Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 57 (1959)

Heft: 1

Artikel: Die Anwendung der Photogrammetrie in der Instruktionszone II der schweizerischen Grundbuchvermessung : Erfahrungen und Verifikationsresultate im Kanton Zürich

Autor: Fischer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-215201

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Anwendung der Photogrammetrie in der Instruktionszone II der schweizerischen Grundbuchvermessung

Erfahrungen und Verifikationsresultate im Kanton Zürich[1]

Von W. Fischer, Dipl.-Ing.

Im Frühjahr 1957 wurde die Durchführung der Grundbuchvermessung nach Instruktionszone II der Gemeinde *Berg am Irchel* nach der luftphotogrammetrischen Methode in Auftrag gegeben. Es handelte sich somit um einen der ersten Versuche für die Anwendung der Luftphotogrammetrie im Instruktionsgebiet II. Die Wahl der Methode war hauptsächlich durch die Personalknappheit der in Frage kommenden Vermessungsbüros und die zeitliche Dringlichkeit der Vermessung bedingt. Sie konnte verantwortet werden, da einerseits bei photogrammetrischen Vermessungen in der Instruktionszone III gute Erfahrungen gemacht worden waren und anderseits in der rein landwirtschaftlichen Gemeinde Berg relativ wenig Mutationen zu erwarten waren.

Das Operat Berg bot wertvolle Möglichkeiten, weitere Erfahrungen über die Anwendung der Photogrammetrie in der Katastervermessung zu sammeln, und zwar namentlich deshalb, weil die Prüfung des Vermessungswerks durch das Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Zürich beträchtlich über den Rahmen einer üblichen Verifikation ausgedehnt wurde und daher mancherlei zusätzliche Messungen und Untersuchungen möglich waren. In Anbetracht der stets wachsenden Bedeutung der Photogrammetrie dürften die Resultate dieser eingehenden Untersuchungen von allgemeinem Interesse sein. Der Bericht soll in folgende Abschnitte gegliedert werden:

1. Auftrag an den Unternehmer für die Grundbuchvermessung Berg am Irchel;
2. Schaffung weiterer Untersuchungsgrundlagen;
3. Verifikation;
4. Praktische Erfahrungen;
5. Schlußbetrachtungen.

1. Auftrag an den Unternehmer für die Grundbuchvermessung Berg am Irchel

Berg am Irchel ist eine rein landwirtschaftliche Gemeinde, in der soeben die Gesamtmelioration über die offene Flur abgeschlossen worden ist. Die neuen Grundstücke sind im Anschluß an die Meliorationsarbeiten instruktionsgemäß vermarkt worden.

---

[1] Nach einem Referat, gehalten an der 37. Konferenz der eidgenössischen und kantonalen Vermessungsaufsichtsbeamten vom 16./17. Oktober 1958 in Zürich.

a) Das *Vermessungsgebiet* der Gemeinde umfaßt eine Fläche von etwa 400 ha bei einer mittleren Geländeneigung von 12%. Die offene Flur enthält rund 400 Parzellen und 80 Gebäude, das Dorfgebiet von Berg rund 130 Parzellen und 120 Gebäude.

b) Der *Werkvertrag* über die Vermessung dieses Gebietes enthält unter anderen die folgenden wesentlichen Bestimmungen:

Die Vermessung ist nach den Genauigkeitsvorschriften der Instruktionszone II durchzuführen, wobei sich das Verfahren nach den gegebenen Verhältnissen richten soll.

Die offene Flur wird photogrammetrisch aufgenommen; die Grenzen und die übrige Situation werden im Maßstab 1 : 1000 auf Aluminiumfolien graphisch ausgewertet, wobei die Grenzpunkte durch die im Feld erhobenen Maße zu kontrollieren sind.

Über das ganze Gebiet ist ein Netz von «Einschaltpunkten» zu legen, das heißt von ausgewählten Grenzpunkten mit gegenseitiger Sichtverbindung und Abständen von 80 bis 100 m. Diese Einschaltpunkte sollen bei der Nachführung des Vermessungswerks als Stations- und Anschlußpunkte dienen. Sie sind gleich zu bestimmen wie die übrigen Grenzpunkte, hingegen sollen ihre Koordinaten an einem Koordinatographen aus den Plänen abgegriffen und in einem Verzeichnis festgehalten werden. Ihre Höhe wird nur ausnahmsweise am Autographen abgelesen, nämlich am Dorfperimeter und entlang den Waldrändern.

Außerhalb des eigentlichen Dorfgebietes liegende Siedelungen werden ebenfalls photogrammetrisch im Maßstab 1 : 1000 ausgewertet. Die Aufnahme der unsichtbaren Grenzpunkte und der Gebäudeecken erfolgt tachymetrisch von Einschaltpunkten aus, die innerhalb des Siedelungsgebietes liegen.

Das rund 10 ha umfassende Dorfgebiet von Berg wird tachymetrisch aufgenommen und im Maßstab 1 : 500 kartiert. Das Polygonar soll an die am Dorfperimeter bestimmten Einschaltpunkte angeschlossen werden.

c) Für die *photogrammetrischen Arbeiten* werden folgende Dispositionen getroffen:

Die Vermessungsfixpunkte und Grenzpunkte werden *luftsichtbar* gemacht, indem die Steinköpfe von der Dimension 18/18 cm beziehungsweise 14/14 cm mit weißer Dispersionsfarbe bestrichen werden. Um die Steine herum wird der Rasen leicht abgestochen und ein Sägemehlstreifen von rund 10 cm Breite angelegt (Abbildung 1). In einem Teilgebiet von rund 50 ha sind versuchsweise weiße Emailhauben zu verwenden, die von der Eidgenössischen Vermessungsdirektion zur Verfügung gestellt werden. Diese Hauben von 25 cm Durchmesser werden mit je drei Metallnadeln zentrisch über dem Grenzzeichen im Boden verankert (Abbildung 2). Drainageschächte und ähnliche Objekte, die in den Grundbuchplänen enthalten sein müssen, werden mittels weißer Farbe luftsichtbar gemacht.

Für die *Flugaufnahmen* ist die Reihenbildplattenkamera RC7 von Wild mit dem Normalwinkelobjektiv Aviotar f = 170 mm und dem Bildformat 14/14 cm vorgesehen. Die Flughöhe soll 1200 m über Grund be-

Abb. 1. Signalisierter Markstein

Abb. 2. Signalisierungshaube

tragen, womit ein Bildmaßstab von rund 1 : 7000 erreicht wird. Mit der Längsüberdeckung von 60 % soll ein Basisverhältnis von 1 : 3 eingehalten werden, während sich die Flugstreifen seitlich 30 % überdecken müssen. Der Aufnahmeflug ist entsprechend dem Stand der Kulturen und den Beleuchtungsverhältnissen Ende März oder anfangs April anzusetzen.

