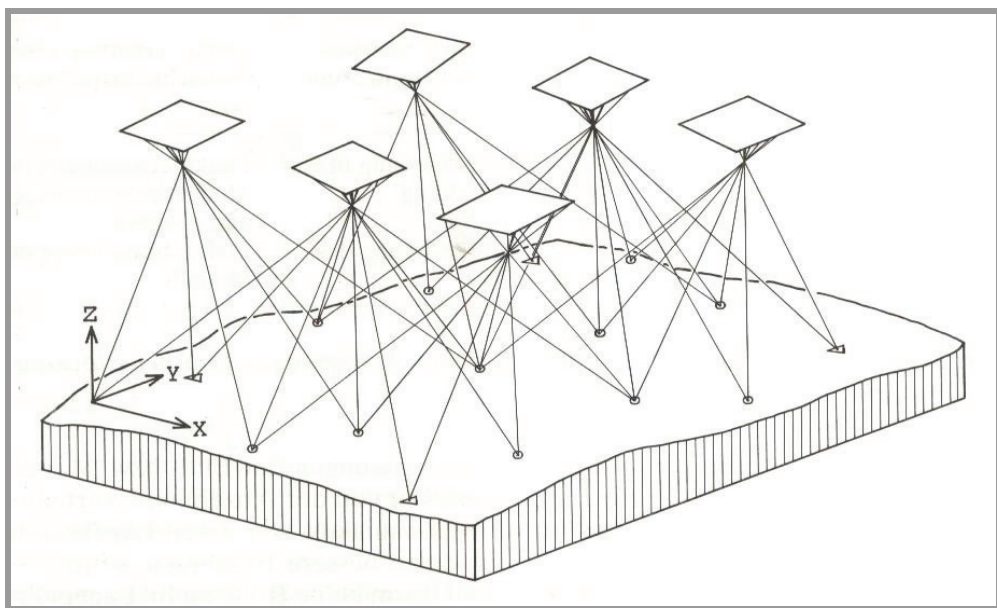


Abb. 6.5: Prinzip der Aerotriangulation [9]

6.2.2 Stereoskopische Luftbildauswertung

Aufbauend auf der Aerotriangulation der Luftbilder wurde dann die stereoskopische Auswertung durchgeführt. Dies erfolgte unter Verwendung der Software MicroStation der Firma Bentley®. Mit dieser Software ist es möglich, aus den sich überlappenden Luftbildern, Vektordaten zu erzeugen. Hierfür verwendet die auswertende Person eine spezielle 3D-Brille, welche die räumliche Tiefenwirkung sichtbar macht und somit ermöglicht, in den Luftbildern Gebäude und sonstige Topographie zu kartieren (siehe Abb. 6.6). Diese über die Kartierung erzeugten Daten können dann durch ein CAD-Programm weiterverarbeitet und z.B. in Form eines Planes ausgegeben werden.



Abb. 6.6: Stereoskopische Luftbildauswertung - Arbeitsplatz u. Ergebnis [Screenshot]

6.2.3 Örtlicher Vergleich und Ergänzungsmessungen

Da in den Luftbildern aufgrund von nicht sichtbaren Bereichen nicht alle Elemente eindeutig erkennbar sind, ist es notwendig, einen örtlichen Vergleich durchzuführen. Hierzu wurden die durch die Kartierung erzeugten Daten anhand von Plots mit der Örtlichkeit verglichen und die fehlenden topographischen Elemente terrestrisch oder mit Hilfe von SAPOS® eingemessen. Diese Ergänzungsmessungen wurden dann in die Kartierung eingearbeitet.

6.2.4 Erstellung der Grundrissdatei und Objektbildung mit dem Programmsystem DAVID

Zur Erstellung der Grundrissdatei wurden mit dem Programmsystem DAVID die mit MicroStation kartierten Daten sowie die Ergänzungsmessungen weiterverarbeitet. Hierzu wurden die artspezifischen Linien und Punkte miteinander verbunden und die Flächen der verschiedenen Nutzungsarten mit einem geschlossenen Umring versehen (siehe Abb. 6.7).

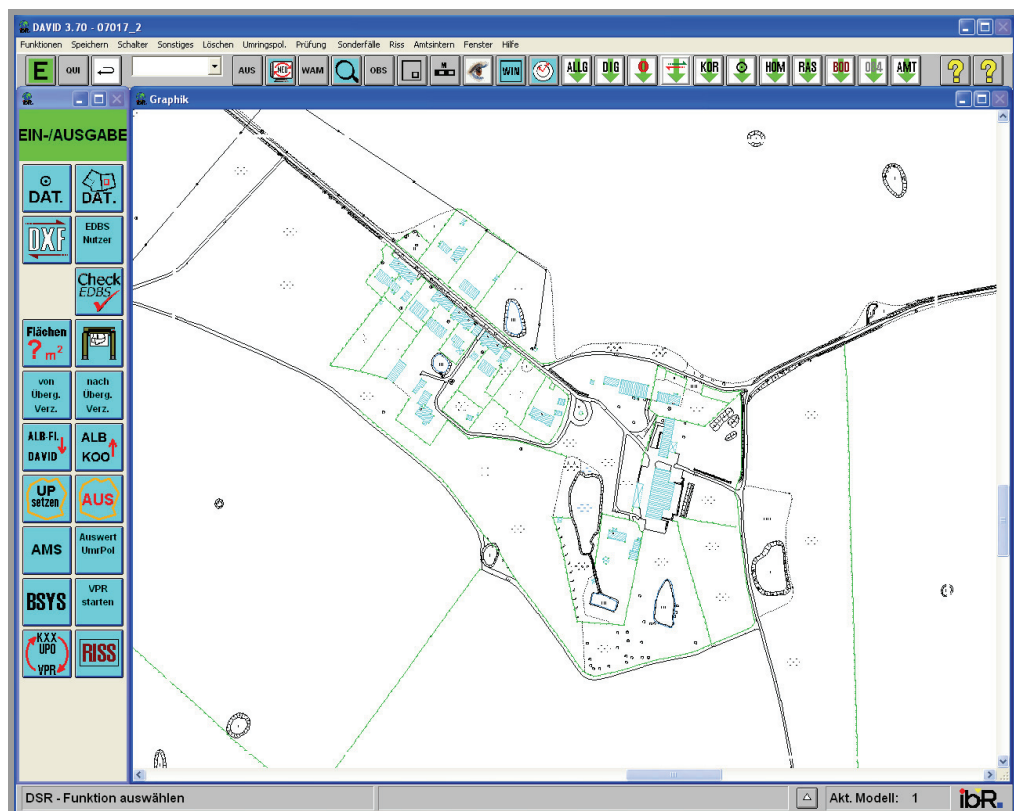


Abb. 6.7: Programmsystem DAVID - Ansicht Grundrissdatei [Screenshot]

Weiterhin wurde die Objektbildung mit dem Programmsystem DAVID durchgeführt. Dabei wurden die Karteninformationen unter Verwendung des Objektabbildungskatalogs (OBAK M-V) in logische Objekte strukturiert und in verschiedenen Folien (Ebenen) abgelegt. Wie die Abb. 6.8 zeigt, ist es durch diese Folienstruktur möglich, die Karteninhalte nach thematischen Gesichtspunkten zu trennen und durch eine farblich unterschiedliche Darstellung zu visualisieren.

