

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 94 (1996)

Heft: 2

Artikel: Zur Homogenisierung und Fortführung von grossmassstäblichen Karten

Autor: Benning, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-235230>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

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

Zur Homogenisierung und Fortführung von grossmassstäblichen Karten

W. Benning

Die Umstellung analoger Flurkarten auf eine digitale Basis ist in der Praxis in vollem Gange. Es werden zwei Verfahren der Umstellung von am Digitalisiertablett erfassten Koordinaten in eine digitale Karte vorgestellt. Darüberhinaus wird der Vorgang der Fortführung der digitalen Karte aufgrund späterer Detailvermessungen EDV-unterstützt gelöst. Datenbeispiele zeigen die Effizienz der realisierten Programmsysteme.

La conversion de plans cadastraux analogiques en un système digital est en plein travail. Deux procédés de conversion des données saisies sur la table de digitalisation en un plan digital sont présentés. En plus, il est possible de résoudre, à l'aide de l'informatique, le procédé de mise à jour du plan digital sur la base de mensurations de détail ultérieures. L'efficacité des systèmes de logiciels réalisés est démontrée par des exemples de données.

La conversione delle carte fondiaria analogiche in carte digitali è in piena fase di realizzazione. L'articolo illustra due procedimenti di conversione delle coordinate, rilevate con la tavola di digitalizzazione, in una base digitale. Non va sottovalutato il processo di mantenimento di continuità della carta digitale, basato su successive misurazioni dettagliate, effettuate con supporti EDP. Gli esempi dei dati mostrano l'efficienza dei sistemi di programma realizzati.

1. Einleitung

Die Umstellung analoger Flurkarten auf eine digitale Basis ist ein zentrales Problem heutiger Vermessungspraxis. Den höchsten Automatisierungsgrad bietet in diesem Zusammenhang das Scannen der analogen Vorlagen sowie die anschließende algorithmen-gestützte Raster-Vektor-Konvertierung und Strukturierung der Daten. Der heterogene Ist-Zustand der Kartenwerke, begründet aus dem langen Entstehungszeitraum, aus unterschiedlichen Aufnahmemethoden, Massstäben, Randbegrenzungen (Inselkarten) oder geodätischen Bezugssystemen, beinhaltet jedoch Konsistenzmängel, die eine einheitliche Strukturierung des Datenmaterials nicht zulassen (Klauer 1993). Darüber hinaus bedingen die geometrischen und topologischen Mängel des Digitalisierungsprozesses aus Vektorisierung und automatischer Strukturierung, dass u.a. gerade Linien in Zick-Zack-Form reproduziert werden, Linienunterbrechungen entgegen der Vorlage auftreten oder Text- und Symbolik-Konvertierung unvollständig bleiben. Das heisst, es verbleibt ein hoher interaktiver Nachbearbeitungsaufwand für den Anwender, der insbesondere aus prozedural bedingten Folgefehlern mit komplexen Fehlersituationen herrührt. Demnach verwundert es kaum, dass bisher lediglich ein Katasteramt in der Bundesrepublik Deutschland diese sicherlich zukunftsweisende Technik einsetzt.

In der Regel werden dagegen die analogen Karten mittels Digitalisiertablett in zunächst örtlichen Koordinatensystemen

erfasst, um diese in einem zweiten Schritt mittels Passpunkten ins amtliche System zu transformieren. Die Tatsache, dass jeder digitalisierte Punkt mit einer relativen Digitalisiergenauigkeit von grösser gleich 0,3 m vorliegt, erfordert den Einsatz entsprechender Transformationsverfahren mit automatisierter Restklaffenverteilung ebenso wie die mathematisch-funktionale Behandlung etwaiger geometrischer Bedingungen. Diesen Prozess der Datenbehandlung nennt man Homogenisierung. Sie wird in dieser Arbeit mit dem Modell der Ausgleichsrechnung nach vermittelnden Beobachtungen behandelt. Dabei sei jedoch schon an dieser Stelle betont, dass jedweder Ansatz der Homogenisierung zwar zu einer Verbesserung der relativen Lagegenauigkeit gegenüber der analogen Karte führen kann und sollte, die absolute Lagegenauigkeit der abgeleiteten Koordinaten bleibt aber aufgrund der Datenacquisition aus nichtpräzisen Unterlagen bescheiden. Diese kann jedoch durch stete Fortführung des digitalen Nachweises mittels der Ergebnisse aus terrestrischen Fortführungsvermessungen entscheidend verbessert werden.

Eine optimale Umstellung der analogen Flurkarten kann bestenfalls durch völlige Neuberechnung aus den vorhandenen Zahlennachweisen des Katasters abgeleitet werden, möglicherweise in Kombination mit digitalisierten Flurkartenausschnitten dort, wo keine Zahlennachweise vorhanden sind (Benning 1994). Dies ist mit modernen Ausgleichsprogrammen wie SYSTRA von Prof. Gründig oder dem

vom Autor realisierten Programmsystem KAFKA auch für grösste Verfahrensgebiete und Punktmengen möglich, scheidet aber aus Zeit- und Kostengründen bzw. wegen fehlendem Fachpersonal vielerorten aus. Dennoch sei auf die Untersuchung von Heisterkamp (1992) hingewiesen, in der grafische Umstellungsverfahren mit den Ergebnissen einer flächenhaften Ausgleichung aus Messungszahlen verglichen werden. Demnach sind die «berechneten Koordinaten um den Faktor 10 bis 30 genauer als die der grafischen Verfahren» (vgl. dort S. 108).

Im folgenden sollen einige Ausführungen zur Kartenhomogenisierung aus digitalisierten Daten und der darauf aufsetzenden permanenten Fortführung der digitalen Karte gemacht werden, sowie kurz auf die Problematik der Neuberechnung aus Vermessungsunterlagen in Kombination mit digitalisierten Tischkoordinaten eingegangen werden.

