

Qualitätsmanagement bei photogrammetrischen Arbeiten für die amtliche Vermessung : der Ferrara Test der OEEPE

Autor(en): **Kölbl, Otto / Widmer, Fredy**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **96 (1998)**

Heft 9

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235478>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Qualitätsmanagement bei photogrammetrischen Arbeiten für die amtliche Vermessung

Der Ferrara Test der OEEPE

Zwei Arbeitsgruppen der OEEPE befassten sich mit der Datenqualität von photogrammetrisch aufgenommenen Vermessungswerken. Im Rahmen eines Vergleichstestes nahm auch die Schweiz daran teil. Bei einem photogrammetrischen Einsatz in der amtlichen Vermessung werden speziell hohe Ansprüche an alle Beteiligten gestellt, etwa in den Bereichen Planung, Organisation, Qualitätsnachweisführung und Kommunikation. Für die Praxis stehen in Form von Richtlinien technische und als Weisungen und Normen organisatorische Hilfsmittel zur Verfügung. Mit dieser Arbeit wurde versucht, obige Grundlagen möglichst adäquat und projektspezifisch so einzusetzen, dass das Resultat den definierten Anforderungen bestmöglichst entspricht. Im Rahmen dieses Beitrags wird ein Qualitätsmanagement für den Einsatz der Photogrammetrie in der amtlichen Vermessung erarbeitet.

Deux groupes de travail de l'OEEPE ont analysé la qualité des données de travaux de mensuration effectués par photogrammétrie. La Suisse a participé à cette étude, dans le cadre d'un test comparatif. Lorsque la photogrammétrie est appliquée dans une mensuration officielle, les exigences sont particulièrement élevées pour tous les partenaires, notamment dans les domaines de la planification, de l'organisation, de l'approbation de la qualité et de la communication. En pratique, il existe des directives comme bases de travail techniques et des normes comme aide à l'organisation. Le but de cette étude était d'adapter au mieux les bases susmentionnées afin que le résultat corresponde aux exigences. Dans le cadre du présent article, on élabore une gestion de la qualité pour l'utilisation de la photogrammétrie en mensuration officielle.

Due gruppi di lavoro dell'OEEPE hanno analizzato la qualità dei dati derivati dalla misurazione fotogrammetrica. La Svizzera ha partecipato a questo studio, nell'ambito di un test comparativo. Quando la fotogrammetria trova applicazione nella misurazione ufficiale, le esigenze sono particolarmente elevate per tutte le parti coinvolte, specialmente per ciò che riguarda i campi della progettazione, dell'organizzazione, della dimostrazione qualitativa e della comunicazione. Per la pratica esistono delle direttive, che vengono in aiuto del lavoro tecnico, e delle norme per l'organizzazione. Lo scopo di questa ricerca consiste nella migliore applicazione possibile delle basi succitate, in modo tale che il risultato corrisponda alle esigenze predefinite. Con questo articolo si elabora una gestione della qualità per usare la fotogrammetria nella misurazione ufficiale.

O. Kölbl, F. Widmer

1. Einführung

Die Kommissionen II (Katastervermessung unter der Leitung von Prof. S. Dequal, Turin) und C (Grossmassstäbliche Kartierung

unter der Leitung von L.A. Koen NL-Apeldoorn) der «Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Experimentales» (O.E.E.P.E.) befassten sich innerhalb des Aspektes Datenqualität in den vergangenen Jahren schwerpunktmässig mit dem Vergleich der Richtlinien

für die Datenerfassung, -aufarbeitung und -auswertung von grossmassstäblichen bzw. Katasterplänen sowie einem praktischen Test, bei dem die Produkte verglichen werden, die gemäss den jeweiligen landesspezifischen Richtlinien erstellt worden sind.

1.2 Arbeiten der Phase 1:

Vergleich der Richtlinien

Vom Kommissionsvorstand wurde ein Fragebogen zusammengestellt. Auf übersichtliche Weise sollen so die jeweils landesspezifischen Daten und Normen vergleichbarer werden. Der Fragebogen wurde von den beteiligten Mitgliedstaaten ausgefüllt, die Antworten durch das Pilotzentrum (Universität Turin) zusammengestellt und ausgewertet. Eine abschliessende Publikation ist gegenwärtig in Vorbereitung.

1.3 Arbeiten der Phase 2:

Praktischer Test

Um die in den einzelnen europäischen Ländern geltenden Qualitätsvorschriften besser beurteilen zu können, wurde beschlossen, einen vergleichenden Praxistest durchzuführen. Die «Übungsanleitung» sieht vor, dass jedes Land auf der gleichen Grundlage gemäss seinen geltenden Richtlinien einen graphischen Katasterplan oder einen technischen Plan im Massstab 1:1000 oder 1:2000 erstellt. Das Operatsgebiet liegt am Rand der Stadt Ferrara (Übergangszone Stadt-Kulturland), seine Ausdehnung beträgt rund 1 x 1,3 km². Am Test beteiligten sich fünf verschiedene Nationen, darunter die Schweiz. Für den Schweizer Beitrag übernahm die Eidg. Vermessungsdirektion den konzeptuellen Teil der Qualitätskontrolle, wohingegen das Institut für Photogrammetrie der EPFL die eigentlichen photogrammetrischen Arbeiten ausführte.

2. Grundsätzliche Überlegungen zur Qualitätssteuerung

Die Schweiz verfügt bekanntlich über einen Rechtskataster; Aufgabe der amtlichen Vermessung ist es, die Vermes-

sungswerke entsprechend den Anforderungen zu erstellen und fortzuführen. Um den Standard der Vermessung sicherzustellen, wurden im allgemeinen die Arbeitsverfahren sehr detailliert festgelegt; man denke hier nur an die Instruktion über die Vermarkung und Parzellarvermessung von 1919, usw. Auch in der Photogrammetrie wurde durchaus dieses Prinzip, etwa mit den Richtlinien [vgl. 1,2], verfolgt. Jede explizite Festlegung eines Verfahrens bringt aber auch eine grosse Rigidität mit sich und erlaubt nur sehr begrenzt – und immer zu spät! – auf mögliche Neuerungen einzugehen. Das Instrumentarium des Qualitätsmanagements ergänzt nun die technischen Vorschriften so, dass zum Beispiel dem Qualitätsaspekt der Zuverlässigkeit der Datenerhebung Nachachtung verschafft wird, trotzdem aber vermieden wird, sämtliche Operationen von vornherein festzulegen.