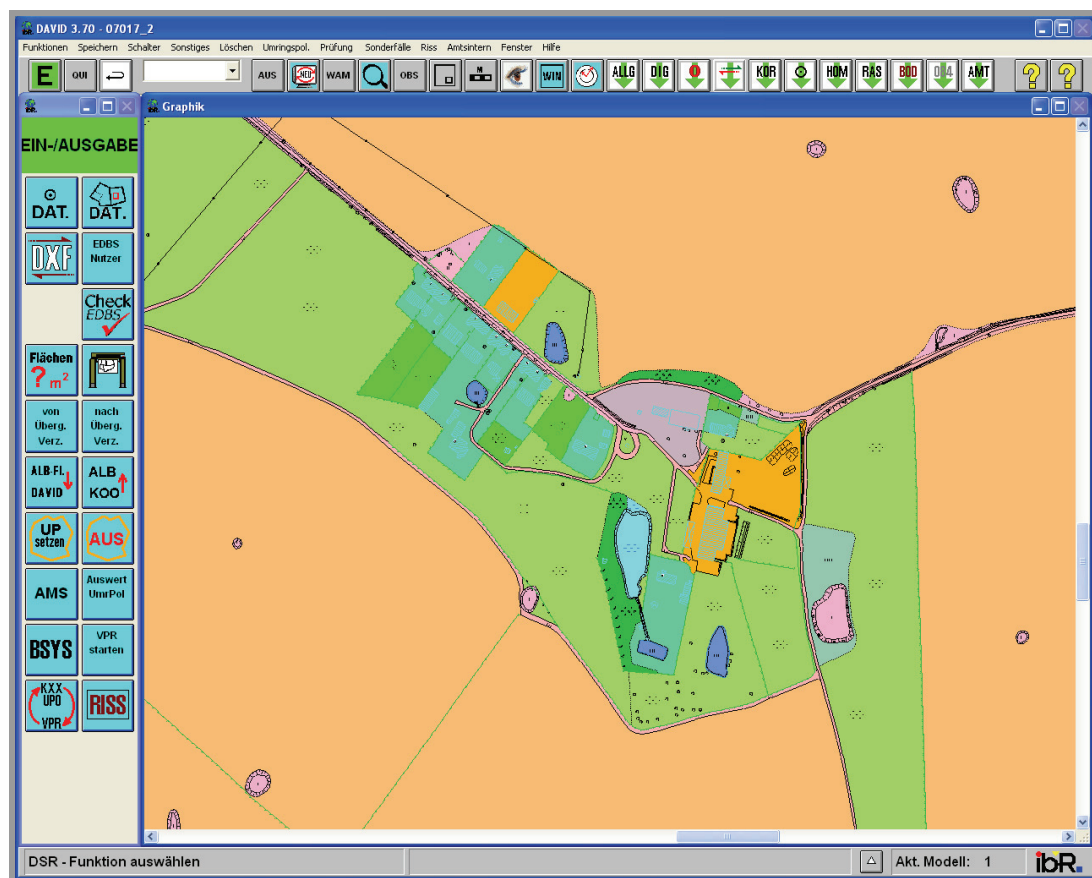


Abb. 6.8: DAVID - Ansicht nach Objektbildung mit Darstellung der Nutzungsarten [Screenshot]

Nachdem die Erstellung der Grundrissinformationen sowie die Objektbildung abgeschlossen wurden, konnten die Ergebnisse der topographischen Aufnahme entsprechend den Vorgaben ausgegeben und dem Amt für Landwirtschaft zur weiteren Verarbeitung übergeben werden.

6.2.5 Erstellung von Orthophotos

Neben der topographischen Aufnahme gehörte die Herstellung von Orthophotos zum Leistungsumfang der Blom Deutschland GmbH. Hierzu wurden die Luftbilder, bei denen es sich um zentralperspektivische Abbildungen der Landschaft handelt, unter Verwendung der Software Orthomaster und Orthovista der Inpho- GmbH weiterverarbeitet. Aufgrund von Geländehöhenunterschieden und nicht exakt senkrechten Aufnahmerichtungen geben Luftbilder das abgebildete Gelände verzerrt und nicht maßstabsgetreu wieder (siehe Abb. 6.9).



Abb. 6.9: Abbildung des Geländes in Karte und Luftbild. Links: Parallelprojektion der Karte; Rechts: Zentralprojektion eines Luftbildes [1]

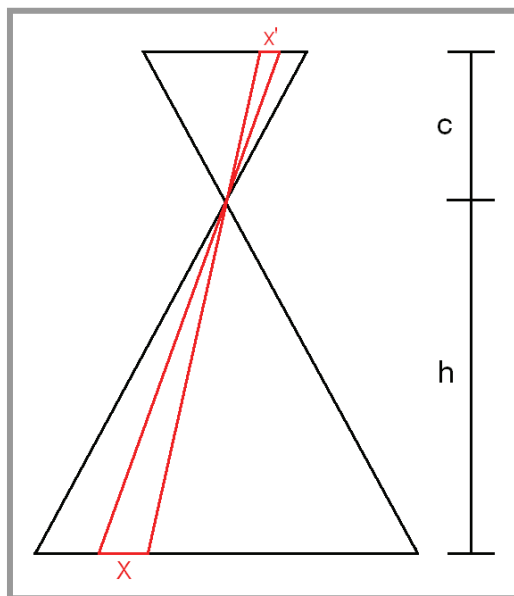
Damit in den Orthophotos wie in einer Karte gemessen werden kann oder diese in einem digitalen Informationssystem hinterlegt werden können, müssen die Luftbilder unter Berücksichtigung der Höhenunterschiede entzerrt und der Bezug zu einem Koordinatensystem hergestellt werden.

Hierzu werden die Luftbilder unter Verwendung eines digitalen Geländemodells rechnerisch korrigiert und somit zu einer verzerrungsfreien natur- und maßstabstreuen fotografischen Abbildung der Erdoberfläche (Orthophoto = orthogonale Parallelprojektion) umgebildet.

Orthophotos können zur Unterstützung der Planung und Durchführung von Bodenordnungsverfahren eingesetzt werden. So kommen Orthophotos sowohl bei der Planung des Wege- und Gewässernetzes als auch bei der Neugestaltung der Flurstücke zum Einsatz.

6.3 Genauigkeiten der Luftbildvermessung

Um eine Aussage über die Genauigkeit der verwendeten Luftbilder zu treffen, wurden das eingesetzte Kamerasystem und die Aufnahmekonfigurationen näher betrachtet. Wie dem Bildflugprotokoll (siehe Anlage 5) zu entnehmen ist, wurde die digitale Kamera UltracamD von der Firma Vexcel verwendet. Diese Kamera hat eine Kamerakonstante von $c_k = 101,4$ mm und liefert digitale Bilder mit einer Größe von 11500 x 7500 Pixel bei einer Pixelgröße von 9 μm . Weiterhin ist dem Protokoll zu entnehmen, dass der Bildflug mit einer Flughöhe von ~ 1000 m durchgeführt wurde. Da das Verhältnis der Flughöhe zur Kamerakonstante dem Verhältnis der Bildstrecke zur entsprechenden Strecke im Gelände und somit dem Bildmaßstab entspricht, kann hieraus die Bodenauflösung ermittelt werden. Der Bildmaßstab konnte dabei dem Protokoll zur Aerotriangulation (siehe Anlage 5) entnommen werden und beträgt 1:9284. Folgende Abbildung und Formel verdeutlichen die Beziehung:



$$m_b = \frac{1}{M_b} = \frac{h}{c} = \frac{X}{x'} \quad (6.01)$$

m_b = Bildmaßstabszahl

$\frac{1}{M_b}$ = Bildmaßstab

h = Flughöhe

c = Kamerakonstante

x' = Strecke im Bild

X = Strecke im Gelände

Abb. 6.10: Definition des Bildmaßstabes [11]

Demzufolge ergibt sich auf Grund der verwendeten Parameter eine Bodenauflösung von $\sim 8,4$ cm.

Im Folgenden wird untersucht, welche Objektpunktgenauigkeiten im Zuge der Luftbildauswertung zu erwarten sind. Hierzu werden die Fehlereinflüsse zum einen durch die Aerotriangulation und zum anderen durch die Bildmessgenauigkeit näher betrachtet.

Durch Messfehler bei der Bestimmung von Pass- oder Verknüpfungspunkten oder Winkelfehler bei der Orientierung des Aufnahmesystems und weiteren Einflussfaktoren (näheres siehe [12] und [15]), sind die Eingangsgrößen für die Aerotriangulation gewissen Fehlerquellen unterworfen. Demzufolge ergeben sich nach der Aerotriangulation Differenzen zwischen den Bildkoordinaten und den Objektkoordinaten. Für das Bodenordnungsverfahren Rehberg ergab die Aerotriangulation eine Standardabweichung von 0,2 Pixel. Bei einer Bodenauflösung von $\sim 8,4$ cm entspricht dies ~ 2 cm in der Örtlichkeit.