2. Funktional der Kartenhomogenisierung

Das am Geodätischen Institut der RWTH Aachen entwickelte Homogenisierungsprogramm FLASH (Scholz 1992) unterscheidet sich von allen anderen uns bekannten Homogenisierungsverfahren dadurch, dass es die auszuwertenden Daten und Beobachtungen so nahe wie möglich an der physikalischen Wirklichkeit parametrisiert. Das bedeutet, es werden für die originären Messungselemente wie

- die digitalisierten x- und y- Koordinaten in örtlichen Tischkoordinatensystemen,
- die zusätzlichen terrestrischen Beobachtungen aus Orthogonal- und Polaraufnahmen,
- die stochastischen Anschlusspunkte mit a-priori-Genauigkeiten,
- die geometrischen und konstruktiven Bedingungen, als da sind: Geradheitsbedingungen, Rechte Winkel für Hausecken etc., Parallelitäten, Abstandsmasse zwischen Punkten bzw. zwischen Punkten und Linien, Kreiscontinuitäten oder kubische Splines
- sowie zusätzliche, fingierte Strecken für die nachbarschaftstreue Restklaffenverteilung.

Verbesserungsgleichungen für die simultane Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen aufgebaut. Mit diesem Ansatz werden mathematische Korrelationen ausgeschlossen, wie sie durch Formulierung eines Funktionalansatzes für abgeleitete Beobachtungen entstehen. Ein wesentlicher Vorteil dieses strengen Ausgleichungsansatzes ist die Konsistenz in den Ergebnissen, das heisst die simultane Berechnung aller Unbekannten in einem Schritt verhindert ein etwaiges Zerstören vorheriger Lösungsergebnisse, wie

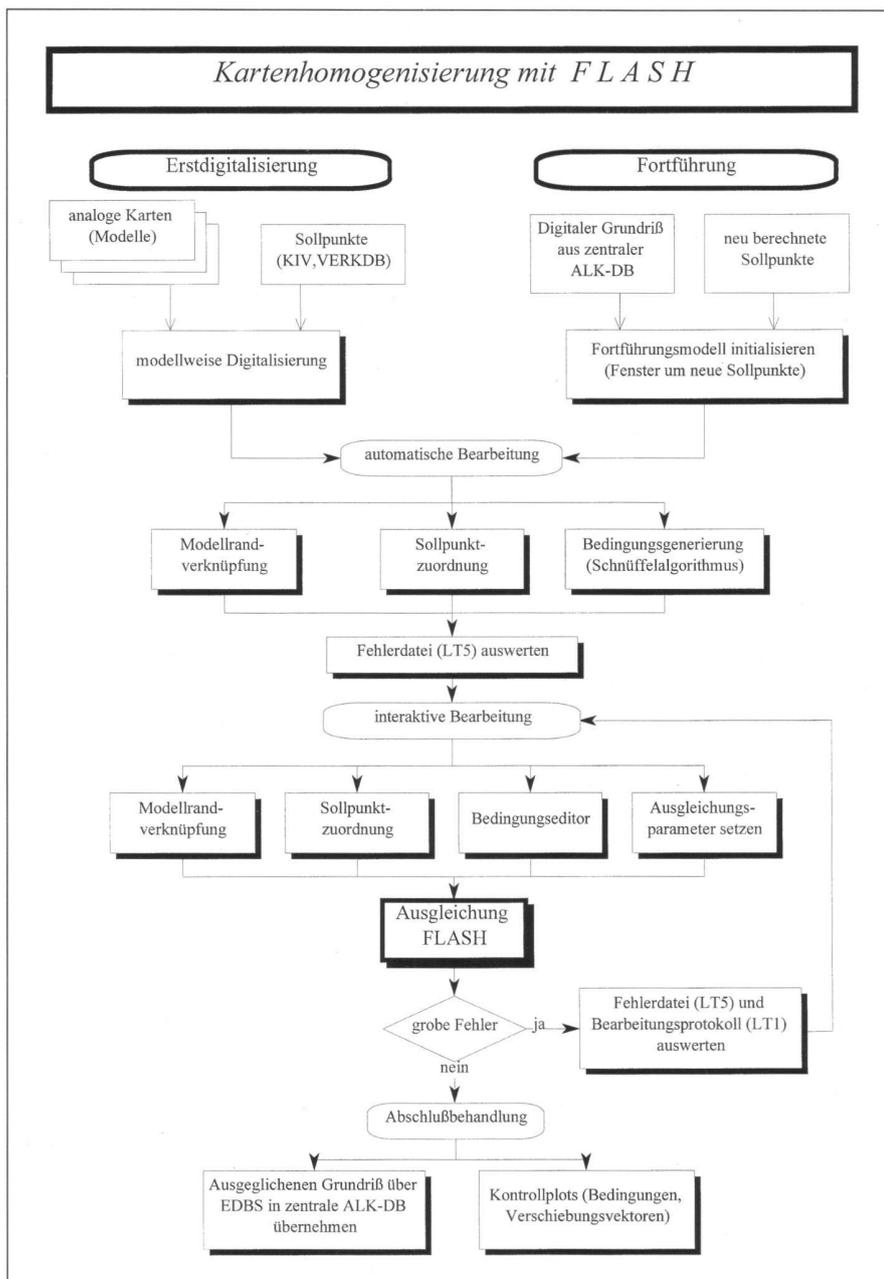


Abb. 1: Verfahrensverlauf der Kartenhomogenisierung und -fortführung mit FLASH.

dies in mehrstufigen Vorgehensweisen von Haus aus geschieht. Abbildung 1 zeigt den Verfahrensablauf für beide Arbeitsschritte, die erstmalige Erstellung der digitalen Karte aus Digitalisierungsergebnissen sowie die spätere Fortführung der digitalen Karte aus Fortführungsmessungen, wie dies mit dem Programmsystem FLASH zum Beispiel im ALK-GIAP (Version 1.41) realisiert wurde.