Die *Paßpunkte* werden auf Grund des Photomaterials ausgewählt. In erster Linie sind die trigonometrischen Punkte sowie eine Auswahl signalisierter Polygonpunkte der Nachbargemeinden als Paßpunkte zu benützen. Weitere Punkte werden teils trigonometrisch, teils polygonometrisch bestimmt.

Die *Identifizierung* des Bildinhaltes soll alle Vermessungsfixpunkte, Grenzpunkte, Schächte, Kulturgrenzen usw. erfassen, die in Photovergrößerungen vom Format 50/50 cm (Maßstab etwa 1 : 2000) eingetragen werden. Gleichzeitig sollen die erforderlichen Kontrollmaße der Grenzpunkte erhoben und in Vermessungsskizzen eingetragen werden. Vereinzelte unsichtbare Grenzpunkte sind in diesem Zusammenhang auf benachbarte auswertbare Steine orthogonal aufzunehmen. Die photogrammetrisch auszuwertenden Gebäude werden unter Verwendung des Dachlotes von Wild eingemessen. Die übrigen Gebäude und unsichtbare Grenzpunktgruppen sind von den rekognoszierten Einschaltpunkten aus tachymetrisch aufzunehmen.

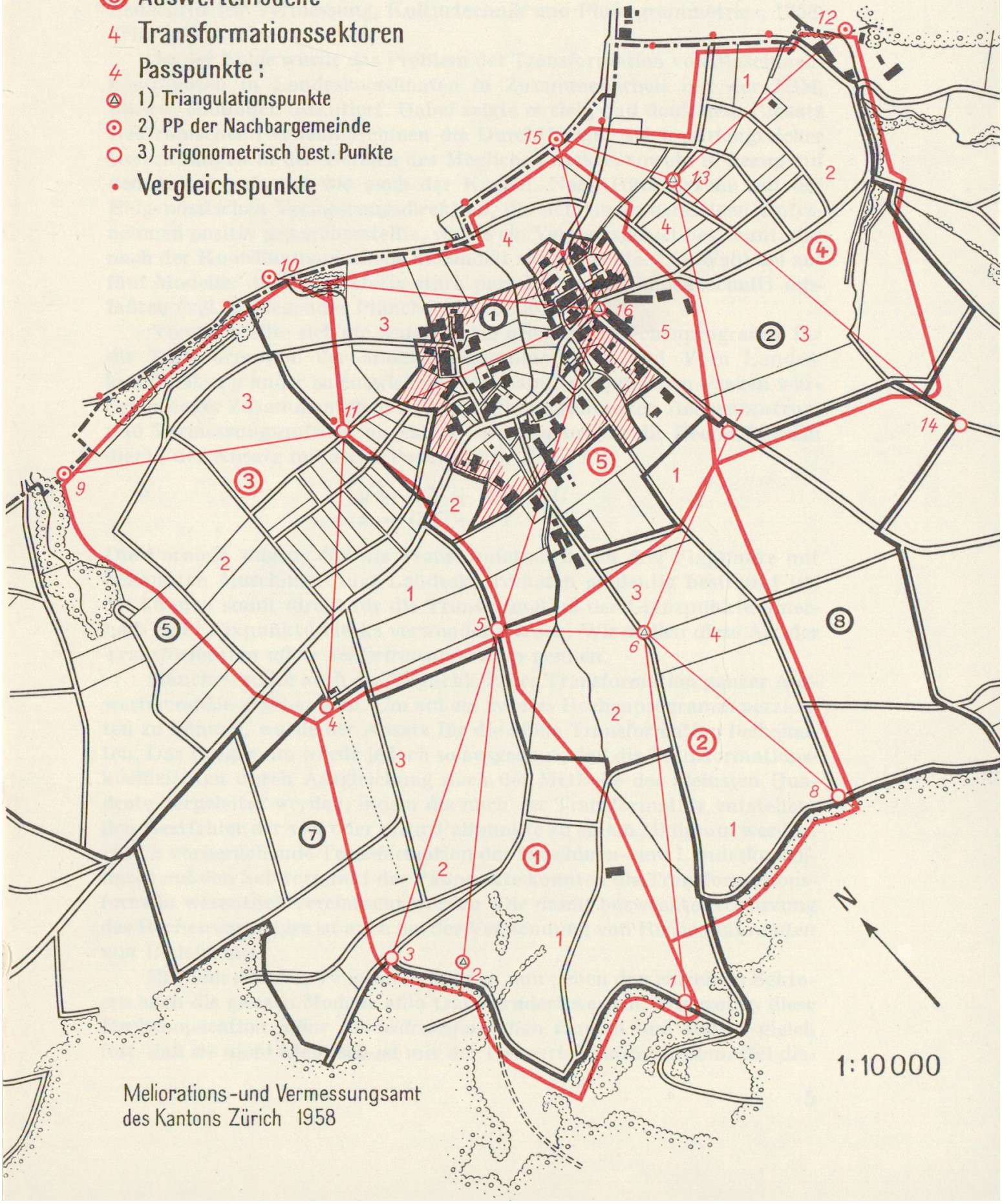
Die *Auswertung* soll am Autographen A5 von Wild unter Verwendung von Kompensationsplatten geschehen, wobei alle Grenzpunkte durch eine zweite, unabhängige Einstellung zu kontrollieren sind. Als Grundlage für die absolute Orientierung der Modelle dienen die auf Aluminiumfolien gestochenen und kotierten Paßpunkte.

2. Schaffung weiterer Untersuchungsgrundlagen

Den Anstoß zur Durchführung zusätzlicher Arbeiten gab ein Vortrag von Herrn Dr. J. Haller von der IBM, Zürich, anläßlich der Herbstver-

LUFTPHOTOGRAMMETRISCHE GRUNDBUCHVERMESSUNG 1:1000
BERG am Jrchel

- Tachymetrische Dorfaufnahme 1:500
- (2) Grundbuchpläne
- (3) Auswertemodelle
- 4 Transformationssektoren
- 4 Passpunkte:
  - 1) Triangulationspunkte
  - 2) PP der Nachbargemeinde
  - 3) trigonometrisch best. Punkte
- Vergleichspunkte



Meliorations-und Vermessungsamt
des Kantons Zürich 1958

sammlung 1957 der Schweizerischen Gesellschaft für Photogrammetrie in Zürich. Dieser Vortrag bot einen Einblick in das programmgesteuerte Rechnen mit elektronischen Rechenmaschinen und in die Anwendungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Vermessung (vgl. «Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie», 1958, Seite 98).