So sollen grössere Arbeiten in Teilschritte unterteilt werden; für jeden dieser Teilschritte ist der eigentliche Arbeitsablauf detailliert festzulegen und zu dokumentieren, einschliesslich der jeweiligen Verifikationsmöglichkeiten. Die Verifikation soll durchgreifend und auch von Aussehen nachvollziehbar sein.

All diese Forderungen lassen sich sehr gut bei photogrammetrischen Arbeiten anwenden, es ist jedoch wichtig, die nötigen Vorkehrungen für diese durchgreifende Qualitätskontrolle vorab zu vereinbaren und Zwischentapen festzulegen, bei denen eine Verifikation zwingend vorgeschrieben ist. Damit wird nicht nur die Qualitätskontrolle des Endprodukts ermöglicht, sondern der geforderte Standard des Produkts in sämtlichen Arbeitsphasen bereits präventiv sichergestellt.

Geht man von den weiter oben bereits erwähnten Richtlinien aus und erweitert diese entsprechend den heutigen technischen Möglichkeiten, so lassen sich für eine photogrammetrische Katastervermessung folgende Arbeitsschritte auflisten:

1. Vorbereitende Arbeiten
2. Festlegung des Passpunktnetzes
3. Festlegung des Fixpunktnetzes für die Nachführung
4. Signalisierung

5. Bildflug
6. Bildidentifikation
7. Aerotriangulation
8. Stereokartierung und Ableitung des DTM
9. Lückenergänzung
10. Planerstellung und evtl. Erstellung von Orthophotos
11. Zusammenstellung der abzuliefernden Dokumente
12. Schlussverifikation

Im folgenden werden die technischen Möglichkeiten für die Verifikation umrissen und auf Vorschriften verwiesen, welche bei den verschiedenen Arbeitsschritten Unterstützung bieten.

2.1 Vorbereitende Arbeiten

In dieser Phase ist zunächst festzulegen welche Gebiete sich für eine photogrammetrische Aufnahme eignen, ob die Photogrammetrie zum Einsatz gelangt und welche Zonen von einer photogrammetrischen Aufnahme auszunehmen sind. Entsprechend verschiedener Empfehlungen sollten dichtes Baugebiet und dichte Waldgebiete von vornherein von einer photogrammetrischen Parzellarvermessung ausgenommen werden, abgesehen vom DTM oder einzelnen Teilen der Bodenbedeckung; selbstverständlich können aber Orthophotos auch von solchen Gebieten hergestellt werden. Im Zuge der Vorbereitungsarbeiten ist auch der Flugplan zu erstellen.

Für die Verifikation stehen die Dokumente der Vorbereitungsarbeit zur Verfügung; ausdrücklich wird verlangt, dass der Flugplan der Verifikationsbehörde zur Genehmigung vorzulegen ist.

2.2 Festlegung des Fixpunktnetzes und Planung des Passpunktnetzes

Für die Nachführung der Katastervermessung ist auf jeden Fall ein Fixpunktnetz zu planen, welches sich auch für terrestrische Nachführungsmessungen eignet. In den Richtlinien wird ferner festgelegt, dass die Einmessung der Passpunkte entsprechend den Vorschriften für die Einmessung von Fixpunkten mit der entsprechenden Kontrolle der Zuverlässigkeit

erfolgen muss. Schliesslich wird u.a. festgelegt, dass die Block- oder Modellecken durch *Doppelpasspunkte* abgedeckt sein müssen.

Das geplante Fixpunktnetz ist der Verifikationsbehörde zur Genehmigung vorzulegen.

2.3 Signalisierung

Für die Punktsignalisierung bestehen verschiedene Anleitungen und Empfehlungen, etwa über die Grösse der Signale, die eventuelle exzentrische Signalisierung und bezüglich des Materials. Im Prinzip sollte immer angestrebt werden, die Vermessungspunkte im Gelände zu bemalen. Um die Zuverlässigkeit weiter zu steigern, ist vorgeschrieben, die Grenzpunkte und Fixpunkte mit Hinweisstreifen zu versehen. Sämtliche signalisierte Punkte sind in einen Signalisierungsplan einzutragen; wenn immer möglich ist ein bereits bestehender Katasterplan als Grundlage für die Erstellung des Signalisierungsplans zu verwenden. Vorgängig zur Signalisierung ist natürlich die Vermarkung zu überprüfen und gegebenenfalls instand zu stellen.

Zur Verifikation der Signalisierung wurde verschiedentlich empfohlen, dass die Signale nach dem Bildflug einzusammeln sind und hierbei zu überprüfen ist, ob diese korrekt positioniert sind; analoge Vorkehrungen wären auch bei bemalten Passpunkten zu treffen. Damit werden nachträglich auch eventuelle Beschädigungen überprüft.

2.4 Bildaufnahme

Die Bildaufnahme stellt eine sensitive Phase für die erfolgreiche Durchführung einer Katastervermessung dar. Es ist daher selbstverständlich, dass hohe Anforderungen an die Bildqualität, an die Einhaltung des Bildflugs und an die photographische Verarbeitung des Filmmaterials zu stellen sind. Die Richtlinien sprechen sich nicht weiter über die Qualitätskontrolle aus, lediglich für den Filmverzug wird eine Toleranz von 0,02 mm angegeben.

Die Bildqualität sollte unmittelbar nach der Befliegung überprüft werden, noch vor dem Einsammeln der Signalisations-

tafeln. Allerdings werden in den bestehenden Vorschriften keine weiteren Hinweise auf die Überprüfung der Bildqualität gegeben. Es empfiehlt sich jedoch, dass der Auftraggeber gegebenenfalls hier von sich aus Qualitätskriterien definiert, etwa bezüglich Belichtung und Dichte des Photomaterials, der Bildauflösung usw.