Wir gehen davon aus, dass in der Datenbank ein grösseres Projekt, etwa der Karteninhalt einer Gemarkung, abgelegt sei. Dieses wird aus fachtechnischen Gründen in mehrere unterlagenabhängige Modelle unterteilt, um z.B. lokal unterschiedliche Kartenqualitäten oder -massstäbe durch unterschiedliche Gewichtung trennen und individuell behandeln zu können. Dem-

entsprechend wird das System FLASH auch bei späterer gemeinsamer Ausgleichung aller Modelle in einem Guss für jedes dieser Modelle zwei zueinander senkrecht stehende, eigenständige Massstabsunbekannten berechnen. Die Einteilung in Modelle hat jedoch auch den Vorteil, modellweise, und damit in kleineren, überschaubaren Einheiten, Datenaufbereitung und Fehlerelimination betreiben zu können. Für den ALK-GIAP gilt, dass zu jeder Zeit wahlweise in einer von drei Hierarchiestufen ausgewertet werden kann:

- Ausgleichung des gesamten Datenbankinhalts (gesamtes Projekt)
- Ausgleichung eines frei wählbaren Modells oder

– Ausgleichung eines am Bildschirm frei definierten Fensters.

Mit der modellweisen Ausgleichung wird in der Regel die Datenauswertung begonnen, um den Datenbestand auf Konsistenz, Berechenbarkeit und grobe Datenfehler zu prüfen. Etwaige Datenfehler werden nach höchster Wahrscheinlichkeit sortiert und können in entsprechender Reihenfolge am Bildschirm visualisiert werden. Liegen grobe Datenfehler vor, so kann die Ausgleichung mittels Fenster-technik eingesetzt werden. Letztere dient der äusserst operativen und schnellen Datenbereinigung in lokalen Bereichen. Widersprüche in den Bedingungen oder z.B. fehlerhafte Punktzuordnungen sind nach entsprechender Datenänderung in Sekundenschnelle und ausgleichungstechnisch aufgehoben. Sind alle Datenfehler des Modells aufgeklärt und bereinigt, gegebenenfalls wird man Einzelbeobachtungen vor einer örtlichen Überprüfung im Felde durch individuelle Herabgewichtung in ihrem Einfluss auf das Ausgleichungsergebnis beschneiden, dann sollte die Ausgleichung des jeweiligen Modells wiederholt werden. Sind schliesslich alle abgespeicherten Modelle des Projektes abschliessend behandelt, dann kann und muss das gesamte Projekt in einem Guss berechnet werden, um hiermit die Modelle über identische Modellränder einander anzupassen und in die endgültige Lagerung zu transformieren. Für die im Verfahrensablauf notwendigen Schritte wie Modellrandverknüpfung über identische Punkte und Linien, Zuordnung der digitalisierten Punkte zu den zugehörigen Sollpunkten sowie die Generierung der geometrischen Bedingungen existieren sowohl automationsunterstützende Algorithmen als auch die Möglichkeit des interaktiven Eingriffs. Unsere Erfahrung zeigt, dass gerade beim erstmaligen Erstellen der digitalen Karte die automatische Punktzuordnung sowie die automatische Bedingungs-generierung vom Sachbearbeiter kontrolliert und interaktiv unterstützt werden muss.

2.1 Zum Problem der Fortführung der digitalen Karte

Die praktische Bedeutung der digitalen Karte für zukünftige Anwendungen hängt entscheidend davon ab, wie diese in eine permanente Fortführung und damit qualitative Verbesserung integriert werden kann. Das Ziel der Anstrengungen muss es sein, alsbald eine Doppelführung der Nachweise aufgeben zu können. Ein reines Koordinatenkataster kann – nicht nur aus Gründen der Tradition oder der Rechtssicherheit – nicht ohne Bezug zur Örtlichkeit entwickelt werden. Das heisst konkret die notwendige Beibehaltung des Prinzips der Überprüfung und Einpassung jeder Fortführungsvermessung in die Ört-

lichkeit, um den zwei wesentlichen geodätischen Kriterien,

- dem Prinzip der nachbarschaftstreuen Aufmessung und Absteckung sowie
- dem funktionalen Äquivalent einer günstigen Fehlerfortpflanzung

gerecht zu werden. Diese Forderung schliesst umkehrbar eindeutig die örtliche Überprüfung von Punktidentitäten ein. Diese Prämissen vorausgesetzt, bedarf es der ständigen Fortführung der digitalen Karte aus den Ergebnissen der nachfolgenden terrestrischen Fortführungsvermessungen. Die Realisierung mit Hilfe der Homogenisierungskomponente FLASH ist denkbar einfach (vgl. Abbildung 1).

Wenn wir davon ausgehen, dass jede Fortführungsvermessung an bereits fest koordinierte Punkte des Aufnahmepunktfeldes angeschlossen wird, so bereitet es heute keine Mühe mehr, diese Messungen mit bestehenden Auswerte- oder Ausgleichungssystemen in das Aufnahmepunktfeld rechentechnisch einzupassen. Auf diese Weise erhalten die in die Fortführung eingeschlossenen Punkte endgültige Koordinaten, so dass sie für die digitale Karte zu Sollpunkten mutieren.