Neben dem Einfluss durch die Aerotriangulation bildet die Kartiergenauigkeit eine weitere Fehlerquelle bei der Bestimmung der Objektkoordinaten. Die Kartierung wird, wie bereits beschrieben, unter Verwendung entsprechender Software durchgeführt. Diese ermöglicht es durch Zoomfunktionen den Messcursor präzise zu positionieren. Eine Aussage, mit welcher Genauigkeit dies erfolgt, ist aufgrund mehrerer Einflussfaktoren jedoch nur bedingt möglich. In einer Dissertation der Technischen Universität in Wien aus dem Jahre 2005 [6] wurde als Ergebnis mehrfacher Untersuchungen bezüglich der Genauigkeit der Digitalen Photogrammetrie eine Bildmessgenauigkeit von $\frac{1}{2,5}$ Pixel angegeben. Bei einer Bodenauflösung von $\sim 8,4$ cm ergibt dies somit eine Kartiergenauigkeit von ~ 3 cm.

Fasst man den Einfluss der Aerotriangulation und der Bildmessgenauigkeit zusammen, so kann für das Bodenordnungsverfahren Rehberg für eindeutig definierbare Punkte eine Lageabweichung von ~ 5 cm angenommen werden.

Unabhängig von diesen Berechnungen sind in der Fachliteratur Richtwerte über die Genauigkeit der photogrammetrischen Punktbestimmung zu finden. Hier wird angegeben, dass für signalisierte Punkte sowohl bei der analytischen als auch bei der digitalen Photogrammetrie für die Lage Richtwerte von $\pm 6 \mu\text{m}$ im Bild gelten. [6], [12] Über folgende Formel lässt sich dann die entsprechende Lagegenauigkeit in der Örtlichkeit berechnen:

$$\sigma_{XY(sig)} = \pm 6 \mu\text{m} * m_b \quad (6.02)$$

Bei dem im Bodenordnungsverfahren Rehberg verwendeten Bildmaßstab von 1:9284 ergibt dies eine Lagegenauigkeit von $\sim 5,6 \text{ cm}$. Das ist jedoch nur der Fall, wenn es sich um signalisierte oder um eindeutig definierbare Punkte, wie z.B. Kanaldeckel, handelt (siehe Abb. 6.11).

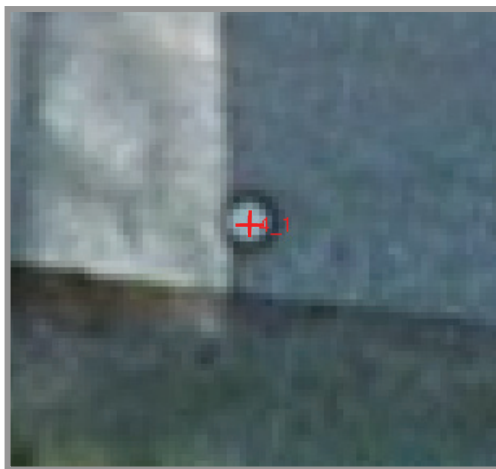


Abb. 6.11: Bsp. Kanaldeckel [Screenshot]

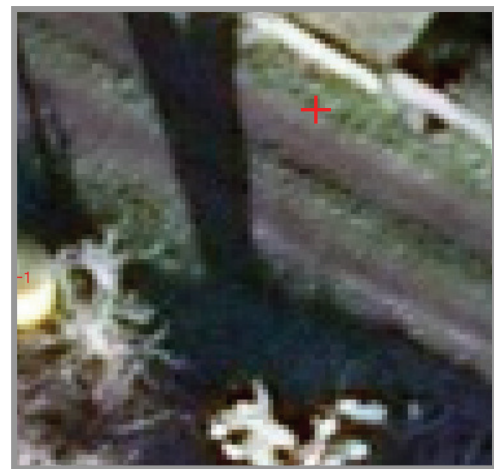


Abb. 6.12: Bsp. Wegpunkt [Screenshot]

Bei natürlichen Punkten wie zum Beispiel bei Wegpunkten (siehe Abb. 6.12) gelten zwar ebenfalls die Richtwerte, jedoch ist hier die Definitionsunsicherheit der weniger eindeutig definierbaren Punkte zu beachten. Diese kann z.B. bei Feldecken, Sträuchern oder Bäumen Dimensionen von mehreren Dezimetern annehmen. [12]

Der Richtwert für die signalisierten Punkte und die Definitionsunsicherheit der einzelnen Punktarten ergeben dann die Lagegenauigkeit der natürlichen Punkte, was durch folgende Formel verdeutlicht wird:

$$\sigma_{XY(nat)} = \sqrt{\sigma_{XY(sig)}^2 + \sigma_{XY(def)}^2} \quad (6.03)$$

Vergleicht man die erreichten Lagegenauigkeiten, welche sich aus der Aerotriangulation und Bildmessgenauigkeit ergeben mit denen, welche anhand der geltenden Richtwerte ermittelt wurden, so kann für das Bodenordnungsverfahren Rehberg für eindeutig definierbare Punkte eine maximale Lagegenauigkeit von 5 - 6 cm angegeben werden. Bei den weniger eindeutig definierbaren sowie bei den natürlichen Punkten ist hierzu die entsprechende Definitionsunsicherheit zu beachten.

In wie weit diese Genauigkeiten auf die einzelnen Punktarten übertragbar sind und welche Lagefehler letztendlich erreicht wurden, wird in dem folgenden Kapitel näher untersucht.

7 Messdatenanalyse und -interpretation

In diesem Kapitel werden die Messergebnisse der einzelnen Vermessungsverfahren miteinander verglichen und untersucht, ob diese im Einzelnen den Punktlagegenauigkeitsanforderungen der Bodenordnung sowie des Liegenschaftskatasters entsprechen.

7.1 Genauigkeitsanforderungen

7.1.1 Anforderungen der Bodenordnung

Die Bestandsaufnahme der Orts- und Feldlage dient aus bodenordnerischer Sicht zum einen als Grundlage für die Wertermittlung und zum anderen als Planungs- und Zuteilungsgrundlage im weiteren Verfahrensablauf. Demzufolge ist es für die Wertermittlung erforderlich, wertbeeinflussende Informationen wie die tatsächliche Nutzung, sowie die wesentlichen Bestandteile der Grundstücke zu erfassen. Dies sind unter anderem bauliche Anlagen, Aufwuchs, Rohrleitungen, Versorgungsleitungen und Sölle. Als Planungsgrundlage, z.B. für das Wege- und Gewässernetz ist die Topographie des Verfahrensgebietes maßgebend. Außerdem ist die Bestandsaufnahme von öffentlichen Verkehrsflächen, Wirtschaftswegen, Siedlungen und Gewässern erforderlich.

In der Regel bilden diese topographischen Elemente die Grundlage zur Festlegung der neuen Grundstücksgrenzen. Da in der Feldlage eine Acker- oder Grabenkante aufgrund der eingeschränkten Definierbarkeit, nur mit einer Genauigkeit von einigen Dezimetern bestimmt werden kann, ist der Genauigkeitsanspruch für die Erfassung dieser „unscharfen“ topographischen Elemente entsprechend geringer als in der Ortslage. Eine Festlegung der Grundstücksgrenzen mit einer katastertechnischen Genauigkeit von wenigen Zentimetern, ist demzufolge nicht möglich.

In der Ortslage hingegen besteht eine höhere Genauigkeitsanforderung, da hier in der Regel die erfassten topographischen Elemente wie z.B. Zäune,

Mauern oder Gebäude, die Grundlage für die Festlegung der neuen Grundstücksgrenzen bilden. Hier ist somit eine Genauigkeit von wenigen Zentimetern einzuhalten, so dass nach der Neugestaltung der Grundstücke eindeutige Rechtsverhältnisse vorliegen. Mit der Unanfechtbarkeit des Bodenordnungsplanes sind das Grundbuch und das Liegenschaftskataster zu berichtigen. Daher sind die Anforderungen des Liegenschaftskatasters bei der Neubildung von Flurstücken zu berücksichtigen.