2.5 Bildidentifikation

Entsprechend den Richtlinien ist die Bildidentifikation vorgängig der Bildauswertung zwingend vorgeschrieben. Dazu sind in eine Luftbildvergrößerung sämtliche Planelemente einzutragen. Im allgemeinen wird diese Identifikation von den lokalen Vermessungsorganen («Bodengeometer») erstellt; damit soll sichergestellt werden, dass alle gewünschten Details erhoben werden.

2.6 Aerotriangulation

Sämtliche Vorschriften, welche die Anwendung der Photogrammetrie für die amtliche Vermessung betreffen, geben detaillierte Anweisungen für die Ausführung der Aerotriangulation. Einerseits wird damit abgesichert, dass die Arbeiten mit der vorgeschriebenen Genauigkeit ausgeführt werden; andererseits lässt sich damit auch das bestehende Fixpunktnetz in einem gewissen Rahmen überprüfen. Es wird hier nicht weiter darauf eingegangen, da bei den Arbeiten für Ferrara keine Aerotriangulation angewendet werden konnte; dies entgegen hiesigen Gepflogenheiten.

2.7 Stereokartierung

Unsere bestehenden Richtlinien für die Photogrammetrie geben ausser den Genauigkeitsanforderungen nur sehr wenige Details bezüglich der eigentlichen Stereokartierung.

2.8 Lückenergänzung

Ein sehr wichtiger Schritt bei der Qualitätskontrolle ist selbstverständlich die Lückenergänzung; auch hierfür werden in unseren einschlägigen Vorschriften keine spezifischen Empfehlungen gegeben. Es wäre aber unbedingt zu fordern, dass der Photogrammeter die Lücken sehr deutlich

abgrenzt und sichttote Räume ausweist, in denen sich massgebende Elemente entsprechend der Identifikation befinden.

2.9 Abzuliefernde Dokumente

Selbstverständlich ist die Aufsichtsbehörde besorgt, dass sie nicht nur genügend, sondern auch die relevanten Dokumente vom Auftragnehmer erhält, damit die Qualität der Produkte überprüft werden kann. Explizit werden daher verschiedene Dokumente in den Vorschriften aufgeführt, welche abzuliefern sind. Diese Liste ist zweifellos auch ein wichtiges Instrumentarium für die Verifikation.

3. Praktische Arbeiten am Ferrara Test

Ferrara ist eine kleine Stadt in der Po-Ebene nahe dem Adriatischen Meer. Die Stadt verfügt über eine graphische Katastervermessung, die allerdings nur lückenhaft nachgeführt wurde; die Daten wurden später digitalisiert und liegen im «NTF» und im DXF Format vor. Bei einer eventuellen Wertung dieser Vermessung ist zu berücksichtigen, dass der italienische Kataster ein Fiskalkataster ist und die Grundstückssteuer massgebend von den Elementen des Katasters abhängen. Sehr oft sind daher die Eigentümer gar nicht interessiert, dass der offizielle Kataster nachgeführt wird. Parallel dazu bemühen sich die Städte, ein detailliertes grossmassstäbiges Planwerk für die Raumplanung und den Leitungskataster aufzubauen, das durchaus modernen Anforderungen entspricht.

Für die photogrammetrische Auswertung lagen Luftbilder in den Massstäben 1:4000 und 1:7000 in Farbe vor. Die Bildaufnahme erfolgte am 21. März 1995; die Bäume sind noch im winterkahlen Zustand; der Sonnenstand ist sehr hoch. Ferner wurden Passpunkte für die Bildorientierung zur Verfügung gestellt. Die Punkte wurden mittels eines Polygonnetzes eingemessen; falls auf den einzumessenden Punkten nicht direkt positioniert werden konnte, wurden die Passpunkte als unkontrollierte (!) Vektoren bestimmt. Abzuliefern war ein Katasterplan oder ein

technischer Plan entsprechend den technischen Vorschriften des jeweiligen Landes; also in unserem Fall entsprechend den Vorschriften für die schweizerische amtliche Vermessung [3].

3.1 Vorbereitende Arbeiten

Sämtliche vorbereitende Arbeiten wurden vom Pilotzentrum in Turin durchgeführt. Die Wahl des Testgeländes stand an sich nie zur Diskussion, obgleich es bei den hohen Genauigkeitsvorschriften der Schweiz von vornherein feststand, dass eine vollständig photogrammetrische Datenerhebung für diese Stadt nicht in Frage kommt; lediglich ergänzende Messungen wie Teile der Bodenbedeckung und Einzelobjekte oder das DTM können in diesem Gebiet photogrammetrisch erhoben werden. Von Schweizer Seite wurde entschieden, die Arbeiten auf die Ebenen Bodenbedeckung und Einzelobjekte – in einer gegenüber der technischen Verordnung für diese Zone verminderten Genauigkeit – und das digitale Geländemodell zu beschränken; ferner wurden Orthophotos sowie eine Schrägansicht eines kleinen Stadtteils erstellt.

3.2 Festlegung der Genauigkeitsanforderungen

Analysiert man die technischen Vorschriften der amtlichen Vermessung (TVAV), so sind folgende Genauigkeitszonen (Toleranzstufen) zu unterscheiden:

TS1: Stadtgebiete

TS2: überbaute Gebiete und Bauzonen

TS3: Intensiv genutzte Landwirtschafts- und Forstwirtschaftsgebiete

TS4: Extensiv genutzte Landwirtschafts- und Forstwirtschaftsgebiete

TS5: Alpgelände und unproduktive Gebiete

In diesen Regionen sind dann die Genauigkeiten (Standardabweichungen) in Zentimetern für die verschiedenen Ebenen entsprechend Tabelle 1 einzuhalten.