Als solche werden sie der Datenbank zugeführt. Nun ist um diese neuen Sollpunkte ein neues Fortführungsmodell zu legen, entweder durch polygonale Umrandung oder durch Anlegen eines (Rechteck-) Fensters auf dem Bildschirm. Der nachfolgende Teil der Homogenisierung gestaltet sich dann nach identischem Muster wie bei der Ersthomogenisierung. Da letztere aber bereits einen homogenen Datenbestand, insbesondere in Realisierung der geometrischen Bedingungen, erzeugt hat, läuft der Teil der automatischen Bearbeitung zur Sollpunktzurordnung und Bedingungsgenerierung mittels Schnüffelalgorithmen mit nahezu hundertprozentigem Erfolg ab. Abbildung 2 zeigt für ein Beispiel das Ergebnis der automatischen Bedingungsgenerierung. Alle Rechtwinkel- und Geradheitsbedingungen werden ad hoc erfasst, so dass weder

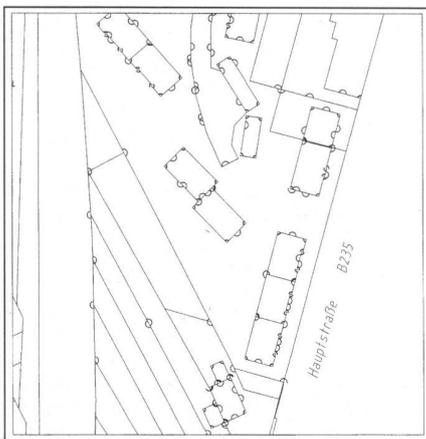


Abb. 2: Automatische Generierung der Bedingungen.

ein interaktives Nachbearbeiten durch den Sachbearbeiter erforderlich wird noch die Notwendigkeit zu bestehen scheint, die geometrischen Bedingungen permanent gespeichert vorhalten zu müssen. Zusammenfassend erhalten wir damit für den fortgeführten Teil der digitalen Karte z.T. endgültige Koordinaten im amtlichen System sowie gleichzeitig eine Verbesserung der absoluten Lagegenauigkeit der in diesem Fortführungsbereich und der lokalen Umgebung gespeicherten Karte.

2.2 Kombinitive Digitalisierung und Neuberechnung

Eine völlige Neuberechnung ganzer Gemarkungen aus vorliegenden Fortführungsrisen hat die Stadt Bochum beispielsweise mit dem Programmsystem KAFKA durchgeführt. Diese Vorgehensweise ist zeitintensiv, zumal es in der Katasterpraxis wohl kaum widerspruchsfreie Zahlennachweise für identische Gebiete aus einem längeren Entstehungszeitraum gibt. Aber gerade die Aufklärung und Bereinigung von Widersprüchen und groben Datenfehlern kostet Zeit und Sachverstand. Dennoch zeigte sich alsbald, dass der durchgängige Einsatz der flächenhaften Ausgleichung die kostenrelevanten und numerisch objektiven Entscheidungshilfen liefert, wo gegebenenfalls örtliche Ergänzungsmessungen erforderlich sind. Heisterkamp (1992) vergleicht in diesem Zusammenhang einerseits den benötigten Zeitaufwand für das Verfahren der Digitalisierung mit anschließender Homogenisierung im ALK-GIAP-FLASH mit der Neuberechnung mittels KAFKA aus dem Katasterzahlenwerk und setzt andererseits die jeweils erhaltene mittlere Punktgenauigkeit entgegen. Für zwei Fluren im ländlichen Bereich mit ca. 2000 Aufnahme-, Flurstücks- und Gebäudepunkten, digitalisiert im Massstab 1:2500, leitet er einen erhöhten Zeitaufwand für die Neuberechnung von mindestens dem Faktor 3 bis zum Faktor 5 ab. Allerdings leidet das angeführte Beispiel unter erheblichen Genauigkeitsdefiziten mit maximalen Restklaffen von 11,5 m, so dass eine aufwendige Datenbereinigung erforderlich war, die bekanntermassen mit höheren Genauigkeitsforderungen komplexer und zeitaufwendiger wird. Diesem Ergebnis stellt Heisterkamp den Genauigkeitsgewinn durch Neuberechnung und Ausgleichung gegenüber. Der durchschnittliche mittlere Punktfehler DMP liegt für sein Beispiel

- nach der Digitalisierung: DMP = 2,50 m
- nach der Digitalisierung und Homogenisierung: DMP = 1,56 m
- nach der Neuberechnung durch Ausgleichung: DMP = 0,06 m.

Insbesondere wird die nochmals verbesserte relative Punktgenauigkeit von etwa 3 cm bis 4 cm hervorgehoben, die nach Neuberechnung am mittleren lokalen Punktfehler festgemacht werden kann. Hieraus wird gefolgert, dass die Umstellung inhomogener, analoger Karten durch Digitalisierung den wirtschaftlichen Erfordernissen nicht immer standhalten kann, und eine zeitaufwendigere Neuberechnung durchaus effizienter, weil präziser, im Ergebnis sein kann. Letztendlich wird der Anwender fallbezogen seine Entscheidung treffen müssen. Dort, wo Rahmenkarten bzw. einigermaßen homogene, analoge Karten vorliegen, ist die Digitalisierung einschliesslich der Homogenisierung das kosten-/nutzengünstigste Umstellungsverfahren. Dort hingegen, wo die analogen Unterlagen sehr inhomogen sind, wo z.B. nur Inselkarten vorliegen, liefert die Neuberechnung und Ausgleichung des Zahlennachweises die einzig brauchbaren Ergebnisse.

Diese und ähnliche Erfahrungen aus der Praxis haben uns veranlasst, nunmehr eine Kombination aus Neuberechnung und Digitalisierung im Programmsystem KAFKA (Version 3.1) zu realisieren (vgl. Benning 1994). Die Integration der Digitalisierung in die Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen erfolgt aus den Beobachtungsgleichungen für die Passpunkte mit:

$$\begin{aligned} x &= b_1 + X \cdot b_3 - Y \cdot b_4 \\ y &= b_2 + Y \cdot b_3 + X \cdot b_4 \end{aligned}$$

worin:

(X, Y) das Zielsystem, (x, y) die digitalisierten Koordinaten, (b₁, b₂, b₃, b₄) die Helmertschen Transformationsparameter bedeuten.

