

Die Fotogrammetrie - ein modernes Aufnahmesystem

Autor(en): **Pastorelli, Roberto**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **101 (1983)**

Heft 20: **SIA-Tag in Lugano, 3./4. Juni 1983**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

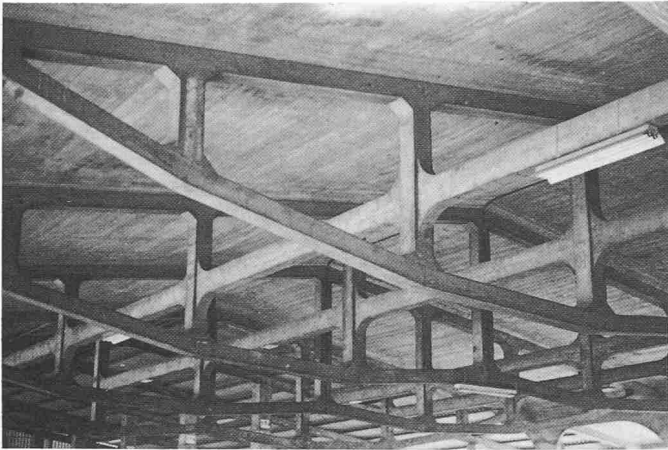
Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75145>

Nutzungsbedingungen

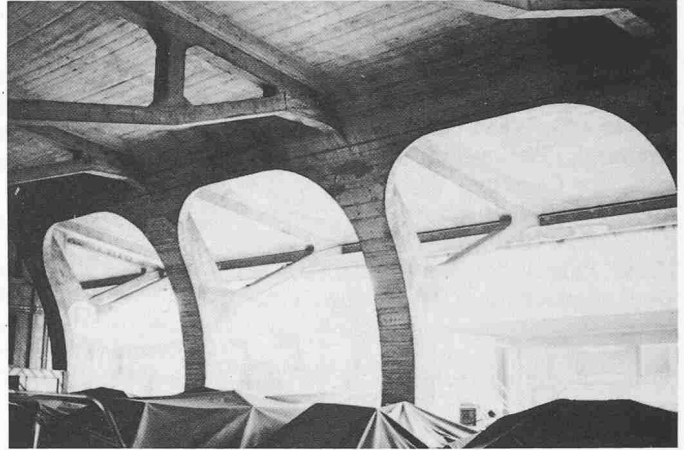
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung 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.



Teilansicht der Konstruktion



Die geschwungenen Hallenstützen

Konstruktion und Form

Die an den Lagerschuppen angebaute Halle stellt den Hauptteil des Komplexes dar und besteht im wesentlichen aus Eisenbeton-Fachwerkträgern. Es ist schade, dass man die ungewöhnliche, auch ästhetisch ansprechende Konstruktion – die Form erinnert entfernt an pflanzliche Elemente – heute nur noch von innen sehen kann; es sind im Laufe der Jahre andere Schuppen angebaut worden, die ganz sicher nicht wegen ihrer Genialität in die Geschichte eingehen werden!

In seiner Monographie über Maillart zeigt *Max Bill*, dass sich die Form der Halle von Chiasso an gewisse Jugendstilbauten von *Victor Horta*, *Henry van de Velde* und *Antonio Gaudi* anlehnt.

Die Halle des Zollfreilagers Chiasso hat ein inneres Lichtmass von 25 m, ein Aussenmass von 33,4 m und ist an der höchsten Stelle 9,2 m hoch. Das Hauptgebäude besitzt vier Stockwerke und einen Dachstock. Die Pfeiler mit den

pilzförmigen Abschlüssen haben einen quadratischen Grundriss, der sich nach oben hin verjüngt.

Robert Maillart

Robert Maillart wurde 1872 in Bern geboren. Er besuchte die Eidgenössische Technische Hochschule zwischen 1890 und 1894. Seine erste Bogenbrücke wurde in Zuoz 1901 gebaut, während die ersten Studien für eine pilzförmige Trägerkonstruktion auf 1908 zurückgehen. Das erste Gebäude mit pilzförmigen Stützenabschlüssen baute er 1910. Es handelt sich um das Lager Giesshübel in Zürich mit einer Nutzlast von 2000 kg/m². Ab 1912 arbeitete er in Russland, musste jedoch bei Revolutionsbeginn fliehen. Maillart starb 1940 in Genf. Er war Ehrenmitglied des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Maillart hat in der Schweiz zahlreiche Bauten erstellt. Neben der erwähnten Innbrücke sind die Aarebrücke bei Aarburg zu erwähnen,

die Arvebrücke in Savoyen, die beiden Brücken im Wägital, die Eisenbahnbrücke bei Landquart, die Rheinbrücke in Schaffhausen usw. Die Halle von Chiasso sticht wegen ihrer originellen Form aus der Reihe seiner Werke besonders hervor. Daneben kennt man noch weitere Werke von Maillart im Tessin: das Gebäude der Firma Tannini in Maroggia und die Fussgänger-Passe-Relle hinter dem ehemaligen Sanatorium von Agra.