Nebst den mittleren Fehlern werden für die Fixpunkte noch Vorschriften für die Zuverlässigkeit der Punktbestimmung gemacht. Selbstverständlich lassen sich nicht alle Details bezüglich der geforderten Genauigkeit in einer kleinen Tabelle

TS2	TS3	TS4	TS5	
3	4	10	12	Ebene a : Fixpunkte berechnet entsprechend der verlangten mittleren Punktdichte
10	20	50	100	Ebene b,c : Objekte mit exakt definierten Punkten
25	50	100	200	Ebene b,c : Objekte mit nicht exakt definierten Punkten
3,5	7	15	35	Ebene f : Grenzpunkte Ebene g : Leitungskataster mit exakt definierten Punkten
20	35	75	150	Ebene f : Natürliche Grenzen
20	-	-	-	Ebene d : Höhengenaugigkeit für exakt definierte Punkte
-100+ 350 * tgα-			DHM25	Ebene d : Höhengenaugigkeit für nicht exakt definierte Punkte

Tab. 1: Mittlere zulässige Fehler in Zentimetern der verschiedenen Elemente der Katastervermessung, entsprechend TVAV, etwas vereinfacht. Die Festlegung der Genauigkeitsanforderungen für die Toleranzstufe TS1 wird den Städten überlassen, darf aber nicht geringer sein als für die Toleranzstufe TS2.

zusammenfassen; für die weiteren Ausführungen genügen jedoch die hier angeführten Werte.

3.3 Bildaufnahme

Wie bereits erwähnt, wurden für den Test Farbbilder im Massstab 1:4000 und 1:7000 erstellt. Die Qualität der Bilder ist zufriedenstellend, allerdings erfolgte keine Signalisierung der Passpunkte. Weiters wurden die Bilder mit 60% Längsüberdeckung und 30% Querüberdeckung aufgenommen; aus Schweizer Sicht wäre für eine Grenzpunktvermessung eine 60%ige Querüberdeckung erforderlich. Demgegenüber genügt im Prinzip für die Erhebung der Bodenbedeckung und Einzelobjekte eine 30%-ige Querüberdeckung; allerdings weist im überbauten Gebiet eine grössere Querüberdeckung beträchtliche Vorteile auf, da bei der Auswertung sämtlicher Modelle die sichttoten Räume reduziert werden können. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass die Bilder von Ferrara mit einem Weitwinkelobjektiv ($f = 153 \text{ mm}$) aufgenommen wurden; mit einer längeren Brennweite ($f = 300 \text{ mm}$) ergeben sich wesentlich geringere sichttote Räume und die Häuser weisen dann im Orthophoto kaum

noch störende Umklappungen auf; allerdings kann dann die erforderliche Höhengenaugigkeit von $\pm 20 \text{ cm}$ nur mehr schwer eingehalten werden.

3.4 Aerotriangulation

Aus Schweizer Sicht ist eine Aerotriangulation für eine durchgreifende Kontrolle des Passpunktnetzes zwingend vorzuschreiben. Im vorliegenden Fall standen nur 6 natürliche Passpunkte in den Positionen der Schemapunkte der relativen Orientierung zur Verfügung. Die Identifikation der Punkte gestaltete sich nicht sehr einfach, da Mauerkanten und die Mitte einer Stufe verwendet wurden. Bei

der absoluten Orientierung der Bilder ergaben sich Abweichungen in der Lage bis maximal 18 cm (!) (vgl. Tab. 2). Berücksichtigt man die Lageanforderungen von $\pm 10 \text{ cm}$ für exakt definierte Punkte, so stellt man sehr rasch fest, dass die Passpunkte den Qualitätsanforderungen keinesfalls genügen. Mit jeweils nur einem Punkt in den Ecken der Modelle lässt sich die Anforderung an die Zuverlässigkeit auch keinesfalls sicherstellen. Darüber hinaus schliesst das Umfahrungspolygon nicht den gesamten vorgeschriebenen Auswerteperimeter ein. Dies bedeutet, dass die Qualitätsanforderungen an die Passpunkte von der Versuchsleitung nicht respektiert wurden. Selbstverständlich bestand unter den gegebenen Versuchsbedingungen keine Möglichkeit, die erforderlichen Nachmessungen vor der Stereoauswertung auszuführen.

3.5 Vorbereitung der Stereokartierung, Datenkatalog und Strukturierung

3.5.1 Identifizierung

Beim Test Ferrara war natürlich die photogrammetrische Aufnahme vorgeschrieben. Für die Kartierung wurde der Schweizer Datenkatalog verwendet. Allerdings ergaben sich sehr rasch Probleme bei der Festlegung der auszuwertenden Objekte. Hierfür ist in der Schweiz die Bildidentifikation vorgesehen. Bei der Identifizierung werden im Büro oder vorzugsweise im Feld sämtliche Elemente der photogrammetrischen Kartierung zunächst auf einer photographischen Vergrösserung eines Luftbildes eingetragen.

Orientierungsprotokoll (Modellbezeichnung : F_18/19)			
Pt. No	Diff. X	Diff. Y	Diff. Z
f20	-.047	.052	.055
f12	.066	-.119	-.015
f9	.119	-.107	.003
f28	-.088	-.161	-.046
f22	.011	-.084	.036
f27	-.061	.182	-.033

Tab. 2: Orientierungsprotokoll des Modells F 18/19; man erkennt, dass die Restfehler in der Lage bis zu 18 cm betragen (Punkt f27) und die Toleranz für die Kartierung von Katasterobjekten, wie Gebäuden, beträchtlich übersteigen.

Nach den bereits erwähnten Richtlinien (vgl. [1]) ist bei einer photogrammetrischen Grundbuchvermessung die Identifizierung vor der Bildauswertung zwingend vorgeschrieben. Eine vollständige Voridentifikation mag bei Routinearbeiten nicht immer nötig sein. Es sollte jedoch in jedem Fall eine Voridentifikation von Teilen des Operats erfolgen, um den Photogrammetrieoperateur mit den spezifischen Anforderungen vertraut zu machen, und so Missverständnisse auf ein Minimum zu reduzieren.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Identifikation ein wesentliches Element der Qualitätssicherung darstellt. Die kombinierte Darstellung der abstrakten Linienkarte und des Luftbildes erlaubt eine sehr rasche und durchgreifende Kontrolle des Planinhalts. Ähnliche Möglichkeiten zur Qualitätssicherung ergeben sich nach der Auswertung bei der Überlagerung der Signaturenkarte mit dem Orthophoto. Es handelt sich hierbei um ein sehr neues Produkt, das sehr kostengünstig erstellt werden kann und auch für die Vollständigkeitskontrolle sehr vorteilhaft ist.