Letztere werden mit den übrigen Unbekannten der Ausgleichung gemeinsam geschätzt. Da die Ausgleichung bis zum Erreichen des Konvergenzpunktes iterativ wiederholt wird, sind die Verbesserungsgleichungen auf den Anteil der digitalisierten Neupunkte zu erweitern:

$$\begin{aligned} x + v_x &= b_1 + (X)_0 b_3 - (Y)_0 b_4 + (b_3)_0 X - (b_4)_0 Y \\ y + v_y &= b_2 + (Y)_0 b_3 + (X)_0 b_4 + (b_4)_0 X + (b_3)_0 Y \end{aligned}$$

Die drei ersten Summanden der rechten Seite stehen für den Anteil der Passpunkte, die zwei letzten für den jeweiligen Anteil der digitalisierten Neupunkte. Unbekannte der Ausgleichung sind also die Variablen (b_1, b_2, b_3, b_4, X, Y).

Zur Lösung des anstehenden Transformationsproblems einschliesslich einer nachbarschaftstreuen Restklaffenverteilung wird über das gesamte Netz aus festen Anschlusspunkten (Sollpunkten) und Neupunkten (aus der terrestrischen Vermessung sowie aus der partiellen Digitalisierung in beliebig vielen örtlichen Systemen) eine Dreiecksvermaschung gelegt. Diese Dreiecksvermaschung folgt der Theorie des russischen Mathematikers Delone (Delaunay-Triangulierung) unter der optimierenden Forderung, dass der kleinste Winkel in allen Dreiecken maximal wird. Dies dient im geodätischen Sinn der Vermeidung schleifender Schnitte, und folgt damit der Forderung nach günstiger Fehlerverteilung. Keine zwei Dreiecksseiten schneiden sich (vgl. Benning 1994). Nun nutzen wir die Dreiecksseiten als optimale Träger der Funktion «Nachbarschaft». Das bedeutet, über die Dreiecksseiten werden fiktive Koordinatendifferenzbeobachtungen in den Ansatz der Verbesserungsgleichungen gebracht mit frei wählbarem Nachbarschaftsgewicht p_{Ni} für jeden digitalisierten Punkt. Die Koordinatendifferenzen übernehmen flächendeckend über die gesamte Berechnungsfläche «die automatische, nachbarschaftstreue Verteilung der Restklaffen» aus den Passpunkten auf die Neupunkte. Hierzu werden für jeden Dreieckspunkt zwei eigenständige Restklaffenanteile in x- und y-Richtung berechnet, die im Absolutglied der Verbesserungsgleichungen das Ergebnis der Restklaffenverteilung sicherstellen. Die Verbesserungsgleichungen für die j-te Dreiecksseite lauten:

$$\left. \begin{aligned} v_{x_j} &= a_j (dx_{i+1} - dx_i) - l_{x_j} \\ v_{y_j} &= b_j (dy_{i+1} - dy_i) - l_{y_j} \end{aligned} \right\} p_j$$

$$\text{mit: } l_{x_j} = (l_{x_{i+1}} + l_{x_i})/2 \quad \text{und} \quad l_{y_j} = (l_{y_{i+1}} + l_{y_i})/2, \quad p_j = (p_{N_{i+1}} + p_{N_i})/2$$

Die Berechnung der im digitalisierten Punkt P_i gültigen, lokalen Restklaffenanteile (l_{x_i}, l_{y_i}) stellt eine originäre Interpolationaufgabe dar. Vom Anwender können hierzu zwei unterschiedliche Interpolationsansätze gewählt werden:

- die streckenproportionale Restklaffenverteilung mit dem bekannten Gewichtsansatz $p_i = (s_i \sqrt{s_i})^{-1}$ und
- die multiquadratische Interpolation nach Hardy (1972).

Mit dieser Verfahrenslösung können nun-

mehr nicht nur beliebig viele örtliche Tischkoordinatensysteme mittels KAFKA mit terrestrischen Orthogonal- oder Polaraufnahmen in einer Ausgleichung simultan ausgeglichen werden, wobei die jeweiligen Transformationsparameter als Unbekannte der Ausgleichung geschätzt und berechnet werden, sondern das System KAFKA kann auch für Aufgaben zur Transformation von Massenpunkten mit gleichzeitiger Restklaffenverteilung eingesetzt werden.

Eine völlig andere Anwendung sei am Rande erwähnt. Häufig ergibt sich in der Praxis die Notwendigkeit, in sich konsistente und hochgenaue Polaraufnahmen in ein gegebenes Anschlusspunktfeld nachbarschaftstreue einzupassen. Nun ist bekannt, dass Polaraufnahmen von Haus aus in der Regel keine oder nur wenig nachbarschaftsstützende Messelemente enthalten, für sich ausgeglichen aber eine hohe innere Genauigkeit besitzen. Reproduziert man letztere zum Beispiel durch freie Netzausgleichung, so kann man ohne weiteres deren Koordinatenergebnisse als zu transformierende ins System KAFKA eingeben (mittels Kopie z.B.), um diese in ein vorgegebenes Anschlusspunktfeld unter Verteilung der Restklaffen in den festen Anschlusspunkten auf alle Punkte der Polaraufnahme zu transformieren. Hiermit könnte auch der Praxis der Umrechnung von Polaraufnahmen in fingierte Orthogonal-aufnahmen (mit aus Koordinaten gerechneten «Kontrollmassen») Einhalt geboten werden.