In der Folge wurde das Problem der Transformation von Maschinenkoordinaten in Landeskoordinaten in Zusammenarbeit mit der IBM, Zürich, einläßlich diskutiert. Dabei zeigte es sich, daß dank dem Einsatz elektronischer Rechenmaschinen die Durchführung solch umfangreicher Berechnungen in den Bereich des Möglichen rückte, sowohl in bezug auf den Arbeitsaufwand wie auch der Kosten. Nach Rücksprache mit der Eidgenössischen Vermessungsdirektion, die sich einem derartigen Unternehmen positiv gegenüberstellte, wurde ein Versuchsgebiet bestimmt, das nach der Koordinatenmethode behandelt werden sollte. Die Wahl fiel auf fünf Modelle, die einen relativ stark parzellierten Geländeabschnitt umfaßten (vgl. beiliegendes Plänchen 1 : 10000).

Vorerst stellte sich die Aufgabe, ein geeignetes Rechenprogramm für die Transformation der Maschinenkoordinaten X und Y in Landeskoordinaten y und x zu entwickeln. Alle damit verbundenen Fragen wurden in enger Zusammenarbeit zwischen Photogrammeter, Rechenzentrum und Vermessungsaufsicht abgeklärt. Als Ausgang für die Rechenformeln diente der Ansatz mit sechs Parametern, A bis F:

$$y = AX + BY + C$$
$$x = DX + EY + F$$

Die Formeln zeigen, daß die Transformation durch drei Fixpunkte mit bekannten Maschinen- und Landeskoordinaten eindeutig bestimmt ist. Sie können somit direkt für die Transformation der Grenzpunkte innerhalb eines Fixpunktdreiecks verwendet werden. Wir wollen diese Art der Transformation *affine Sektortransformation* nennen.

Daneben sollte auch die Möglichkeit der Transformation ganzer Auswertemodelle gegeben sein. Um auf ein zweites Rechenprogramm verzichten zu können, wurde der Ansatz für die affine Transformation beibehalten. Das Programm wurde jedoch so ausgebaut, daß die Transformationskoeffizienten durch Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate hergeleitet werden, indem die nach der Transformation entstehenden Restfehler der vier oder mehr Paßpunkte zu einem Minimum werden. Durch vorhergehende Transformation der Maschinen- und Landeskoordinaten auf den Schwerpunkt der Paßpunkte konnten die Transformationsformeln wesentlich vereinfacht werden. Die damit bezweckte Abkürzung des Rechenvorganges ist auch bei der Verwendung von Rechenautomaten von Bedeutung.

Mit dem gleichen Programm können nun neben den einzelnen Sektoren auch die ganzen Modelle affin transformiert werden. Wir wollen diese Rechenoperation *affine Modelltransformation* nennen und stellen gleich fest, daß sie nicht identisch ist mit der Helmert-Transformation. Bei die-

ser wird bekanntlich das System nur verschoben, verdreht und im Maßstab angepaßt.

Die Verschlüsselung aller eingeführten Elemente hängt eng mit dem Programm zusammen. Alle Daten müssen auf Lochkarten übertragen werden, wobei jedem Begriff ein eindeutiger Platz zugewiesen wird. Für jeden ausgewerteten Punkt wird eine Karte erstellt, die alle nötigen Angaben enthält, so die Nummer des Modells und des Sektors, in dem der Punkt liegt, die genaue Bezeichnung des Punktes, die Maschinenkoordinaten und bei Paßpunkten außerdem die gegebenen Landeskoordinaten. Die Punktbezeichnung wurde wie folgt verschlüsselt: Alle Paßpunkte wurden mit dem Index 1 bezeichnet, alle Einschaltpunkte mit 2 und alle übrigen Grenzpunkte mit 3. Die Paßpunkte, deren Herkunft und Bezeichnung sehr verschieden war, mußten mit einer einheitlichen, durchgehenden Numerierung versehen werden. Die Numerierung der Einschaltpunkte lag bereits vor, während die Grenzpunkte anläßlich der Auswertung sektorweise mit fortlaufenden dreistelligen Nummern versehen wurden.

Ein Problem besonderer Art stellte bisher die Registrierung der Maschinenkoordinaten dar; die manuelle Registrierung ist zeitraubend und leicht Fehlern unterworfen. Diese Unzulänglichkeiten konnten bei der Auswertung der fünf Versuchsmodelle dadurch behoben werden, daß der Autograph A7 des photogrammetrischen Instituts der ETH benützt wurde, an welchem ein automatisches Koordinatenregistriergerät EK2 von Wild angeschlossen ist. Dieses Gerät arbeitet so, daß nach Betätigung eines Druckknopfes die Maschinenkoordinaten X, Y, Z und die vorgängig eingetippte Nummer des eingestellten Punktes auf einen Papierstreifen gedruckt werden. Mit einem zusätzlichen Zeichen kann die Punktgattung angegeben werden, wobei zum Beispiel ein △ für Paßpunkte, ein ○ für die Einschaltpunkte und ein □ für die übrigen Grenzpunkte verwendet wird.

Gleichzeitig mit der Registrierung der Maschinenkoordinaten wurden die eingestellten Punkte auf dem angeschlossenen Zeichentisch auf Aluminiumfolien gestochen. Dadurch wurde die Möglichkeit geschaffen, graphische und zahlenmäßige Auswertungen der gleichen Einstellung miteinander zu vergleichen. Zum Zwecke der Zuordnung des Koordinatenverzeichnisses zum Plan wurden die Punktnummern auf Deckpausen der graphischen Auswertung eingetragen. Beim zweiten Auswertedurchgang im entgegengesetzten Umlaufsinn wurden die Maschinenkoordinaten nochmals registriert und die gestochenen Punkte wie üblich kontrolliert.

Das Ablochen der Auswertedaten wurde der IBM übertragen. Auf sogenannten Kartenlochern wurden die auf den Registrierstreifen enthaltenen Daten durch gewandte Locherinnen auf Karten gelocht. Dank der nachfolgenden unabhängigen Prüfung ist es praktisch ausgeschlossen, daß falsche Elemente in die zu verarbeitenden Karten gelangen. Heute besteht übrigens bereits die Möglichkeit, einen Kartenlocher direkt an das neue Koordinatenregistriergerät EK3 von Wild anzuschließen, wodurch auch diese manuelle Arbeit ausgeschaltet werden kann.