3.5.2 Netzstruktur der Daten

Im Prinzip liefert bereits der Datenkatalog die wesentlichen Elemente für die Datenstrukturierung. Allerdings weist eine Kartierung streng nach dem Datenkatalog eine grosse Redundanz auf, da Linien mit Mehrfachbedeutung im allgemeinen auch mehrfach gespeichert werden. Dies lässt sich umgehen, wenn à priori nur ein Netz aufgebaut wird. An sich kann es sinnvoll sein, dieses Netz auch für die endgültige Datenstrukturierung beizubehalten und die Flächen nur fiktiv etwa als Zentroiden zu bilden, wie dies beim Informationssystem Adalin oder beim Intergraph System MGE möglich ist. Bei der Nachführung wäre dieser Struktur dann die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken.

3.5.3 Hierarchische Datenerfassung

Sehr eng mit dem Konzept der netzförmigen Datenstrukturierung ist auch die hierarchische Datenerfassung verbun-

den. Wenn sämtliche Linien nur einmal erfasst werden, so ist dafür zu sorgen, dass die Linien jeweils mit der höchsten, geforderten Genauigkeit erfasst werden. Fällt etwa eine Waldgrenze weitgehend mit einer Eigentumsgrenze zusammen, so wird zuerst die Eigentumsgrenze erfasst und der Photogrammetrieoperateur bindet darauf die Waldgrenze ein; vorausgesetzt, dass diese innerhalb der für den Wald definierten Genauigkeit mit der Eigentumsgrenze zusammenfällt; anderenfalls ist natürlich die Waldgrenze explizit darzustellen. (Werden die einzelnen Flächenabgrenzungen «thematisch unabhängig» erfasst und verwaltet, dann ist für die Analyse und die Präsentation, wie etwa für die Plan- und Registererstellung, allenfalls ein – möglichst automatisiertes – «Generalisierungsverfahren» nach vorgegebenden Prioritäten und Toleranzen einzusetzen.)

3.5.4 Codierung der Information bei der Stereokartierung

Bei photogrammetrischen Auswertungen sollte nicht bereits die endgültige Datenstrukturierung des Informationssystems

angestrebt werden. Vielmehr empfiehlt es sich, die definitive Datenstrukturierung separat, zu einem späteren Zeitpunkt, vorzunehmen und bei der Stereokartierung lediglich eine vereinfachte Codierung zu verwenden (siehe Tab. 3). Die nachträgliche Codierung wird natürlich ganz wesentlich erleichtert, wenn bei dieser Nachbearbeitung das digitale Orthophoto als Hintergrundinformation angezeigt wird. Die Tabelle für die Codierung bei der photogrammetrischen Kartierung und deren Bedeutung sollte im engen Einvernehmen zwischen Auftraggeber und Photogrammeter erarbeitet werden.

Bei der Stereokartierung ergaben sich natürlich zahlreiche Probleme mit sichtbaren Räumen. Der Operateur war daher angewiesen, die Linien entsprechend ihrer Sichtbarkeit zu kennzeichnen. So wurden Linien gekennzeichnet, die unsicher zu erfassen waren und auch solche, die nicht einzusehen sind, aber entsprechend der Topologie nötig sind; damit wird ausgewiesen, welche Elemente nur bei der Feldverifikation zu überprüfen sind und welche explizit aufzunehmen sind. Selbstverständlich konnten damit nicht alle

Objekt	Code			
Gebäude	2	10	1: Perimeter 2: Giebel 3: Strukturlinie	1: sichtbare Linie 2: unklar-sichtbar 3: unsichtbare Linie
Strassen, Wege Gehsteig Verkehrinsel	2	20 21 22	0: unbestimmte Linie 1: Strassenfläche 2: Gehsteig 3: Insel	1: 2: 3:
Eisenbahn	2	23	1: Achse 2: linke Seite 3: rechte Seite	1: 2: 3:
Wiesen, Felder	2	30		
Intensivkulturen	2	31		
Gärten	2	32		
Gewässer, Wasserlinien, Flüsse	2	41	1: Achse 2: linke Seite 3: rechte Seite	1: 2: 3:

Tab. 3: Tabelle für die Codierung der Information bei der photogrammetrischen Auswertung der Bodenbedeckung.

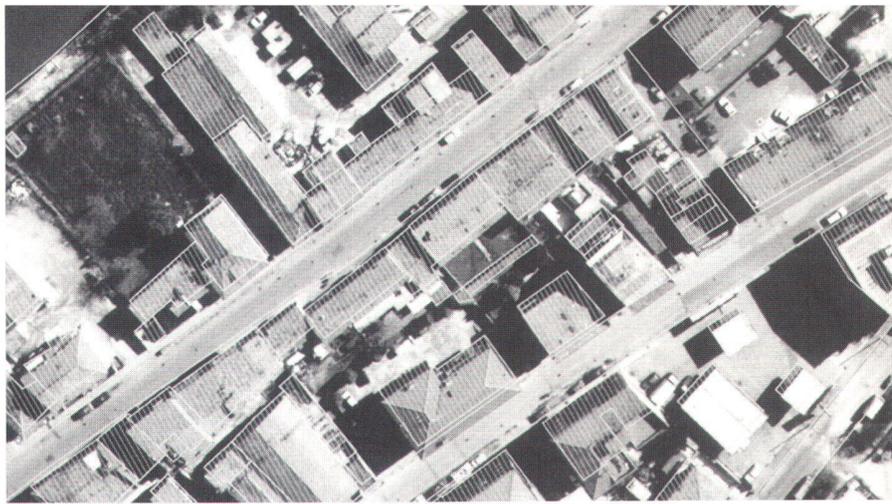


Abb. 1: Ausschnitt aus einem Orthophoto der Stadt Ferrara im Masstab 1:500 mit überlagertem Katasterplan, wie er vom Pilotzentrum in Turin zur Verfügung gestellt wurde; Abweichungen vom gegenwärtigen Ist-Zustand lassen sich leicht erkennen.