2.3 Datenbeispiele

Für die multiquadratische Interpolation wird ein synthetisches Beispiel aufbereitet. Das in Abbildung 3 dargestellte Netz hat seine Sollage in strenger Quadratgitterform mit einer Maschenweite von 10 m. Die Digitalisierung ist im Maximum in der linken oberen

reinen Ecke um jeweils 10 m in x- und y-Richtung, im Betrag also maximal um 14,14 m verzerrt.

Abbildung 4 zeigt vier unterschiedliche Passpunktanordnungen, a) eine weiche Verteilung auf dem Rand, b) eine fachlich ausreichende Verteilung, c) eine mit innerhalb des Verfahrensgebietes liegenden Passpunkten (Fall der Extrapolation) sowie d) diejenige mit einer lokalen Passpunkthäufung. In Abbildung 5 sind die hier zu gerechneten Interpolationsergebnisse enthalten. Die maximalen Abweichungen

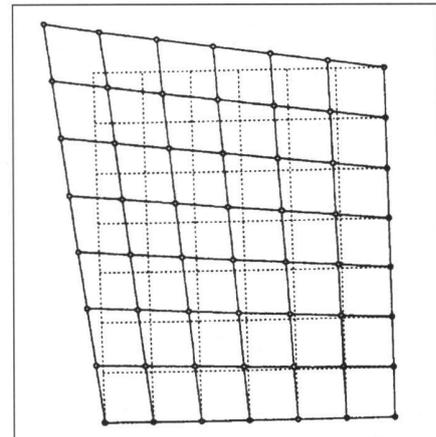


Abb. 3: Testnetz mit quadratischer Sollage und überlagerter Verzerrung.

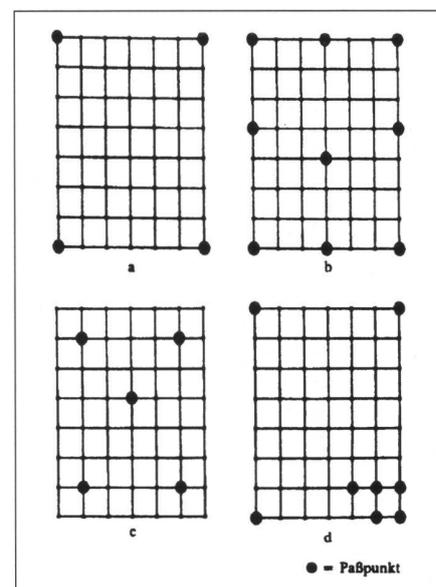


Abb. 4: Passpunktvarianten.

von der Sollage ergeben sich in den Fällen a) und d) bis etwa 0,73 m. Fall b) dagegen reproduziert nahezu die exakte Sollage. Lediglich das Problem der Extrapolation (Fall c) wird mit der multiquadratischen Interpolation bei einer maximalen Abweichung von 2,91 m nicht ganz zufriedenstellend gelöst. In diesem Fall empfiehlt sich der Einsatz der streckenproportionalen Interpolation, die dann verbesserte Ergebnisse liefert.

Ein zweites Beispiel soll die operationellen Möglichkeiten der Verfahrenslösung verdeutlichen. In eine orthogonale Flurstücksaufmessung mit entsprechender Kartierung sei zu späterem Zeitpunkt in die Flurkarte ein grenzbebauendes Gebäude mit topographischer Genauigkeit einkartiert worden. Ein vermessungstechnischer Zahlennachweis für dieses Gebäude liegt nicht vor. Die nachträgliche Kartierung des Doppelhauses, welches rechtsverbindlich auf die Flurstücksgrenze gebaut wurde, enthält den systematischen Fehler, dass der gesamte Gebäudekomplex um ca. 1