Die Transformation der Maschinenkoordinaten wurde auf dem elektronischen Magnettrommelrechner IBM 650 durchgeführt, und zwar einerseits als affine Sektortransformation und anderseits als affine Modelltransformation. Die Maschine nahm das Programm, das auf etwa 230 Karten rund 1200 einzelne Befehle umfaßt, in ungefähr einer Minute auf und begann unmittelbar darauf mit der Verarbeitung der nachfolgenden Datenkarten. Für die Berechnung der Transformationskoeffizienten wurden jeweils etwa drei bis vier Sekunden benötigt, während die Transformation der einzelnen Punkte mit der Stanzgeschwindigkeit der Resultatkarten, das heißt mit 100 Punkten pro Minute, vor sich ging. Dabei wurden zugleich das arithmetische Mittel der Koordinaten beider Einstellungen jedes Punktes, ferner deren Differenzen ΔX und ΔY sowie die Quadrate dieser Werte gebildet. Punkte, deren ΔX oder ΔY eine vorgesehene Toleranz überschritten, sollten durch die Maschine ausgeschieden und nicht transformiert werden.

Den letzten Schritt bildete die Tabellierung der Resultate. Einerseits wurden die Transformationskoeffizienten sowie das quadratische Mittel der ΔX und ΔY sektorweise beziehungsweise modellweise gelistet. Anderseits lieferten die Resultatkarten der Punkttransformation ein vollständiges Koordinatenverzeichnis der ausgewerteten Punkte, geordnet nach Paßpunkten, Einschaltpunkten und übrigen Grenzpunkten jedes Sektors beziehungsweise Modells.

Diese Tabellen können dank der vielseitigen Sortiermöglichkeit der Resultatkarten ganz beliebig angeordnet werden, was für die praktische Durchführung einer Arbeit von großer Bedeutung ist. So besteht zum Beispiel die Möglichkeit, die Einschaltpunkte und Grenzpunkte aller Modelle eines Operates gemeinsam zu ordnen und zu tabellieren, wobei zur Lokalisierung der Punkte die Angabe von Modell und Sektor beigefügt werden kann.

3. Verifikation

In Anbetracht des umfangreichen Vergleichsmaterials, das aus der erschöpfenden Behandlung der fünf Versuchsmodelle resultierte, konzentrierten wir die Verifikationsmessungen auf dieses Gebiet. Im übrigen Vermessungsgebiet beschränkten wir uns auf die stichprobenweise Prüfung der graphischen Auswertung.

Bei der Anlage der Kontrollmessungen gingen wir vom Prinzip aus, dieselben Grundlagen zu benützen, auf die sich die photogrammetrische Auswertung stützte, nämlich die Paßpunkte. Selbstverständlich mußten auch diese Punkte einer unabhängigen Prüfung unterzogen werden. Die dichte Verteilung der Paßpunkte über das Gebiet gestattete die polygonometrische Bestimmung der Einschaltpunkte und Grenzpunkte. Mit 17 Hauptzügen von Paßpunkt zu Paßpunkt, deren Länge nie 500 m erreichte, wurde ein großer Teil des Gebietes erschlossen. Der längste Zug weist mit 11 cm den größten Abschlußfehler auf, welcher 34% der Toleranz II entspricht; im Mittel liegen die Abschlußfehler bei 21% der Toleranz II. Die ausgeglichenen Koordinaten scheinen damit genügend genau zu sein,

um den photogrammetrisch bestimmten Werten gegenübergestellt zu werden.

Gleichzeitig mit der Polygonmessung wurden rund 400 Einschaltpunkte und Grenzpunkte wenn immer möglich von zwei Stationen aus tachymetrisch aufgenommen, so daß mit den etwa 100 versicherten Polygonpunkten rund 500 Vergleichspunkte zur Verfügung standen. Der Vergleich der photogrammetrisch bestimmten Koordinaten mit den Verifikationsergebnissen erforderte die Berechnung der Koordinaten aller Detailpunkte. Diese umfangreiche Arbeit wurde unter Benützung eines einfachen Programms ebenfalls durch eine Lochkartenmaschine bewältigt. Als einzige Hand- beziehungsweise Kopfarbeit blieb die Mittelbildung der Koordinatenwerte aus den beiden Bestimmungen, wobei gleichzeitig die Koordinatendifferenzen Δy und Δx gebildet wurden. Mit einer mittleren Differenz von $\pm$ 1,6 cm und einem Maximalwert von 6 cm dürften die Detailpunkte genügend genau bestimmt sein.

a) Lagegenauigkeit

Die Gegenüberstellung der photogrammetrisch hergeleiteten Koordinaten und derjenigen der Verifikationsmessungen sollte eine Beurteilung der photogrammetrischen Lagebestimmung ermöglichen. Entsprechend der verschiedenartigen Behandlung der Auswerteresultate waren drei Vergleiche möglich, nämlich der Werte, die:

aa) durch Planabgriff aus der graphischen Auswertung hervorgingen,
bb) aus der affinen Sektortransformation und
cc) aus der affinen Modelltransformation resultierten.

(Die Koordinaten aller Grenzpunkte der fünf Modelle wurden auf Initiative des Unternehmers im gleichen Arbeitsgang wie die Einschaltpunkte je zweimal am großen Koordinatographen von Haag-Streit aus den Plänen abgegriffen.)

Die Resultate dieser Gegenüberstellung sind (wie alle übrigen Untersuchungsergebnisse) in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. In dieser bedeuten n die Anzahl der untersuchten Punkte, m_y und m_x die mittleren Koordinatenabweichungen dieser Punkte und Δ max. die maximalen Abweichungen derselben. Alle Werte sind in cm angegeben.

Paßpunkte: m_y und m_x stellen quadratische Mittelwerte der Restfehler dar. Die Restfehler nach beendigter absoluter Orientierung wurden mit dem Einstellmikroskop am Zeichentisch ermittelt, wobei als größter linearer Lagefehler in einem Punkt eine Abweichung von 15 cm (= 0,15 mm auf dem Plan) belassen wurde. Der mittlere Restfehler von $\pm$ 5,7 cm an y oder x geht bei der affinen Modelltransformation auf $\pm$ 3,1 cm, also auf rund die Hälfte, zurück. Bei der affinen Sektortransformation gehen die Paßpunkte in sich selbst über; die Restfehler werden demzufolge 0.