7.1.2 Anforderungen an das Liegenschaftskataster

Wie bereits erwähnt, müssen unabhängig von den Anforderungen der Bodenordnung, die Genauigkeitsanforderungen, die in den Verwaltungsvorschriften für das Liegenschaftskataster festgelegt sind, eingehalten werden. Das Liegenschaftskataster ist gemäß § 13 Abs. 2 VermKatG beim Vorliegen rechtskräftiger Ergebnisse, die auf Grund anderer Rechtsvorschriften entstanden sind, zu berichtigen. Bei der Bodenordnung handelt es sich hierbei um die Bodenschätzungsergebnisse, die erfassten Nutzungsartengrenzen sowie die Gebäude- und Grenzpunkte. Diese Berichtigung des Liegenschaftskatasters erfolgt nach der Unanfechtbarkeit des Bodenordnungsplanes aufgrund des § 61 LwAnpG in Verbindung mit dem § 79 FlurbG. Demzufolge müssen die Ergebnisse der Liegenschaftsvermessungen zur Berichtigung des Liegenschaftskatasters geeignet sein. Gemäß Nr. 5.2.2 LiVermA ist für neu bestimmte Grenz- und Gebäudepunkte die größte zulässige Lageabweichung von ± 7 cm in allen Messungsverfahren bei Mehrfachbestimmungen einzuhalten.

Abweichend hiervon ist im Werkvertrag mit der Blom Deutschland GmbH unter Punkt 3 festgelegt, dass Gebäudepunkte lediglich mit einfachem Aufmaß (Lagezuverlässigkeit 4; vgl. Anlage 13 der Verwaltungsvorschrift für die Führung der Punktdaten in Mecklenburg-Vorpommern – Teil A) zu bestimmen sind und die topographische Aufnahme von Gebäuden und baulichen Anlagen die Gebäudeeinmessung nach der LiVermA nicht ersetzt. Die größte zulässige Lageabweichung für Gebäude von ± 7 cm ist demzufolge hier nicht einzuhalten.

7.2 Genauigkeitsbetrachtung

Die Genauigkeitsbetrachtung beinhaltet den Vergleich der mit den einzelnen Vermessungsverfahren bestimmten Punkte, wobei die herkömmliche terrestrische Methode als Grundlage für den Vergleich dient.

7.2.1 Vergleich des terrestrischen Vermessungsverfahrens mit dem und hybriden Vermessungsverfahren

Wie schon erwähnt, wurden für den Vergleich in der Örtlichkeit eindeutig definierbare Punkte, als Vergleichspunkte festgelegt. Hierzu zählen Dachkanten, Kanaldeckel, Lampen, Masten, Zaunpunkte und Straßenbegrenzungspunkte.

Da beim hybriden Messverfahren lediglich die Anschlusspunkte mit SAPOS[®] bestimmt wurden und die topographische Aufnahme, wie beim terrestrischen Messverfahren, mit Tachymeter erfolgte, war zu erwarten, dass es zwischen terrestrischem und hybridem Messverfahren nur geringe Punktlageabweichungen geben wird. Dies wurde durch die maximalen Lageabweichungen der Vergleichspunkte, die nicht größer als 2 cm waren, bestätigt.

Demzufolge ist die Kombination dieser Verfahren hinsichtlich der Lagegenauigkeit mit dem terrestrischen Vermessungsverfahren identisch, so dass die Nutzung dieses Kombinationsverfahrens für die Bodenordnung und das Liegenschaftskataster empfohlen werden kann.

7.2.2 Vergleich des terrestrischen Vermessungsverfahrens mit der Luftbildauswertung

Wie in Kapitel 6.3 beschrieben, ist bei der Luftbildauswertung eine geringere Lagegenauigkeit als beim hybriden und terrestrischen Vermessungsverfahren zu erwarten. Da in dieser Arbeit die Ergebnisse der Luftbildauswertung näher untersucht werden sollten, wurden die größeren Lageabweichungen in 4 Klassen unterteilt und in der Abbildung 7.1 anschaulich dargestellt.

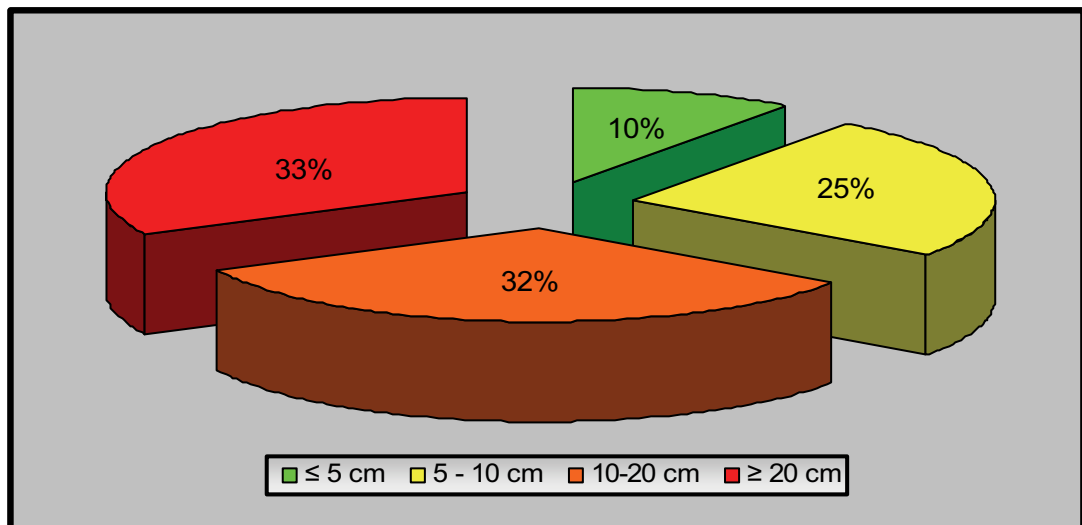


Abb. 7.1: Klassifizierung der Punktlageabweichungen zwischen Tachymetermessung und Luftbildauswertung

Aus Abb. 7.1 ist ersichtlich, dass 2/3 der Punkte eine Lageabweichung von weniger als 20 cm aufweisen und dementsprechend 1/3 der Punkte darüber liegen. Die Lageabweichungen der einzelnen Punktarten lassen sich in die entsprechenden Genauigkeitsklassen wie folgt einteilen:

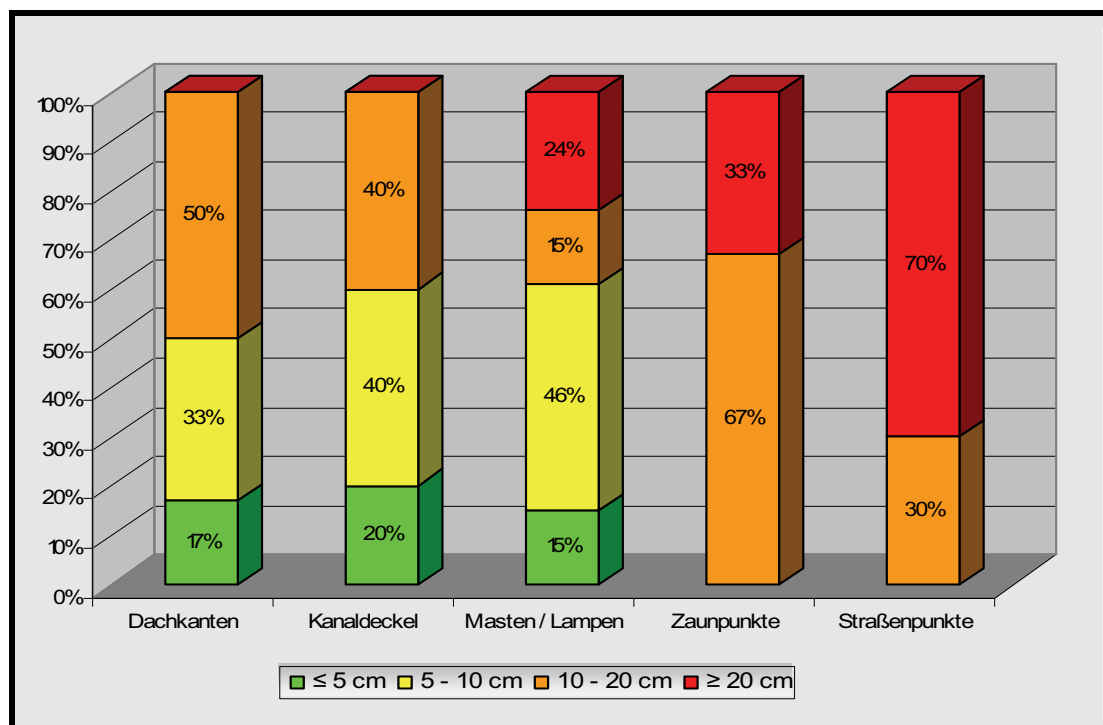


Abb. 7.2: Klassifizierte Punktlageabweichungen der einzelnen Punktarten

Aus Abb. 7.2 ist zu erkennen, dass die Punktlageabweichungen der Punktarten Dachkanten und Kanaldeckel zu 100% und die der Masten / Lampen zu 76 % geringer als 20 cm sind. Die Punktlageabweichungen dieser Punktarten liegen zwischen 2,6 cm im Minimum und 26,8 cm im Maximum und betragen im Mittel ~ 10 cm (siehe Anlage 6). Entgegen der getroffenen Aussage, dass Straßenbegrenzungs- und Zaunpunkte ebenfalls zu eindeutig definierbaren Punkten zählen, zeigen die ermittelten Punktlageabweichungen, dass die Definitionsunsicherheit im Luftbild, insbesondere bei den Straßenbegrenzungspunkten, doch erheblich größer ist. Diese betragen bei den Straßenbegrenzungspunkten 11,3 cm im Minimum bis 74,3 cm im Maximum und liegen im Mittel bei ~ 29 cm (siehe Anlage 6).

7.3 Interpretation der Ergebnisse der Luftbildauswertung

Wie schon erwähnt, ist bei den Genauigkeitsanforderungen für die Bodenordnung zwischen der Orts- und Feldlage zu unterscheiden.

Wie im Kapitel 7.1.1 bereits beschrieben, würde für die Feldlage aufgrund der „unscharfen“ topographischen Abgrenzungen von Ackerflächen, Gräben oder Wegen eine Lagegenauigkeit für die Abgrenzung dieser Flächen von wenigen Dezimetern genügen. Wie anhand der ermittelten Punktlageabweichungen zu erkennen ist, ist mittels Luftbildauswertung, auch unter Berücksichtigung der Definitionsunsicherheit, eine Punktlagegenauigkeit zu erreichen, welche den Genauigkeitsanforderungen für Punkte in der Feldlage genügt. Somit ist die Festlegung der neuen Grundstücksgrenzen entlang der anhand des Luftbildes kartierten Topographie möglich.

Für die Ortslage hingegen wird, wie in Kapitel 7.1.1 bereits erwähnt, eine Punktlagegenauigkeit von wenigen Zentimetern gefordert. Wie anhand der Ergebnisse der Luftbildauswertung zu erkennen ist, beträgt die mittlere Punktlageabweichung der eindeutig definierbaren Punkte ~ 10 cm. Diese Genauigkeit wäre aus bodenordnerischer Sicht vertretbar, jedoch ist erkennbar, dass ungefähr die Hälfte der eindeutig definierbaren Punkte Punktlageabweichungen von mehr als 10 cm aufweisen. Weiterhin ist zu

erkennen, dass Objektpunkte, die nicht eindeutig definiert werden können, Punktlageabweichungen von mehreren Dezimetern aufweisen und demzufolge die Eignung der Luftbildphotogrammetrie aus bodenordnerischer Sicht in Frage stellen. Die Ursachen dafür liegen insbesondere in der Vegetation sowie der Bebauung und der sich daraus ergebenden Verdeckung bzw. Beschattung grenzrelevanter Objektpunkte wie z.B. Zaun- oder Mauerpunkte, so dass diese nicht mit der erforderlichen Lagegenauigkeit erfasst werden können. Aufgrund der geringeren Punktlagegenauigkeit könnte eine anschließende Festlegung der neuen Grundstücksgrenze zu Grenzstreitigkeiten führen. Ein weiterer Aspekt, der eine sachgerechte Festlegung der neuen Grundstücksgrenzen anhand der topographischen Objektpunkte erschwert, ist die Erfassungsgenauigkeit der Gebäudepunkte und der Punkte baulicher Anlagen. Da bei der Luftbildauswertung lediglich die Dachüberstandspunkte kartiert wurden (siehe Abb. 7.3 rote Linie), ist der Grundriss der Gebäude (siehe Abb. 7.3 grüne Linie) aufgrund der Dachüberstände, die Größen von über 1 m einnehmen können, nicht katastermäßig darstellbar.



Abb. 7.3: Draufsicht Gebäude



Abb. 7.4: Frontansicht Gebäude

Somit wird zum einen die Durchführung einer sachgerechten Grenzfestlegung entlang von Gebäuden erschwert und zum anderen ist es für die Flurneuordnungsbehörde nicht möglich, einen eindeutigen Grenzbezug zu den Gebäuden herzustellen.

Wegen der Genauigkeitsanforderungen des Liegenschaftskatasters ist, wie in Kapitel 7.1.2 bereits erwähnt, für neu bestimmte Grenz- und Gebäudepunkte die größte zulässige Lageabweichung von ± 7 cm einzuhalten.

Da im Bodenordnungsverfahren Rehberg die Gebäudeumrisse lediglich durch einfaches Aufmaß - in diesem Fall Kartierung der Dachpunkte - zu bestimmen waren, ist festzustellen, dass diese den o.a. Genauigkeitsanforderungen bei weitem nicht entsprechen. Die erfassten Gebäudeumrisse dienen demzufolge in erster Linie als Planungsgrundlage. Nach Übergabe der Ergebnisse des Bodenordnungsverfahrens an die zuständige Kataster- und Vermessungsbehörde werden die erfassten Gebäudeumrisse, aufgrund der nicht ausreichenden Punktlagegenauigkeit, in einer speziellen Folie der ALK geführt und dienen als Überblick über die einmessungspflichtigen Gebäude. Sind Gebäude in der ALK noch nicht vorhanden, so wird durch die zuständige Kataster- und Vermessungsbehörde gegebenenfalls die Gebäudeeinmessung veranlasst.

Da aufgrund der Neuordnung der Eigentumsverhältnisse neue Grundstücksgrenzen gebildet wurden und aufgrund des unanfechtbaren Bodenordnungsplanes das Liegenschaftskataster berichtigt wird, sind für die Bestimmung der neuen Grenzpunkte die Genauigkeitsanforderungen der LiVermA einzuhalten. In der Feldlage ist eine Abmarkung nicht zwingend erforderlich, zumal die Grenzzeichen aufgrund der Bewirtschaftung verloren gehen. Hier ist in der Regel ausreichend den Grundstückseigentümern den Grenzverlauf der neu gebildeten landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Örtlichkeit anzuzeigen.

Anders ist es in der Ortslage. Hier ist eine Abmarkung notwendig, damit die Grundstückseigentümer den neuen Rechtszustand anerkennen und um grenzrelevanten Konflikten entgegenzuwirken. Nachdem unter Beachtung der vorhandenen Topographie die Sollkoordinaten der neuen Grenzpunkte bestimmt wurden, erfolgt die Abmarkung in der Örtlichkeit. Da sowohl die Abmarkung als auch die Aufmessung der neuen Grenzpunkte durch die Flurneuordnungsbehörde als Vermessungsstelle gemäß § 3 Abs. 1 VermKatG durchgeführt wird, werden die Genauigkeitsanforderungen der LiVermA eingehalten.