«unsichtbaren» Elemente erfasst werden, aber die Feldverifikation wird damit doch beträchtlich vereinfacht (vgl. Tab. 3 und 4). Zusätzlich wurden die eigentlichen Lücken exakt abgegrenzt; in diesen Zonen erfolgte dann keine Auswertung.

Die hier vorgenommene detaillierte Beschreibung der Objekte (Tab. 3) mag umständlich erscheinen; bei verschiedenen anderen Kartieraufgaben hat sich jedoch gezeigt, dass diese Definitionen für die Qualitätssicherung essentiell sind und hier vielleicht noch zu kurz ausfielen. Bei der Aufstellung dieser Objektbeschreibung stellt man bald fest, dass die Vermessungsvorschriften, wie etwa die TVAV, verschiedentlich spezifisch interpretiert werden müssen; die Codierungstabelle ermöglicht jedoch die detailliertere Ab-sprache im Sinne der Qualitätssicherung.

3.6 Zusätzliche Mittel für die Qualitätssicherung

Wie bereits in den vorausgehenden Abschnitten präsentiert, stellen Orthophotos (vgl. Abb. 1) ein sehr wichtiges Mittel für

die Qualitätssicherung dar. Bereits für die Identifizierung können approximativ erstellte Orthophotos herangezogen werden. Wichtig sind sie dann bei der terrestrischen Vervollständigung der photogrammetrischen Auswertung und der Feldkontrolle. In der Folge kommt ihnen eine wichtige Rolle bei der Topologiebildung zu. Liegt eine Stereoauswertung vor, so erfordert die Erstellung von digitalen Orthophotos kaum zusätzliche Arbeit, da die Bilder bereits im Stereokartiergerät orientiert wurden und die Lagekartierung wichtige Elemente für das digitale Gelän-

demodell liefert; freilich ist diese je nach Bedarf durch die Messung von Massenpunkten zu ergänzen.

Wie bereits erwähnt konnte bei der Kartierung für Ferrara weder auf eine Feldidentifikation zurückgegriffen werden, noch konnten ein Feldvergleich und eine Vollständigkeitskontrolle eingeplant werden.

4. Erfahrungen aus der Realisierung für die Verifikation

4.1 Allgemeines

In noch stärkerem Masse als bisher kommt der «begleitenden Verifikation» eine Schlüsselstellung zu. Insbesondere auf die Planung und die sensitiven Phasen im Projektablauf ist ein spezielles Gewicht zu legen.

Der Unternehmer ist in grossem Masse frei, das Verfahren und den Projektablauf selbst zu definieren; er hat ihn jedoch transparent offenzulegen und das Risiko einer mangelhaften Ausführung durch vermehrte Eigenkontrollen zu minimieren. Zusammen mit der Verifikationsbehörde definiert er die «Meilensteine» sowie die zu den verschiedenen Etappen zu verifizierenden Resultate. Diese vor Projektbeginn zu vereinbarenden Tätigkeiten und Elemente sollen in einer «QM-Vereinbarung» festgehalten werden. Elemente einer solchen Vereinbarung sind z.B. der Flugplan, Signalisierungsvorschrift, «Codierungstabelle» usw.

Die Verifikation ist als begleitende Tätigkeit auszugestalten und soll nicht nur das kontrollierende, inspektionshafte Element beinhalten. Bei komplexen Aufträ-

Nummer	Code	E	N	Z	Pen code	
1	21011	1706914.567	4966984.264	117.208	21	Linienanfang
2	21011	1706917.421	4966987.298	118.887	22	
3	21011	1706920.296	4966990.243	117.214	22	Gebäude
4	21011	1706928.869	4966982.394	117.267	22	
5	21011	1706923.380	4966976.594	117.247	22	Linienende
6	21011	1706914.567	4966984.8264	117.208	23	
7	21021	1706917.421	4966987.298	118.887	21	Garten
8	21021	1706922.631	4966982.529	118.966	23	
9	21031	1706922.631	4966982.529	118.966	21	Garten
10	21031	1706923.380	4966976.594	117.247	23	
11	21031	1706928.869	4966982.394	117.267	21	Garten
12	21031	1706922.631	4966982.529	118.966	23	
13	21011	1706894.642	4966963.381	113.549	21	Garten
14	21011	1706889.749	4966967.365	113.287	22	
.						Garten
.						
46	232	1706915.035	4967111.276	110.216	21	Garten
47	232	1706913.506	4967113.880	110.033	22	
48	232	1706916.522	4967119.950	110.138	22	
49	232	1706923.068	4967123.599	110.125	23	

Tab. 4: Auszug aus einem «Plotfile» wie sie am analytischen Plotter BC1 erstellt wurde.

“Begleitende” Verifikation

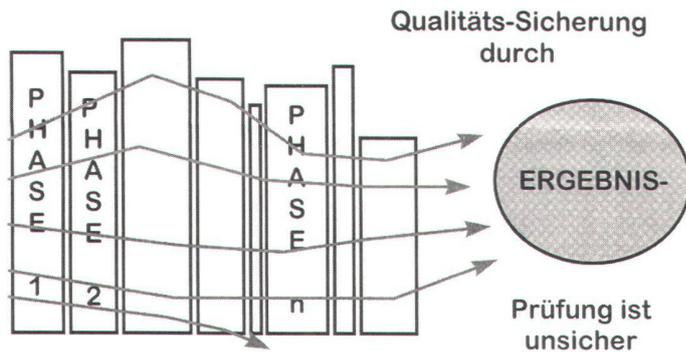


Abb. 2: Beherrschte Prozesse setzen frühzeitiges Erkennen und Korrigieren möglicher Abweichungen voraus.

gen wird es nie möglich sein, selbst mit der ausgefeiltesten Abnahmeprüfung, ausreichend sicherzustellen, dass das Gesamtwerk z.B. hinsichtlich Zuverlässigkeit und Lebensdauer die Anforderungen erfüllen wird [6]. Deshalb muss sich der Auftraggeber vermehrt darauf verlassen können, dass der gesamte «Herstellungsprozess sicher und beherrschbar» abgewickelt wurde. Es gilt nach wie vor der alte Grundsatz der begleitenden Verifikation: «Qualitätssicherung durch Prüfung des Ergebnisses ist unsicher» (Abb. 2). Es ist somit eine lückenlose Qualitätsnachweisführung anzustreben.