Einschaltpunkte und Grenzpunkte: Aus der graphischen Auswertung resultiert eine mittlere Koordinatenabweichung von $\pm$ 7,0 cm; Δmax. überschreitet mit 26 cm (= 0,26 mm auf dem Plan) die übliche Kartiergenauigkeit. Da die Abweichungen jedoch stark systematischen Charakter

Untersuchungsergebnisse der Auswertemodelle 1 bis 5 (Einheit = cm)

Vergleich der photogrammetrisch bestimmten Elemente mit den Ergebnissen der Verifikation:

a) Lagegenauigkeit (m_y, m_x) der

	Paßpunkte			Einschaltpunkte und Grenzpunkte[1]			Bolzen und Kreuze		
	n	$m_y = m_x$	Δ max.	n	$m_y = m_x$	Δ max.	n	$m_y = m_x$	Δ max.
A	26	± 5,7[2]	11	506	± 7,0	26	–	–	–
S	26	0	0	570	± 4,5	14	6	± 9,7	16
M	26	± 3,1	7	570	± 4,4	13	6	± 9,2	14

b) Nachbargenauigkeit (m_D) der Einschaltpunkte und Grenzpunkte bezüglich der benachbarten

	Paßpunkte			Einschaltpunkte und Grenzpunkte[1]			Bolzen und Kreuze		
Distanz:	n	m_D	Δ max.	n	m_D	Δ max.	n	m_D	Δ max.
abgegriffen:	27	± 7,6	13	565	± 5,8	20	12	± 7,4	14
gerechnet aus:									
A	26	± 6,9	13	528	± 5,4	17	11	± 8,1	15
S	27	± 3,9	8	–	–	–	–	–	–
M	27	± 5,0	11	573	± 4,3	15	12	± 9,3	17

c) Höhengenauigkeit (m_H) der

Paßpunkte			Einschaltpunkte und Grenzpunkte[1]			ΔH benachbarter Einschaltpunkte		
n	m_H	Δ max.	n	m_H	Δ max.	n	$m_{\Delta H}$	Δ max.
26	± 10,2	24	111	± 13,5	41	86	± 12,5	43

Vergleich benachbarter Modelle:

d) Gemeinsame Punkte

Lage:	n	Δm	Δ max.	$m_y = m_x$	*Höhe:*	n	Δm	Δ max.	m_H
S	72	± 4,8	15	± 3,4		25	± 21,8	46	± 15,4
M	72	± 4,8	15	± 3,4					

Vergleich zweier unabhängiger Punkteinstellungen im Autographen:

e) Einstellgenauigkeit

Lage:	n	Δm	Δ max.	$m_y = m_x$	*Höhe:*	n	Δm	Δ max.	m_H
	908	± 3,8	15	± 1,9		25	± 13,7	35	± 6,9

Legende:

A: Koordinatenabgriff der graphisch ausgewerteten Punkte.

S: Affine Sektortransformation der registrierten Maschinenkoordinaten.

M: Affine Modelltransformation der registrierten Maschinenkoordinaten.

[1] Ohne Bolzen und Kreuze.

[2] Auf dem Plan bestimmte Restfehler nach Auswerteprotokoll.

tragen, wirken sie sich auf die Nachbargenauigkeit nicht in dem Maße aus. Die mittleren Abweichungen gehen bei beiden Transformationsarten auf ± 4,5 cm zurück.

Bolzen und Kreuze: Von der Untersuchung der Grenzpunkte wurden die Bolzen und Kreuze ausgenommen. Die Zusammenstellung zeigt eindeutig, daß deren mittlere Koordinatenabweichungen doppelt so groß sind wie diejenigen der übrigen Grenzpunkte, was offensichtlich mit der besonderen Signalisierungsart zusammenhängt.

Vergleichspunkte: Von gewissem Interesse sind die zehn Vergleichspunkte, die im beiliegenden Plänchen 1 : 10000 eingetragen sind. Es handelt sich um trigonometrische Punkte und Polygonpunkte der Nachbargemeinden, die nicht als Fixpunkte für die Transformation benützt, jedoch ebenfalls eingestellt und transformiert wurden. Ein Vergleich mit den gegebenen Koordinaten dieser Punkte führt bei beiden Transformationsarten zu einer mittleren Koordinatendifferenz von ± 8,0 cm und einem Δmax. von 16 cm. Die größeren Abweichungen sind zum Teil der Lageunsicherheit der Polygonpunkte zuzuschreiben.

b) Nachbargenauigkeit

Die Nachbargenauigkeit der Grenzpunkte ist erwiesenermaßen von größerer Bedeutung als deren absolute Lagegenauigkeit, weshalb besonderes Gewicht auf die Untersuchung dieser Verhältnisse gelegt wurde.

Einschaltpunkte und Grenzpunkte: Alle vom Unternehmer im Feld erhobenen Kontrollmaße wurden mit den unabhängig mittels Transversaltafel aus dem Plan abgegriffenen Distanzen verglichen. Als mittlere Distanzdifferenz fanden wir ± 5,8 cm und als maximale Abweichung 20 cm. Alle Differenzen liegen innerhalb der Toleranz II für den Kartierungsfehler. Anderseits rechneten wir die Distanzen aus den abgegriffenen Koordinaten der betreffenden Punkte und fanden im Vergleich mit den erhobenen Feldmaßen eine mittlere Abweichung von ± 5,4 cm oder im Maximum 17 cm. Der kleine Unterschied der Distanzgenauigkeit rührt vermutlich daher, daß der Planabgriff mit dem Koordinatographen mit größerer Genauigkeit erfolgt als mit der Transversaltafel. Unter Verwendung der Grenzpunktkoordinaten aus der affinen Modelltransformation reduziert sich der mittlere Distanzfehler auf ± 4,3 cm mit einer maximalen Abweichung von 15 cm.

Bolzen und Kreuze: Die mittleren Differenzen der Distanzen nach diesen Punkten sind durchwegs größer als derjenigen zwischen den übrigen Grenzpunkten, was wiederum auf die schlechtere Auswertemöglichkeit solcher Mauerpunkte hinweist.