Demzufolge hat die erreichte Punktlagegenauigkeit der unterschiedlichen Vermessungsverfahren bei der topographischen Aufnahme lediglich Einfluss darauf, mit welcher Genauigkeit die Grenzfestlegung erfolgt und ist somit gesondert zur Abmarkung und Aufmessung der Grenzpunkte zu betrachten.

7.4 Wirtschaftlichkeit der einzelnen Vermessungsverfahren

Neben der geometrischen Lagegenauigkeit ist die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Vermessungsverfahren näher zu betrachten. Hier sind in erster Linie der Zeit- und Personalaufwand maßgebend. In der folgenden Tabelle sind die für das Vermessungsverfahren mittels Luftbildphotogrammetrie von der Blom Deutschland GmbH benötigten Arbeitsstunden je Arbeitsschritt aufgeführt:

Arbeitsschritte	Dauer in h
1. Bildflugplanung / Bildflug	16
2. Passpunktmessung	10
3. Auswertung / Kartierung	168
4. Feldvergleich	32
5. Nachmessung	32
6. Grundrissdatei / Objektbildung	328
gesamt	586

Tab. 7.1: Dauer der einzelnen Arbeitsschritte

Demzufolge ergibt sich für die Personalkosten bei einer Gesamtdauer von 586 Stunden und einem fiktiven Stundensatz von 50 Euro ein Betrag, welcher ungefähr einem Drittel der für das Bodenordnungsverfahren Rehberg bezahlten Vergütung entspricht. Differenziert man die Arbeitsschritte in Datenerfassung (Arbeitsschritte 1, 2, 4 und 5) und Datenauswertung (Arbeitsschritte 3 und 6), so ergibt dies für die Datenerfassung im Außendienst eine Arbeitszeit von 90 Stunden und für die Datenauswertung im Innendienst eine Arbeitszeit von 496 Stunden.

In Anbetracht der Größe des Vermessungsgebietes von ~ 1500 Hektar und von 90 zu erfassenden Hofräumen, kann bei dem terrestrischen Vermessungsverfahren von 40 Außendiensttagen eines Vermessungstrupps ausgegangen werden. Dies ist jedoch lediglich ein Richtwert, da diesbezüglich keine genauen Daten vorliegen. Für das hybride Vermessungsverfahren wird gegenüber dem terrestrischen Vermessungsverfahren, aufgrund der schnelleren Aufnahmepunktbestimmung und

Messdatenerfassung in der Feldlage, von einer Zeitersparnis von ca. 30 % ausgegangen. Setzt man den Zeitaufwand der Vergleichsverfahren mit der Luftbildphotogrammetrie ins Verhältnis, so ergibt sich bei dem terrestrischen Vermessungsverfahren ein Verhältnis von 7:1 und bei dem hybriden Vermessungsverfahren ein Verhältnis von 5:1 zugunsten der Luftbildphotogrammetrie (siehe Abb. 7.5).

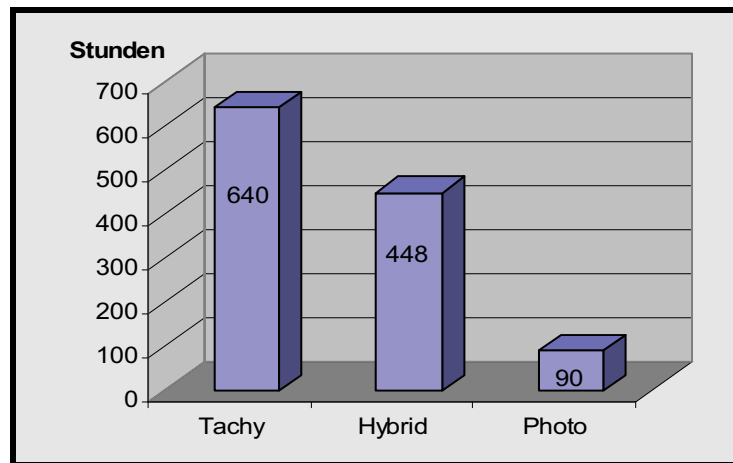


Abb. 7.5: Zeitaufwand für die Datenerfassung im Außendienst

Betrachtet man nun bei dem terrestrischen und hybriden Vermessungsverfahren die benötigte Zeit für den Innendienst näher, so kann bei den hier durchzuführenden Arbeitsschritten wie AP-Netzberechnung, CAD-Auswertung, Objektbildung und Anfertigung der AP-Beschreibungen von einem annähernd gleichen Zeitaufwand wie bei der Luftbildauswertung ausgegangen werden.

Weiterhin sind neben dem Zeitaufwand für den Innen- und Außendienst die Kosten für die eingesetzten Instrumente und Geräte sowie die verwendete Hard- und Software näher zu betrachten. Da hierfür die nötigen Informationen fehlen, kann diesbezüglich keine eindeutige Aussage getroffen werden. Ein höherer Kostenaufwand, im speziellen für die Software, ist bei dem Verfahren mittels Luftbildphotogrammetrie jedoch anzunehmen.

Geht man letztendlich bei den drei Verfahren von einem ähnlichen Zeitaufwand im Innendienst aus und lässt man die Kosten für Hard- und Software außer Acht, so würde das Verfahren mittels Luftbildphotogrammetrie eine Zeit- und Kostenersparnis von ~ 20 % gegenüber den hybriden und ~ 30 % gegenüber dem terrestrischen Vermessungsverfahren ergeben.

7.5 Gegenüberstellung der einzelnen Vermessungsverfahren

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Ergebnisse der einzelnen Vermessungsverfahren in Bezug zum terrestrischen Vermessungsverfahren verglichen wurden, werden in diesem Kapitel zunächst die Vor- und Nachteile der einzelnen Vermessungsverfahren bezüglich Genauigkeit, Zeitaufwand und Wirtschaftlichkeit gegenübergestellt. Im Anschluss daran wird versucht eine Aussage darüber zu treffen, welches Verfahren bzw. welche Verfahrenskombination für die Bodenordnung am wirtschaftlichsten ist.

Verfahren	Vorteile	Nachteile
terrestrisches	<ul style="list-style-type: none"> hohe Punktlagegenauigkeit in Orts- und Feldlage Bezug zur Grenze durch genaue Datenerfassung grenzrelevanter Objekte möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitaufwendige Polygonierung und topographische Aufnahme der Orts- und Feldlage → hoher Personal- und Zeitaufwand Lagefestpunktfeld wird nicht mehr gepflegt → Sichten unter TP's teilweise nicht mehr vorhanden
hybrides	<ul style="list-style-type: none"> hohe Punktlagegenauigkeit in Orts- und Feldlage schnelle und genaue Aufnahmepunktbestimmung schnellere Punktbestimmung in der Feldlage 	<ul style="list-style-type: none"> Signalschattung → eingeschränkte Messbarkeit von Objekten wie z.B. Gebäude Kosten von SAPOS® → alternativ dazu: RTK Zeitaufwendige topographische Aufnahme der Orts- und Feldlage, → hoher Personal- und Zeitaufwand
Luftbildphotogrammetrie	<ul style="list-style-type: none"> ausreichende Punktlagegenauigkeit in der Feldlage schnelle flächendeckende Datenerfassung mit hohem Informationsgehalt in der Orts- und Feldlage geringer Personalaufwand → Zeit- und Kostenersparnis Erstellung von Orthophotos → bessere Planungsgrundlage 	<ul style="list-style-type: none"> unzureichende Punktlagegenauigkeit in der Ortslage Bezug zur Grenze nicht eindeutig herstellbar, da die Dachüberstände bei den Gebäuden nicht berücksichtigt wurden und die Datenerfassung grenzrelevanter Objekte teilweise unzureichend ist

Tab. 7.2: Vor- und Nachteile der einzelnen Vermessungsverfahren

7.6 Schlussfolgerung

Nachdem in dieser Arbeit die Luftbildphotogrammetrie als alternatives Vermessungsverfahren in der Bodenordnung mit dem terrestrischen und einem hybriden Vermessungsverfahren hinsichtlich der Genauigkeit verglichen wurde, ergeben sich folgende Schlussfolgerungen.