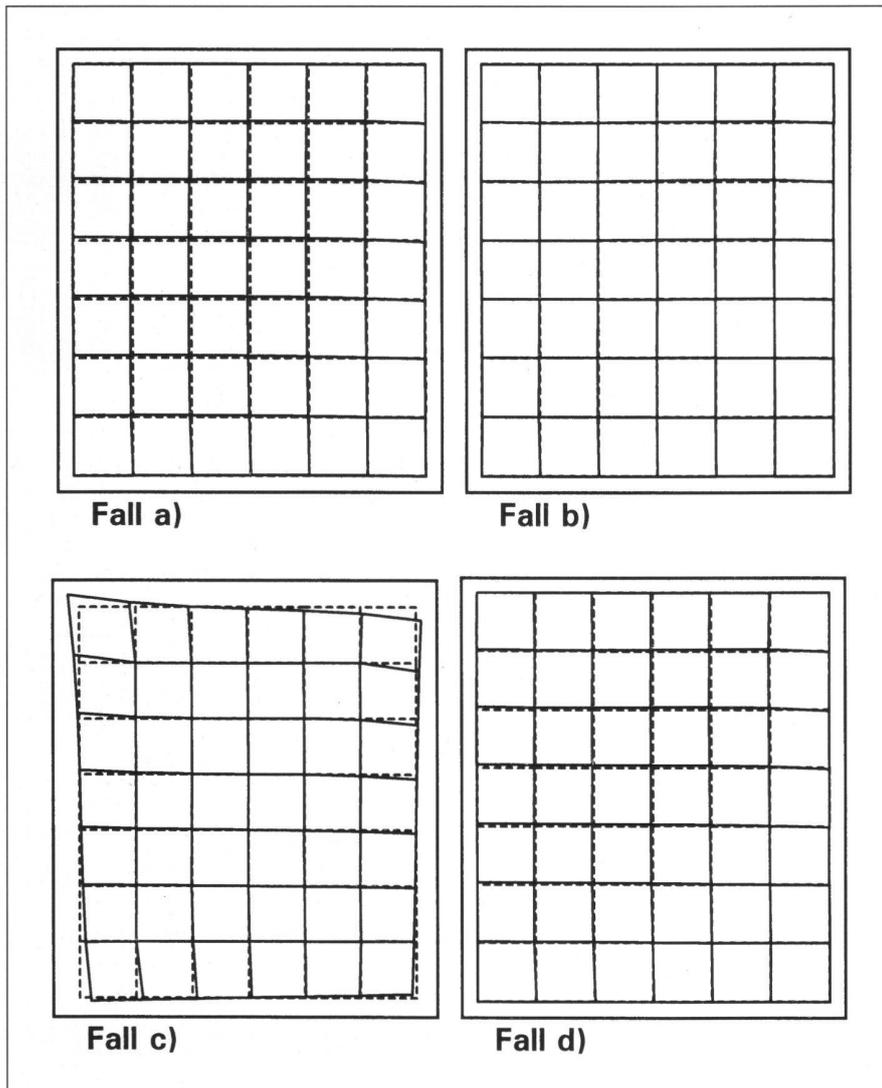


Abb. 5: Ergebnisse der multiquadratischen Interpolation.

m seitlich versetzt, parallel zur bebauten Flurstücksgrenze, kartiert wurde. Das Ergebnis einer nunmehr durchgeführten Digitalisierung ist in Abbildung 6 dargestellt. Die graphische Darstellung lässt diesen groben Datenfehler sofort erkennen. Um selbigen zu bereinigen, werden die orthogonalen Messungselemente der Flurstücksvermessungen in eine gemeinsame Ausgleichung mit den digitalisierten Punktkoordinaten eingeführt. Es zeigt sich am Ergebnis der Ausgleichung, dass die a-priori Genauigkeit der Digitalisierung von 0,35 m durch die tatsächlichen Messungen erfüllt sind. Es gibt weder Ausreisser in den terrestrischen Messungen noch in der Passpunktdigitalisierung. Um nun die Lageidentität der Gebäudetrennwand mit der entsprechenden Flurstücksgrenze rechnerisch herzustellen, legen wir eine Geradenbedingung (in Form einer Durchfluchtungsline im System KAFKA) mit hohem Gewicht von den zugehörigen Flurstücksgrenzpunkten über die Endpunkte der Trennwand. Eben solche Geradenbedingungen wurden über die Längsseiten des Gebäudes gelegt. Die an-

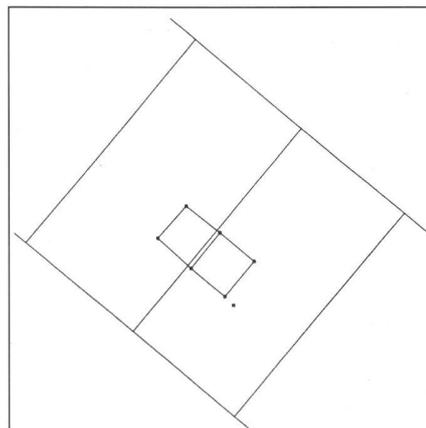


Abb. 6: Digitalisierungsergebnis mit Kartierfehler.

schliessende Ausgleichung der kombinierten, hybriden Messungsdaten ist in Abbildung 7 festgehalten. Das Gebäude wird um 1 m verschoben und ist nunmehr mit hoher relativer ($\pm 0,1$ m) und absoluter Lagegenauigkeit in die exakte Flurstücksdarstellung eingepasst.

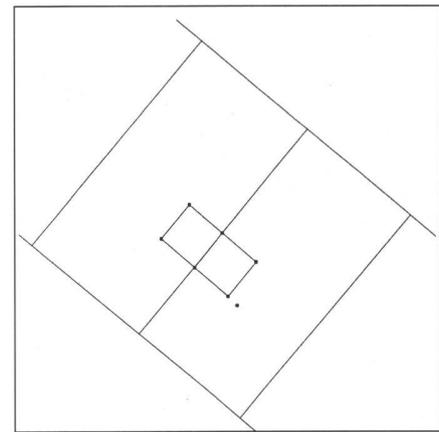


Abb. 7: Ergebnis der Ausgleichung mit Bedingungen.

Der Effekt der ausgleichungstechnischen Transformation mit Restklaffenverteilung wird in diesem Beispiel in dem nachbarschaftstreuen Verschieben des Baumes deutlich. Dieser ist im Kartenoriginal im Abstand von ca. 2,8 m zum Gebäude kartiert worden. Die Ausgleichung zieht diesen Punkt um ca. 0,9 m in Richtung der Gebäudettranslation mit.

3. Schlussbetrachtungen

Es werden zwei unterschiedliche, am Geodätischen Institut der RWTH Aachen entwickelte Verfahren zur Umstellung der analogen Flurkarte auf eine digitale Basis vorgestellt. Das Programmsystem FLASH (Scholz 1992, Benning 1994a) verarbeitet in erster Linie digitalisierte Tischkoordinaten, terrestrische Messungselemente sowie datenimmanente und konstruktive geometrische Bedingungen. Es zeichnet sich durch eine simultane Ausgleichung aller verfügbaren Beobachtungen in einem Guss aus. Dementsprechend liefert es konsistente Koordinaten mit hoher relativer Genauigkeit. Letztere hängt allerdings von der Qualität der analogen Vorlagen ab. Letztendlich kann aus digitalisierten Koordinaten keine höhere Genauigkeit als etwa 0,3 m abgeleitet werden. Das System FLASH ist in die GIS-Systeme ALK-GIAP, SMALLWORLD und EZSi eingebunden, läuft in der praktischen Anwendung aber auch vielerorts auf PC-Basis im System GEOGRAF ab.