Paßpunkte: Entsprechend den auftretenden Restfehlern bilden die Paßpunkte eigentliche Fremdkörper im Punktfeld der graphischen Auswertung; die Nachbargenauigkeit ist demzufolge gestört. Dies zeigt sich deutlich im mittleren Fehler der abgegriffenen Distanzen (± 7,6 cm) sowie der aus abgegriffenen Koordinaten gerechneten Distanzen (± 6,9 cm). Der Einfluß wird durch die ausgleichende Wirkung der affinen Modelltransformation etwas gemildert. Aber auch dort sind die Distanzfehler

gegenüber den gegebenen Punkten mit ± 5,0 cm größer als diejenigen zwischen transformierten Grenzpunkten. Bei der affinen Sektortransformation werden die Paßpunkte genau wie das übrige Punktfeld transformiert. Die Folge davon ist, daß sich der mittlere Distanzfehler gegenüber den benachbarten Grenzpunkten auf ± 3,9 cm reduziert und damit demjenigen der übrigen Punkte entspricht.

Toleranz II für die Kontrollmaße: Wie wir gesehen haben, genügen die abgegriffenen Planmaße der Toleranz II für die Kartierung im Maßstab 1 : 1000. Anderseits haben wir aber auch gesehen, daß die Photogrammetrie genauere Werte zu liefern imstande ist, wenn man die Distanzen statt auf dem Umweg über den Plan direkt aus transformierten Koordinaten herleitet. In diesem Fall kann man praktisch von einer photogrammetrischen Distanzmessung sprechen. Die derart hergeleiteten Distanzen müßten somit innerhalb der Toleranz II mit den im Feld erhobenen Maßen übereinstimmen. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse ordneten wir die aus der affinen Modelltransformation hergeleiteten Distanzfehler nach Distanzen zwischen den Grenzen 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 60 m und verglichen sie mit den entsprechenden Toleranzen. Als erstes konnte dabei festgestellt werden, daß die mittleren Distanzfehler mit zunehmender Distanz nur sehr schwach wachsen, nämlich von ± 3,8 bis ± 4,7 cm. Dementsprechend nehmen sie relativ zu den stärker wachsenden Toleranzen ab, so daß sie bei 5 m im Durchschnitt 41 %, bei 25 m noch 32 % der Toleranz betragen. Diese Feststellung wird durch den Umstand bestätigt, daß alle 16 unter den 573 untersuchten Distanzen auftretenden Toleranzüberschreitungen in den Bereich 0 bis 20 m fallen; bei Distanzen über 20 m wird die geforderte Nachbargenauigkeit der Instruktion II restlos eingehalten.

c) Höhengenauigkeit

Obwohl die Bestimmung der Höhe in der Grundbuchvermessung nicht die Bedeutung hat wie jene der Lage, untersuchten wir kurz die Höhengenauigkeit der photogrammetrisch bestimmten Einschaltpunkte und Grenzpunkte. Zu diesem Zweck mußten lediglich die Höhenangaben der zu untersuchenden Punkte aus den Registrierstreifen herausgezogen und mit den gerechneten Polygonhöhen der Verifikation verglichen werden. Dabei fanden wir für die 111 untersuchten Punkte einen mittleren Höhenfehler von ± 13,5 cm mit einem Maximalfehler von 41 cm.

Da in diesen Werten systematische Einflüsse enthalten sein können, hervorgerufen durch Höheneinstellfehler der Paßpunkte und Modelldeformationen, wurden auch 86 Höhendifferenzen ΔH benachbarter Einschaltpunkte beziehungsweise Polygonpunkte der Verifikation untersucht, die einen mittleren Fehler von ± 12,5 cm und einen Maximalfehler von 43 cm aufwiesen.

d) Gemeinsame Punkte

Von besonderer Bedeutung für die Grundbuchvermessung ist die gute Übereinstimmung beim Übergang vom einen ins andere Auswerte-

modell. Zur Abklärung der Übergangsverhältnisse wurden absichtlich 72 an den Modellgrenzen liegende Grenzpunkte in beiden Modellen ausgewertet.

Bei der graphischen Auswertung wurde lediglich durch Okularkontrolle die Lage des im Nachbarmodell ausgewerteten Punktes festgestellt, ohne daß sich diese gegenseitige Beziehung zahlenmäßig festhalten ließe. Die in Landeskoordinaten transformierten Maschinenkoordinaten gestatteten hingegen einen eindeutigen und unabhängigen Vergleich. Bei beiden Transformationsarten konnte eine mittlere Differenz zwischen den Landeskoordinaten beider Auswertungen von $\pm$ 4,8 cm festgestellt werden, wobei die maximale Differenz 15 cm betrug. Daraus kann auf einen mittleren Koordinatenfehler $m_y = m_x = \pm$ 3,4 cm geschlossen werden.

Der Vergleich der Höhen einiger gemeinsamer Punkte führte auf eine mittlere Höhendifferenz von $\pm$ 21,8 cm entsprechend einem mittleren Höhenfehler von $\pm$ 15,4 cm, der dem oben angegebenen Wert ziemlich nahe kommt.

e) Einstellgenauigkeit

Der Rechenautomat IBM 650 lieferte außer den transformierten Koordinaten die ΔX und ΔY der Maschinenkoordinaten sowie deren quadratisches Mittel. Die mittlere Differenz in X und Y zweier vollständig voneinander unabhängiger Einstellungen eines signalisierten Punktes im Autographen wurde auf diese Weise zu $\pm$ 1,25 Einheiten bestimmt, das sind $\pm$ 12,5 μ oder bei Berücksichtigung des Modellmaßstabes 1 : 3000 $\pm$ 3,8 cm. Der mittlere Koordinatenfehler des Mittels zweier Einstellungen würde demnach $\pm$ 1,9 cm, wobei zu bemerken ist, daß es sich lediglich um die innere Beobachtungsgenauigkeit handelt, während die fehlerhafte Auffassung des eingestellten Punktes noch zusätzliche Fehler bewirkt.

Analog errechneten wir aus den beiden Höhenregistrierungen einer Anzahl Punkte die mittlere Höhendifferenz zweier unabhängiger Einstellungen zu $\pm$ 13,7 cm. Demnach würde der mittlere Höhenfehler am Mittel beider Einstellungen $\pm$ 6,9 cm betragen, doch handelt es sich auch hier um die innere Beobachtungsgenauigkeit.