Wenn die Qualitätserzeugung in allen Phasen der Projektentstehung beim Ersteller nachweislich sicher funktioniert, dann wird in der Regel das Produkt besser abgesichert sein, als wenn man sich auf einige Stichproben verlässt.

Die Arbeiten in der amtlichen Vermessung sollen mit modernen Methoden des Projektmanagements durchgeführt werden. Dazu gehören insbesondere: Phasenaufteilung mit definierten Freigaben sowie eine klar gegliederte Projektleitungsstruktur mit eindeutig zugewiesenen Verantwortlichkeiten.

Die «Weisung über die Verifikation in der amtlichen Vermessung» [4] definiert die «Rollenverteilung» wie folgt :

- Der Ersteller garantiert mit seinem QM-System die richtige Arbeitsausführung (Eigenkontrollen). Er trägt die Verantwortung für die vertragsgemäße Abwicklung der Arbeiten und für ein Produkt, das mit den festgelegten Anforderungen übereinstimmt.
- Die Vermessungsaufsicht kontrolliert die Wirksamkeit des vom Ersteller benützten QM-Systems im Bereich der

amtlichen Vermessung. Insbesondere überprüft sie die Qualitätsnachweisführung und führt die Abnahme von Werken der amtlichen Vermessung durch.

4.2 Qualitäts-Management für photogrammetrische Projekte

Ein photogrammetrischer Einsatz in der amtlichen Vermessung stellt aus verschiedenen Gründen speziell hohe Anforderungen an alle Beteiligten:

- Es sind verschiedene Partner zu verschiedenen Zeiten mit wechselnder Intensität an den Projekt-Arbeiten beteiligt: das stellt hohe Ansprüche an die Formulierung von Zielvereinbarungen und an die Kommunikation. Nie darf die fehlende Kommunikationsbereitschaft dazu führen, dass nur die zweitbeste Lösung realisiert wird!
- Der hohe instrumentelle Einsatz seitens der Photogrammetrie erfordert eine exakte zeitliche Planung und Abstimmung mit den übrigen Beteiligten.
- Der Einsatz des photogrammetrischen Verfahrens kennt eine speziell sensitive Phase: die Signalisierung und den Bildflug. Eine falsche Konzeption kann sich auf das ganze Projekt fatal auswirken. Prinzipiell bestehen keine Vorschriften bezüglich Qualitätssicherung. Auftraggeber, Verifikationsbehörden und Projektbearbeiter sind frei, wie sie die geforderte Qualität überprüfen und nachweisen möchten. Für das projektbezogene Qualitätsmanagement wurden einige zusätzliche Hilfsmittel [z.B. 1, 2] erarbeitet. Sie sind entstanden aus der Erfahrung mit früheren Projekten und sind als Richtlinien oder Empfehlungen ausgearbeitet. Damit soll es einem weiteren Benutzer-

Photogrammétrie

kreis möglich sein, sich die effizienten Verfahren der photogrammetrischen Datenakquisition zunutze zu machen. Insbesondere wurden Richtlinien für die Fixpunktbestimmung (Aerotriangulation) neu erarbeitet. Elemente daraus, wie etwa die Flugplanung, Signalisierung, Identifikation, können natürlich auch für Arbeiten zur Flächenauswertung (Bodenbedeckung) angewendet werden. Wie weit die Verifikationsbehörde im «Produktionsprozess» kontrollierend oder steuernd eingreift, ist nicht zuletzt abhängig von den gemachten Erfahrungen mit beteiligten Projektbearbeitern bzw. Unternehmen.

4.3 Das Qualitätsmanagement-System in Organisation und Projekt

Die Qualitätsanforderungen an alle Bestandteile der amtlichen Vermessung sind klar definiert [3]. Mit der postulierten «Methodenfreiheit» wird der Eigenverantwortlichkeit des Projektbearbeiters ein grosses Gewicht beigemessen. Um diese Eigenverantwortlichkeit wahrnehmen und auch nachweisen zu können, kommt heute kein Unternehmen darum herum, ein angepasstes Qualitätssicherungssystem zu verwenden. Es wird aber nicht vorgeschrieben, dass die Projektbeteiligten über ein normiertes oder gar zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem verfügen. Es gibt jedoch in letzter Zeit immer mehr Unternehmungen und staatliche Stellen, die für ihre Organisationseinheit ein Qualitätsmanagementsystem nach ISO_9000ff aufbauen. Vor allem für die Bearbeitung von komplexeren Aufträgen mit mehreren ausführenden Stellen sowie für Arbeiten, die im Submissionsverfahren vergeben werden, ist es zweifelsohne vorteilhaft, wenn die Qualitätssicherungssysteme eine gemeinsame Basis aufweisen. Damit kann die Kommunikation in Bereichen wie vertragliche Abmachungen, Zielvereinbarungen, Übergabe der Resultate, Abnahme, Honorierung, Garantien usw. zwischen den Ausführenden einerseits, aber auch zwischen Ausführenden und der Verifikationsbehörde oder dem Auftraggeber andererseits entscheidend vereinfacht und sicherer werden.