Auf der anderen Seite wurden neuerliche Entwicklungen abgeschlossen, um die Neuberechnung der digitalen Karte aus Zahlennachweisen mit etwaigen Digitalisierungsergebnissen kombinieren zu können. Hierzu wurde das Programmsystem KAFKA um den Beobachtungstyp zu transformierende Koordinaten und um die nachbarschaftstreue Restklaffenverteilung über Dreiecksvermaschung erweitert. Damit ist der Praktiker vor Ort in die Lage versetzt, je nach vorhandenen Karten- und Zahlenunterlagen zu entscheiden, welche

Partie rédactionnelle

Form der Beobachtungselemente in die Auswertung einfließen sollen. Die multiquadratische Interpolation für die automatisierte Restklaffenverteilung erweist sich in diesem Zusammenhang als sehr effizient. Die Katasterbehörden sowie das Landesvermessungsamt der Länder Brandenburg und Nordrhein-Westfalen verfügen über dieses Auswertesystem, so dass dort mit dem Instrument der kombinatorischen Ausgleichung von beliebigen terrestrischen Beobachtungen und der Transformation von Massenpunkten operiert werden kann.

Literatur:

Benning, W. (1994): Zur Koordinatentransformation im Ausgleichungsmodell hybrider

Beobachtungen. BDVI-FORUM, Jg. 20, S. 365-376, Bacht-Verlag Essen.

Benning, W. (1994a): The Continuing Problem in Digital Maps. Allg. Vermessungs. Nachr., AVN 101, S. 64-70, Wichmann-Verlag Karlsruhe.

Hardy, R.L. (1972): Geodetic Applications of multiquadratic Analysis. Allg. Vermessungs. Nachr., AVN 79, S. 398-406, Wichmann-Verlag Karlsruhe.

Heisterkamp, R. (1992): Genauigkeits- und Aufwandsuntersuchung für unterschiedliche Verfahren zur Umstellung von analogen Karten auf die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK). Diplomarbeit im FB Vermessungswesen, Uni-GH Essen, unveröffentl.

Klauer, R. (1993): Untersuchungen zur Optimierung von Verfahren zur automatisierten

Digitalisierung von Flurkarten. Wissensch. Arb. der Fachr. Vermessungsw. der Uni Hannover, Nr. 183, Hannover.

Scholz, Th. (1992): Zur Kartenhomogenisierung mit Hilfe strenger Ausgleichungsmethoden. Veröffentl. d. Geodät. Instituts der RWTH Aachen, Nr. 47, Aachen.

Adresse des Verfassers:
Prof. Dr. Wilhelm Benning
Geodätisches Institut der RWTH Aachen
Templergraben 55
D-52062 Aachen

Rubriques

Leserbriefe Courrier des lecteurs

Hoher Standard des DDR-Markscheidewesens

Im Aufsatz «Chancen der privaten Vermessung» (I. Falk, VPK 12/95, S. 707) steht in der mittleren Spalte, bezogen auf die frühere DDR: «Das alles in einem Land, in dem ausser zu militärischen Zwecken seit 1945 praktisch keine Vermessungen mehr stattgefunden hatten.» Ich habe im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ) Österreich/DDR (Universitäten und Industrie) insbesondere die Bergbaue der DDR kennengelernt. Dort hatte das Markscheidewesen mit seinen umfangreichen Vermessungen einen sehr hohen Standard. Dieser Standard wurde auch durch die «Markscheideanordnung» der DDR geregelt. Es war auch notwendig, die Vermessungen beim Bergbau einschliesslich der zugehörigen Kartographie auf einem hohen Standard zu halten, weil man sonst mit dem Bergbau Schiffbruch erlitten hätte. Zumindest für den Bergbau also gilt das Zitat von Frau Falk, es hätten praktisch keine Vermessungen in der DDR seit 1945 stattge-

funden, als unrichtig. Möglicherweise hat sich Frau Falk nur auf die Grundbuchvermessungen bezogen, das kommt aber aus dem Text der Veröffentlichung nicht hervor. Ich habe zwar nie das politische Regime der DDR befürwortet, möchte aber diese Kritik deswegen bringen, weil die Feststellung von Frau Falk nicht den Tatsachen entspricht, was ich als neutraler Österreicher festzustellen in der Lage bin.

*O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. E. Czubik
Vorstand des Instituts für Markscheide- und
Bergschadenkunde der Montanuniversität
Leoben*

VSVF-Zentralsekretariat:
Secrétariat central ASPM:
Segretaria centrale ASTC:
Schlichtungsstelle
Office de conciliation
Ufficio di conciliazione
Marja Balmer
Gyrtschachenstrasse 61
3400 Burgdorf
Telefon und Telefax: 034 / 22 98 04

Stellenvermittlung
Auskunft und Anmeldung:
Service de placement
pour tous renseignements:
Servizio di collocamento
per informazioni e annunci:
Alex Meyer
Rigiweg 3, 8604 Volketswil
Tel. 01 / 802 77 11 G
Tel. 01 / 945 00 57 P

Ausbildung Weiterbildung Formation Formation continue

Vorbereitungskurs auf die Berufsprüfung für Vermessungstechniker

Gestützt auf das Reglement und die Richtlinien über die Durchführung der eidg. Berufsprüfung für Vermessungstechniker FA bietet der Verband Schweizerischer Vermessungsfachleute VSVF, in Zusammenarbeit mit der Baugewerblichen Berufsschule Zürich, einen Vorbereitungskurs an. Der Kurs vermittelt den Teilnehmern theoretisches Fachwissen in Form von Vorlesungen auf den entsprechenden Gebieten. Er setzt viel Eigeninitiative der Teilnehmer voraus, den Stoff zu verarbeiten, umzusetzen und auch praktisch zu üben.

Kursort:
Baugewerbliche Berufsschule Zürich, Lagerstrasse 5, 8004 Zürich

Kursbeginn:
Samstag, 27. August 1996