4. Praktische Erfahrungen

Vorerst sei festgestellt, daß wir mit dem Operat Berg am Irchel durchwegs gute und erfreuliche Erfahrungen machen durften. Dies ist wohl nicht zuletzt darauf zurückzuführen, daß die Erkenntnisse, die bei früheren photogrammetrischen Vermessungen gesammelt worden waren, nutzbringend angewendet werden konnten. Daneben seien einige Punkte erwähnt, die vor allem infolge der höheren Genauigkeitsanforderungen der Instruktionszone II besondere Bedeutung erlangen.

a) Die Paßpunkte

Anläßlich der Verifikationsmessungen stellten wir fest, daß zwei Paßpunkte Lagefehler zwischen 20 und 25 cm aufwiesen. Beim Punkt 2

(vgl. Plänchen 1 : 10000) handelt es sich um einen Triangulationspunkt, der sich derart mit dem ganzen Hang verschoben hatte, daß anläßlich der Okularkontrolle keine Veränderung festgestellt werden konnte. Im Zusammenhang mit der Bestimmung der benachbarten Paßpunkte hätten hingegen bei genügend kritischer Beurteilung gewisse Differenzen festgestellt werden können. Beim Punkt 7 handelt es sich um einen trigonometrisch bestimmten Punkt, bei dem ein kleiner Rechenfehler trotz den benützten Kontrollvisuren nicht aufgedeckt wurde.

Diese beiden Beispiele mögen zeigen, daß bei der Bestimmung der Paßpunkte äußerste Sorgfalt angewendet werden muß. Paßpunktfehler in der Größenordnung über 10 cm können sich bei der heutigen Auswertegenauigkeit bereits bei der absoluten Orientierung der Modelle als Zwänge bemerkbar machen.

b) Signalisierung

Die weiß bestrichenen Marksteine haben sich sehr gut bewährt, indem bei dieser Signalisierungsart im Gegensatz zur Verwendung von Kartontafeln keine Nachkontrolle erforderlich war. Der zusätzliche Kranz erleichterte sowohl die Identifizierung wie auch das Aufsuchen der Punkte im Autographen; hingegen schwächte er die Kontrastwirkung gegenüber der Umgebung ab, was sich besonders bei hellem Untergrund nachteilig auswirkte. Die größeren Distanzfehler zwischen einzelnen Punkten konnten auf Grund einer Überprüfung der Identifikationsphotos teilweise auf mangelnde Kontrastwirkung zurückgeführt werden. Bei der heute erreichten Bildqualität würde die weiß bestrichene Steinoberfläche genügen.

Die Emailhauben lieferten sehr klare, aber eher etwas zu große Bilder. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß beide Signalisierungsarten die gleiche Auswertegenauigkeit ergaben. Hingegen erfordert das Auslegen, Kontrollieren und Einsammeln der Hauben einen wesentlichen Mehraufwand, wozu noch vermehrte Materialkosten durch Abnützung und Verlust der Hauben kommen.

Bolzen und Kreuze wurden durch Bemalen der Mauer signalisiert. Dadurch entstand im Autographen ein falscher Eindruck, der sich meist so auswirkte, daß die Punkte mauerwärts verschoben wurden. Solche Punkte werden wohl einfacher und genauer auf Nachbarpunkte aufgemessen.

c) Vermarkung

Da die Signalisierungsarbeiten rasch erfolgen sollen, muß die Vermarkung in tadellosem Zustand sein. Fehlende oder schiefe Steine können in diesem Zeitpunkt gewöhnlich nicht mehr ersetzt werden, so daß sie bereits zu Nachmessungen Anlaß geben. Ferner sollte auch das Aufsuchen der Steine nicht viel Zeit in Anspruch nehmen. Ein vollständig nachgeführtes und möglichst maßstäbliches Vermarkungskroki trägt viel zur raschen und lückenlosen Signalisierung bei.

d) Lückenergänzung

In Berg am Irchel waren wir durch den Umstand begünstigt, daß sehr wenig Auswertelücken auftraten. Das Gebiet war offensichtlich sehr gut für die photogrammetrische Aufnahme geeignet. Von den aufgemessenen Punkten am Waldrand konnten noch etliche ausgewertet werden, und zwar, wie der Vergleich mit den Maßzahlen zeigte, sehr gut. Damit stellt sich die Frage, ob allenfalls die Ergänzungsmessungen erst nach der Auswertung und deren Prüfung mittels Abgriffs der Kontrolldistanzen auszuführen sind.

e) Dorfperimeter

Die Wahl des Dorfperimeters muß sich nach den gegebenen und zu erwartenden Verhältnissen richten. Im Falle Berg wurde er sehr eng gezogen (vgl. Plänchen 1 : 10000).

Der Zusammenhang zwischen beiden Maßstabsgebieten wird dadurch erreicht, daß das Dorfpolygonar an die außerhalb des Dorfperimeters liegenden Einschaltpunkte angeschlossen wird. Diese Maßnahme hat sich bewährt, indem die Abschlußfehler aller Polygonzüge die Toleranz für Nebenzüge einhielten.

5. Schlußbetrachtungen

Als positives Resultat der eingehenden Untersuchungen darf festgehalten werden, daß die Photogrammetrie einen solchen Genauigkeitsgrad erreicht hat, daß sie für Grundbuchvermessungen in der Instruktionszone II eingesetzt werden kann. Die ihr innewohnende Genauigkeit wird jedoch nur dann voll ausgeschöpft, wenn die Auswerteelemente in Zahlen, das heißt in Koordinaten, festgehalten werden.

Die graphische Auswertung genügt sehr wohl für die planmäßige Darstellung, die der näheren Umschreibung der Eigentumsverhältnisse dient. Sie genügt jedoch nicht, wenn es darum geht, die bei der Vermessung erhobenen Elemente zu reproduzieren. Wir müssen uns darüber Rechenschaft geben, daß die vorliegende graphische Auswertung mit einer einwandfrei funktionierenden Übertragung auf den Zeichentisch durchgeführt wurde und daß die Genauigkeitsuntersuchungen auf den neuen Plänen beruhten. Wie uns aber von Photogrammeterseite erklärt wurde, arbeiten die mechanischen Übertragungen nicht immer ganz spielfrei. Außerdem werden die Pläne durch den jahrelangen Gebrauch in Mitleidenschaft gezogen, so daß die gestochenen Punkte nicht mehr so eindeutig definiert sind wie heute. Sodann ist zu bedenken, daß im Falle starker Beschädigung oder gar Zerstörung des Planes keine Originalmeßresultate mehr vorhanden sind. Zur Neuerstellung des Planes müßte das Photomaterial, falls es noch brauchbar ist und sich der Aufwand lohnt, nochmals ausgewertet werden. Allen diesen Unzulänglichkeiten kann dadurch begegnet werden, daß von allen Grenzpunkten auf direktem Weg Landeskoordinaten hergeleitet werden. Auf diese Weise können die gel-

tenden Toleranzen der Instruktion II für die Nachbargenauigkeit, obwohl sie auf anderen Fehlergesetzen als denjenigen der Photogrammetrie beruhen, eingehalten werden.