Anhand der Ergebnisse ist zu erkennen, dass die Luftbildphotogrammetrie in Bezug auf die Lagegenauigkeit ungenauer ist als das hybride und das terrestrische Vermessungsverfahren. Die mittels der Luftbildphotogrammetrie erzielten Punktlagegenauigkeiten genügen in der Feldlage den Anforderungen an eine bodenordnerische Planungsgrundlage. Wie in Kapitel 7.3 ausgeführt, reicht diese Punktlagegenauigkeit für die Ortslage überwiegend nicht aus. Daher ist es notwendig, die eingeschränkte Definitionssicherheit durch eine Nachmessung, insbesondere durch Messung der Dachüberstände, zu verbessern. Eine weitere Möglichkeit wäre die Ortslage komplett mit einem genaueren Vermessungsverfahren z.B. mit Tachymeter oder SAPOS® zu erfassen.

Betrachtet man die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Vermessungsverfahren näher, so ist festzustellen, dass das hybride Vermessungsverfahren eine wirtschaftlichere Alternative zum herkömmlichen terrestrischen Vermessungsverfahren darstellt. Dass die Effizienz jedoch noch gesteigert werden kann, zeigt die enorme Zeitersparnis der Luftbildphotogrammetrie. Um die Wirtschaftlichkeit der Luftbildphotogrammetrie mit der Genauigkeit des hybriden Vermessungsverfahrens zu einem optimalen Verfahren zu kombinieren wäre festzulegen, dass die Feldlage sowie Teile der Ortslage über Luftbilder erfasst werden sollten. Für grenzrelevante Objekte der Ortslage ist aufgrund der höheren Genauigkeitsanforderung das hybride Vermessungsverfahren zu verwenden. Hier wäre es zwar bei entsprechend großem Bildmaßstab theoretisch denkbar, die Genauigkeit der Luftbildphotogrammetrie zu steigern, jedoch sind diesem Verfahren aufgrund der eingeschränkten Luftsichtbarkeit Grenzen gesetzt.

Als weitere Möglichkeit um Kosten für einen eigenen Bildflug zu sparen, wäre es denkbar, die vorhandenen Luftbildbestände des Landesamtes für Innere Verwaltung (LAIV) zu verwenden. Um diese Synergieeffekte auszunutzen, bedarf es jedoch einer gewissen Aktualität und einer entsprechenden Bodenauflösung der Luftbilder.

8 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war, zu untersuchen, ob die Luftbildphotogrammetrie als alternatives Vermessungsverfahren für die topographische Aufnahme in einem Bodenordnungsverfahren geeignet ist. Hierzu war zu prüfen, in wie weit dieses Verfahren eine wirtschaftlichere Alternative zu den konventionellen Vermessungsverfahren darstellt und ob es die Genauigkeitsanforderungen an die Bodenordnung und das Liegenschaftskataster erfüllt.

Um hierüber eine Aussage treffen zu können, wurde das Verfahren der Luftbildphotogrammetrie zum einen mit dem terrestrischen und zum anderen mit einem hybriden Vermessungsverfahren verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass das terrestrische und das hybride Vermessungsverfahren hinsichtlich der erreichten Genauigkeit gleichwertig sind, wobei das hybride Vermessungsverfahren die wirtschaftlichere Variante darstellt.

Im Vergleich hierzu ist die Luftbildphotogrammetrie aufgrund der hohen Zeitersparnis zwar wirtschaftlicher, jedoch bezüglich Genauigkeit nur bedingt für die Bodenordnung und für Liegenschaftsvermessungen geeignet. Aus den im vorherigen Kapitel genannten Gründen, ist es empfehlenswert, die hohe Wirtschaftlichkeit der Luftbildphotogrammetrie in der Feldlage mit der Genauigkeit und Effizienz des hybriden Vermessungsverfahrens in der Ortslage zu kombinieren, um so ein ausreichend genaues und wirtschaftliches Verfahren für die Bodenordnung und das Liegenschaftskataster zu erhalten.

Abkürzungsverzeichnis

ALB	Automatisiertes Liegenschaftsbuch
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
AP	Aufnahmepunkt
AP-Erlass	Aufnahmepunkterlass
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BOV	Bodenordnungsverfahren
CAD	Computer Aided Design
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DGPS	Differential Global Positioning System
DIRAUS	Programmmodul der Vermessungssoftware CREMER zur Messdatenauswertung
EDBS	Einheitliche Datenbankschnittstelle
EPS	Echtzeit-Positionierungs-Service
EPUNKT	Programmmodul der Vermessungssoftware CREMER zur Einzelpunktbestimmung
ETRS 89	European Terrestrial Reference System 1989
FlurbG	Flurbereinigungsgesetz
GEOCOM	Programmmodul der Vermessungssoftware CREMER für vermessungstechnische Grundaufgaben
GK	Gauß-Krüger
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GPPS	Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service
HEPS	Hochpräziser Echtzeit Positionierungs-Service
K-Datei	Koordinatendatei
LiVermA M-V	Anweisung für die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen M-V

LPG	Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft
LST	Liste
LwAnpG	Landwirtschaftsanpassungsgesetz
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
ÖbVI	Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur
PDOP	Positioning Dilution of Precision
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real Time Kinematic
SAP ^{OS} ®	Satellitenpositionierungsdienst
TK 25	Topographische Karte 1:25000
TP	Trigonometrischer Punkt
UTM	Universal Transverse Mercator-Abbildung

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Topographische Übersichtskarte - Darstellung des Verfahrensgebiets [22].....	1
Abb. 2.1:	Verfahren der Bodenordnung [20]	3
Abb. 2.2:	Getrenntes Eigentum an Boden und Gebäuden. [26].	5
Abb. 2.3:	Ablauf eines Bodenordnungsverfahren nach § 56 LwAnpG	8
Abb. 2.4:	Eigentumsverhältnisse vor und nach einem BOV	10
Abb. 3.1:	Bestandteile des Liegenschaftskataster.....	15
Abb. 3.2:	Systemkonzept der ALK [25]	17
Abb. 4.1:	TP-Übersicht [22].....	19
Abb. 4.2:	Tachymeter TC 1700 der Firma Leica	20
Abb. 4.3:	Übersicht über den Winkel- und Streckenzug [32].....	22
Abb. 4.4:	Aufnahme der Gebäude und Dachpunkte.....	23
Abb. 4.5:	Module des Programmsystems CREMER [Screenshot]	24
Abb. 4.6:	Berechnung Winkel- und Streckenzug.....	25
Abb. 4.7:	Berechnung Bestandsaufnahme.....	26
Abb. 5.1:	Funktionsprinzip von SAPOS® [30]	29
Abb. 5.2:	SAPOS® Referenzstationen in M-V [25]	30
Abb. 5.3:	Zweifrequenz-Empfänger SR 530 der Firma Leica Geosystems [27].....	31
Abb. 5.4:	Transformation zwischen Lagebezugssystem ETRS 89 und S42/83 [25]	32
Abb. 5.5:	Programm Leica Geo Office [Screenshot]	34
Abb. 5.6:	PDOP [18].....	35
Abb. 6.1:	Anordnung der Passpunkte in einem Luftbildverband [14].....	40
Abb. 6.2:	Beispiel für natürlichen Passpunkt - Übersicht [Blom Deutschland GmbH]	41
Abb. 6.3:	Beispiel für natürlichen Passpunkt - Vergrößerung [Blom Deutschland GmbH]	41

Abb. 6.4:	Bildflughanordnung bei Aufnahme mehrerer Streifen (Flächenbefliegung) [1]	42
Abb. 6.5:	Prinzip der Aerotriangulation [9].....	43
Abb. 6.6:	Stereoskopische Luftbildauswertung - Arbeitsplatz u. Ergebnis [Screenshot]	44
Abb. 6.7:	Programmsystem DAVID - Ansicht Grundrissdatei [Screenshot]	45
Abb. 6.8:	DAVID - Ansicht nach Objektbildung mit Darstellung der Nutzungsarten [Screenshot]	46
Abb. 6.9:	Abbildung des Geländes in Karte und Luftbild. Links: Parallelprojektion der Karte; Rechts: Zentralprojektion eines Luftbildes [1]	47
Abb. 6.10:	Definition des Bildmaßstabes [11]	48
Abb. 6.11:	Bsp. Kanaldeckel [Screenshot]	50
Abb. 6.12:	Bsp. Wegpunkt [Screenshot]	50
Abb. 7.1:	Klassifizierung der Punktlageabweichungen zwischen Tachymetermessung und Luftbildauswertung	55
Abb. 7.2:	Klassifizierte Punktlageabweichungen der einzelnen Punktarten	55
Abb. 7.3:	Draufsicht Gebäude	57
Abb. 7.4:	Frontansicht Gebäude	57
Abb. 7.5:	Zeitaufwand für die Datenerfassung im Außendienst	60

Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1:	TP - Lagegenauigkeit.....	21
Tab. 4.2:	Mittelwert der Standardabweichungen für die Richtungen.....	27
Tab. 5.1:	SAPOS [®] - Dienste im Überblick.....	30
Tab. 5.2:	PDOP- Werte, Anzahl der verwendeten Satelliten.....	35
Tab. 5.3:	Doppelmessungsdifferenzen	36
Tab. 5.4:	Standardabweichung des Mittelwertes	36
Tab. 5.5:	Mittelwert der Standardabweichungen für die Richtungen.....	37
Tab. 5.6:	Differenzen zwischen trigonometrischen Festpunkten und der SAPOS [®] - Messung.....	38
Tab. 5.7:	Differenzen zwischen den terrestrisch bestimmten Aufnahmepunkten und der SAPOS [®] - Messung	38
Tab. 7.1:	Dauer der einzelnen Arbeitsschritte	59
Tab. 7.2:	Vor- und Nachteile der einzelnen Vermessungsverfahren.....	61

Literaturverzeichnis

- [1] ALBERTZ, JÖRG: *Einführung in die Fernerkundung*.
2. überarbeitete und erweiterte Auflage 2001, Wissenschaftliche
Buchgesellschaft, Darmstadt
- [2] BATZ, ERWIN: *Neuordnung des ländlichen Raumes*.
1. Auflage 1990, Band 19, Wittwer Verlag, Stuttgart
- [3] BAUER, MANFRED: *Vermessung und Ortung mit Satelliten*.
5. neu bearbeitete und erweiterte Auflage 2003, Wichmann Verlag,
Heidelberg
- [4] BEISHEIM, HEINZ: *Agrarordnung und Landentwicklung*.
unveröffentlichte Skripte 2006, Hochschule Neubrandenburg
- [5] CREMER PROGRAMMENTWICKLUNG GMBH MÜNCHEN:
Cremer Handbuch. 2007
- [6] DENCHEVA, VASELINA: *Genauigkeiten der digitalen
Photogrammetrie*. Dissertation 2005, Technische Universität Wien
- [7] DEUTSCHER VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN:
Hybride Vermessungssysteme. Schriftenreihe des DVW Band 29 /
1998, Wittwer Verlag, Stuttgart
- [8] GRUBER, FRANZ: *Formelsammlung für das Vermessungswesen*.
12. überarbeitete und aktualisierte Auflage 2005, Teubner Verlag,
Wiesbaden

-
- [9] HILDEBRANDT, GERD: *Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie*.
1. Auflage 1996, Wichmann Verlag, Heidelberg
- [10] KAHMEN, HERIBERT: *Angewandte Geodäsie - Vermessungskunde*.
20. neu bearbeitete Auflage 2006, de Gruyter Verlag, Berlin
- [11] KRAUS, KARL / SCHNEIDER, WERNER: *Fernerkundung*.
Band 1, 1. Auflage 1988, Dümmler Verlag, Bonn
- [12] KRAUS, KARL: *Photogrammetrie*.
Band 1, 6. Auflage 1997, Dümmler Verlag, Bonn
- [13] KRAUS, KARL: *Photogrammetrie*.
Band 2, 3. Auflage 1996, Dümmler Verlag, Bonn
- [14] KRESSE, WOLFGANG: *Photogrammetrie und Bildverarbeitung*.
unveröffentlichte Skripte 2006, Hochschule Neubrandenburg
- [15] LUHMANN, THOMAS: *Nahbereichsphotogrammetrie*.
2. überarbeitete Auflage 2003, Wichmann Verlag, Heidelberg
- [16] REBENSTORF, ROLF-WERNER: *Zur Entwicklung ländlicher Räume*.
Schriftenreihe HS-NB Band 8, Hochschule Neubrandenburg
- [17] REBENSTORF, ROLF-WERNER: *Liegenschaftskataster*.
unveröffentlichte Skripte 2006, Hochschule Neubrandenburg
- [18] SEEBER, GÜNTER: *Satellitengeodäsie*.
1. Auflage 1989, de Gruyter Verlag, Berlin

- [19] THÖNE, KARL-FRIEDRICH: *Boden und Gebäudeeigentum in den neuen Bundesländern*. 2. neubearb. Auflage 1996, RWS Verlag, Köln
- [20] THÖNE, KARL-FRIEDRICH: *Das vereinfachte Flurbereinigungsverfahren zur Landentwicklung nach § 86 Abs. 1 Nr.1 und 3 FlurbG (Landentwicklungsverfahren)*. Schriftenreihe des zfv, Heft 2/2008, Wißner Verlag, Augsburg

Internetquellen

- [21] <http://www.adv-online.de/>
- [22] <http://www.gaia-mv.de/>
- [23] <http://www.blomasa.com>
- [24] <http://www.geoinformation.net/>
- [25] <http://www.laiv.de/>
- [26] <http://www.landentwicklung.de/>
- [27] <http://www.leica-geosystems.com/>
- [28] <http://www.lgm.de/>
- [29] <http://www.mecklenburg-vorpommern.de>
- [30] <http://www.sapos.de/>
- [31] <http://www.wikipedia.de/>
- [32] <http://earth.google.de/>

Gesetzestextverzeichnis

Gesetzes über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg-Vorpommern (VermKatG M-V) in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Juli 2002 (GVOBl. M-V S.524, zuletzt geändert durch Gesetz zur Reform der Landesverwaltung im Innenressort vom 01. August 2006 (GVOBl. M-V S.640)

Anweisung für die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen (LiVermA M-V) vom 01. Januar 1996

Anweisung für die Anlage und Erhaltung des Aufnahmepunktfeldes in Mecklenburg- Vorpommern (AP-Erlass M-V) vom 05. Mai 1994

Verwaltungsvorschrift für die Nutzung des Satellitenpositionierungsdienstes der deutschen Landesvermessung SAPOS[®] und anderer satellitengestützter Vermessungsverfahren im Liegenschaftskataster des Landes Mecklenburg-Vorpommern (SatLiVermVV M-V) vom 26. Februar 2008

Erlass zu amtlichen geodätischen Bezugssystemen des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Landesbezugssystemerlass) vom 15.März 2005

Verwaltungsvorschrift für die Führung der Punktdaten in Mecklenburg-Vorpommern - Teil A (Punktdatenierlass Mecklenburg-Vorpommern) vom 01.05.2002

Landwirtschaftsanpassungsgesetz (LwAnpG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juli 1991

Flurbereinigungsgesetz (FlurbG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. März 1976, zuletzt geändert durch Gesetz vom 18. Juni 1997

Gesetz zur Schätzung des landwirtschaftlichen Kulturbodens (Bodenschätzungsgesetz - BodSchätzG) vom 20. Dezember 2007

Anlagenverzeichnis

Alle Anlagen befinden sich in digitaler Form auf der dieser Diplomarbeit beiliegenden CD.

- Anlage 1** Werkvertrag zwischen dem Amt für Landwirtschaft Altentreptow und der Blom Deutschland GmbH
- Anlage 2** TP - Beschreibungen und Koordinatenverzeichnis
- Anlage 3** Messdaten und Protokolle der terrestrischen Vermessung
- Anlage 4** Messdaten und Protokolle der hybriden Vermessung
- Anlage 5** Messdaten und Protokolle der Luftbildphotogrammetrie
- Anlage 6** Messdatenanalyse und -interpretation