5. Schlussfolgerungen

Damit – und das gilt prinzipiell für jedes Projekt – am Ende ein befriedigendes Resultat entsteht, müssen zu Beginn die Qualitätsanforderungen klar definiert und von allen Beteiligten gleich verstanden und interpretiert werden. Hier gibt zum Beispiel die Norm EN ISO 9001 [5] einige Hilfestellungen, z.B. in den Bereichen Vertragsprüfung, Beschaffung und Prüfung. Je nach Projektablauf und Beteiligten werden wohldefinierte Zwischenresultate, wenn möglich oder erforderlich, gemeinsam definiert und verifiziert. Die Ausgangslage für das «Projekt Ferrara» war in dieser Hinsicht für uns insofern speziell, als bereits «Halbfabrikate» zur Verfügung standen, die es dem Projektbearbeiter nicht erlaubten, die von uns für die amtliche Vermessung geforderte Qualität zu erzeugen. Bereits hier hätte vor der Auftrags erledigung das Qualitätssicherungssystem des «Lieferanten» der Luftbilder und der Passpunktinformationen eingreifen müssen: «Beschaffungsdokumente müssen Angaben enthalten, die das bestellte Produkt klar beschreiben» [5]. Zudem muss sichergestellt werden, «dass die Forderungen an die Zulieferungen klar festgelegt, übermittelt und – was am wichtigsten ist – vom Unterauftragnehmer vollständig verstanden worden sind» [5].

Es ist immer mit mehr Aufwand verbunden, wenn erst im nachhinein durch eine Prüfung festgestellt wird, dass ein bereits fertiggestelltes Produkt nicht den Anforderungen entspricht. Und doch wird der Besteller nicht von dieser Verifikation entbunden. Er muss also «sicherstellen, dass ein zugeliefertes Produkt nicht verwendet oder verarbeitet wird, solange nicht geprüft oder in anderer Weise verifiziert wurde, dass es die festgelegten Qualitätsforderungen erfüllt» [5].

In diesem Sinne schlug denn auch unser «QM-System» nach einer umfassenden Prüfung Alarm: Obwohl unsere Qualitätsanforderungen an das Bildmaterial (Genauigkeit der Passpunkte, Signalisierung der Grenzpunkte usw.) sowie Ansprüche an Vorbereitungsarbeiten für die

Auswertung (Identifikation, Lückenergänzung, Dachvorsprünge etc.) nicht erfüllt werden konnten, wurden die Auswertungen durchgeführt. Es wurden aber vorgängig einige wohldefinierte Abstriche an der Qualitäts-Anforderung der amtlichen Vermessung – insbesondere an der geometrischen Genauigkeit, am Detaillierungsgrad sowie der Datenbeschreibung – definiert und schriftlich fixiert. Dafür wurde entgegen den Projekt-Anforderungen nicht nur ein graphischer Plan, sondern zusätzlich ein «LIS-tauglicher» Datensatz erstellt, strukturiert nach dem Grunddatensatz der amtlichen Vermessung, jedoch nicht in INTERLIS beschrieben.

Die Verifikation erfolgte begleitend. Als Hilfsmittel für die Verifikation wurde ein Ortho-Photo-Plan erstellt. Das erlaubte zusätzliche effiziente Überprüfungen im Bereich der Attributierung und der Topologie von Elementen der Bodenbedeckung. Eine Auswertung von Grenzlinien war nicht möglich. Der Bodenbedeckung wurden das gelieferte Parzellennetz sowie die Bauten überlagert. Es zeigten sich an einigen Stellen Inkonsistenzen (ev. aus Datenübertragung / noch nicht aktualisierte Gebäudenachführung / nicht plausibler Grenzverlauf). Aus der zur Verfügung gestellten Information ist es nicht möglich, eindeutige Aussagen zu machen. Das Resultat entspricht zwar aus obenerwähnten Gründen nicht der Qualitätsanforderung, die an eine schweizerische amtliche Vermessung gestellt wird. Es entspricht aber den Anforderungen, welche wir aufgrund des uns zur Verfügung gestellten Materials für diesen Auftrag vor Beginn der Auswertearbeiten definiert haben.

Die Arbeit hat aufgezeigt, dass nur dann ein für alle befriedigendes Ergebnis resultiert, wenn die (Qualitäts-) Anforderungen [3] bereits zu Beginn klar festgelegt und eindeutig für alle Beteiligten kommuniziert werden können. Zudem stehen für die Praxis in Form von Richtlinien [1, 2] technische und in Form von Normen und Weisungen [4, 5] organisatorische Hilfsmittel zur Verfügung. Werden diese Grundlagen projektspezifisch richtig an-

gewandt, dann können nicht nur komplexe Projekte effizient gesteuert werden, die Ergebnisse lassen sich zudem mit einem Minimalaufwand auch durchgreifend verifizieren.

Literatur:

- [1] Richtlinien für den Einsatz der Photogrammetrie in der Parzellarvermessung (V+D, 1984).
Directives concernant l'utilisation de la photogrammétrie en mensuration parcellaire (D+M, 1984).
- [2] Richtlinien für die Bestimmung von Fixpunkten (V+D/L+T; 1996).
Directives pour la détermination des points fixes (D+M/S+T, 1996).
- [3] VAV/TVAV: Verordnungen über die amtliche Vermessung (1992/1994).
OMO/OTEMO: Ordonnances sur la mensuration officielle (1992/1994).
OMU/OTEMU: Ordinanze concernente la misurazione ufficiale (1992/1994).
- [4] Weisung über die Verifikation in der amtlichen Vermessung (V+D, 1995).
Prescription sur la vérification dans la mensuration officielle (D+M, 1995).
- [5] ISO 9000 (1994): Normen zum Qualitätsmanagement und zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung, EN ISO 9000-9004.
ISO 9000 (1994): Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité, EN ISO 9000-9004.
- [6] F. Widmer: «Verifikation» – die Abnahme eines amtlichen Vermessungswerkes (Photogrammetrie und Landinformationssysteme in der RAV: 30. Juni – 3. Juli 1992, EPF-Lausanne).

Prof. Dr. Otto Kölbl
EPFL – Photogrammétrie
GR – Ecublens
CH-1015 Lausanne
e-mail: otto.koelbl@epfl.ch

Fredy Widmer
Dipl. Ing. ETH/SIA
Eidg. Vermessungsdirektion
CH-3003 Bern
e-mail:
fredy.widmer@mbox.brp.admin.ch