Im Grunde genommen ist das eine erstaunliche Leistung, wenn man bedenkt, daß die Aufnahmen in einer Höhe von 1200 m über Grund gemacht wurden. Sie ist möglich dank dem Einsatz einer ausgezeichneten Aufnahmekamera, eines einwandfrei arbeitenden Autographen und eines zuverlässigen Auswerters, durch die zweimalige und vollständig unabhängige Einstellung jedes Grenzpunktes und durch die Verwendung von Kompensationsplatten, die die restlichen kleinen Verzeichnungsfehler des Aufnahmeobjektivs aufheben. Dabei ist festzuhalten, daß es sich bei Berg am Irchel nicht um einen zugeschnittenen Versuch handelt, sondern um ein Beispiel aus der Praxis.

Die Genauigkeit der Höhenbestimmung steht gegenüber der Lagegenauigkeit wesentlich zurück, was im Wesen der Luftphotogrammetrie begründet ist. Da aber für verschiedene Zwecke Punkte mit guter relativer Höhengenauigkeit benötigt werden, spricht dies eher für einen gänzlichen Verzicht auf die photogrammetrische Höhenbestimmung. Damit stellt sich die Frage, ob allenfalls durch ein Nivellement, verbunden mit der Paßpunktbestimmung, die erforderliche Höhengrundlage geschaffen werden soll.

Der Vergleich der beiden Transformationsarten, affine Sektortransformation und affine Modelltransformation, läßt leider keine eindeutige Entscheidung zugunsten des einen oder andern Systems zu. Zwei Umstände sprechen jedoch für die Sektortransformation: Der Zusammenhang der Paßpunkte, die ja meist auch Grenzpunkte darstellen, mit den umliegenden Grenzpunkten bleibt erhalten. Die Einschaltung des ausgewerteten Punktfeldes in die gegebenen Paßpunkte geschieht auch dann widerspruchslos, wenn allenfalls Zwänge zwischen diesen auftreten, wie etwa beim Anschluß an bestehende Vermessungswerke.

Der durchgeführte Versuch erbrachte den Beweis dafür, daß heute die Transformation von Maschinenkoordinaten in Landeskoordinaten in bezug auf den damit verbundenen Arbeitsaufwand möglich und in bezug auf die entstehenden Mehrkosten verantwortbar ist. Der Mehraufwand des Photogrammeters gegenüber der rein graphischen Auswertung umfaßt im wesentlichen die Numerierung der Grenzpunkte und deren Eintrag in einen Plan, am zweckmäßigsten in den Handriß. Die Registrierung der Maschinenkoordinaten mit dem Koordinatenregistriergerät läuft praktisch parallel mit der graphischen Kartierung. Das Erstellen der zwei Lochkarten pro Punkt, das Sortieren und das Tabellieren der Resultate verursachte bei unserem Versuch Kosten von 35 Rp. pro Punkt. Demgegenüber beliefen sich die Ausgaben für die reine Rechenarbeit auf 10 Rp. pro Punkt.

Wie wir gesehen haben, erlaubt die direkte Herleitung von Koordinaten, alle Punkte mit der gleichen Genauigkeit zu reproduzieren, mit der sie aufgenommen worden sind. Diese Tatsache ist vor allem bei der Nachführung eines photogrammetrisch erstellten Vermessungswerkes von aus-

schlaggebender Bedeutung, dann nämlich, wenn verlorengegangene Punkte rekonstruiert werden müssen. Die zweite Aufgabe der Nachführung, die Einschaltung neuer Punkte in das bestehende Punktfeld, dürfte keine besonderen Schwierigkeiten verursachen. Wesentlich ist, daß die Nachbargenauigkeit erhalten bleibt, indem die neuen Punkte möglichst eng mit den vorhandenen verhängt werden.

Leider haben wir im heutigen Zeitpunkt noch keine praktischen Erfahrungen über die Durchführung solcher Nachführungsarbeiten. Die Aufgabe stellt sich aber früher oder später, in einem praktischen Kurs ähnlich wie bei der Einführung der Polarkoordinatenmethode die damit verbundenen Fragen zu behandeln und abzuklären.

Es ließe sich noch vieles erwähnen, was bei der Durchführung einer photogrammetrischen Grundbuchvermessung beachtet werden muß. Es sei lediglich noch darauf hingewiesen, daß vor Inangriffnahme eines derartigen Werkes die gegebenen Verhältnisse eingehend daraufhin zu prüfen sind, ob sie die erfolgreiche Anwendung der Photogrammetrie gestatten. Schließlich muß noch gefordert werden, daß jede einzelne der vorkommenden Arbeiten, von der Erstellung des Flugplans über die Signalisierung, Identifizierung, Paßpunktbestimmung usw., mit Sorgfalt durchgeführt werden muß, wenn das Werk als Ganzes gelingen soll. Dies ist jedoch keine neue Erkenntnis, gilt sie doch für jede Aufnahmemethode, soll das Vermessungswerk seinen Ersteller und vor allem seinen späteren Benützer befriedigen.

Les améliorations foncières et la transformation de l'économie agricole de la plaine du Rhône entre Martigny et le lac

Par L. Bridel, lic. ès lettres, Lausanne

Les améliorations foncières n'ont pas entièrement bouleversé la géographie de cette région. Il nous faut, pour commencer, souligner les traits stables. La plaine de Martigny à Villeneuve fait partie de la cluse alpestre du Rhône, c'est-à-dire d'une percée perpendiculaire aux plis des Alpes, ouverte par le fleuve puis élargie par les glaciers. Ce passage n'est qu'un couloir en amont de St-Maurice. En aval, il s'élargit en une plaine alluviale qui peut atteindre jusqu'à 6 km de large, au droit de Monthey.

Le climat est demeuré intouché par l'aménagement des terres, sauf pour ce qui concerne les brouillards superficiels, lesquels ont pratiquement disparu. Mise à part cette question, la cluse est une zone de passage, tant aux points de vue climatologique et biogéographique que humain; c'est pourquoi les chutes de pluie diminuent à mesure que l'on remonte la vallée en direction de Martigny et que leur répartition saisonnière met en première place l'été, jusque vers St-Maurice, puis l'automne, en amont. Ces variations ne doivent pourtant pas faire oublier que toute la zone