Von 1932 datiert ein Projekt für eine Tessinbrücke zwischen Giubiasco und Sementina, das in der Monographie von *Max Bill* erwähnt ist.

Robert Maillarts Hallenbau in Chiasso weist ohne Zweifel Qualitäten auf, die die Bestrebungen zu seiner Erhaltung rechtfertigen. Es ist zu hoffen, dass die Schutzwürdigkeit des Objekts von den verantwortlichen Behörden recht bald erkannt und bestätigt wird.

Adresse des Verfassers: *Giancarlo Rè*, via alla Campagna 7, 6900 Lugano.

Die Fotogrammetrie – ein modernes Aufnahmesystem

Von Roberto Pastorelli, Lugano

Allgemeines

Nach ihren Möglichkeiten beurteilt, ist die Fotogrammetrie universell. Aus einem Paar stereoskopischer Fotografien (vom selben Objekt von zwei Aufnahme- und Projektionspunkten aus aufgenommen) kann jede Art grafischer Darstellung erstellt und können die Masse aller auf den beiden Fotografien sichtbaren Objekte errechnet werden.

Es versteht sich, dass alle Voraussetzungen erfüllt sein müssen, die eine perfekte Beziehung zwischen Foto-Stereomodell und Raummodell (das auf den Fotografien enthalten ist) gestatten. Das Foto-Stereomodell kann durch den Einsatz eines Stereoautografen gewonnen werden, der mit einem Koordinatografentisch verbunden wird und das im gewünschten Massstab projizierte und a priori auf einem horizontalen Plan festgehaltene Modell überträgt. Aus die-

sem Modell lassen sich die dreidimensionalen Elemente eines jeden Punktes ablesen, die auf den Auswertepapparat bezogen sind.

Mit den geeigneten Verlagerungen und Drehungen der Projektionsachsen lässt sich die Position eines jeden Punktes im Koordinatennetz des Plans, den man erhalten will, feststellen (Übertragung und Projektion des fotografischen Modells).

Bis etwa 1960 setzte sich die fotogrammetrische Aufnahme lediglich aus zwei grafischen Massangaben zusammen. Das Aufkommen der elektronischen Datenverarbeitung, die die Lösung jeder geodätischen Formel in kürzester Zeit erlaubt, führte sofort zu einer voll-

ständigen Automatisierung, die als Schlussergebnis eine numerische Aufnahme liefert, d. h. die planimetrischen Koordinaten und Koten eines jeden Punktes, die die Errechnung aller Distanzen und anderer gewünschter Werte (Oberfläche, Profile usw.) erlauben. Damit ist die Automatisierung vollständig; sie reicht von der Fotografie bis zum Plan im gewünschten Massstab.

Die Fotografie kann mit einem Fototheodoliten (Theodolit, kombiniert mit einer Fotokamera) aufgenommen werden; es handelt sich in diesem Falle um terrestrische Fotogrammetrie.

Wird die Fotokamera dagegen in einem Flugzeug installiert, dann spricht man von Aerofotogrammetrie. Der Unterschied der beiden Methoden ist leicht zu erkennen. Die Elemente, die die Position der Bodenaufnahmen feststellen, werden direkt mit dem Theodoliten gemessen, diejenigen der Aerofotogrammetrie hingegen können nicht Gegenstand direkter Aufnahmen sein; es muss hier ein anderer, komplexerer Weg eingeschlagen werden.

Die terrestrische Fotogrammetrie

Das aufzunehmende Objekt muss von zwei verschiedenen Punkten aus aufgenommen werden, die mit dem Fototheodoliten zugänglich sein müssen; die Verbindung der beiden Aufnahme-punkte wird «Basis» genannt und direkt in cm gemessen. Steht die Kameraachse in rechtem Winkel zum Objekt (Fassade eines Gebäudes), dann erhält die Fotografie auf ihrer ganzen Fläche einen gleichbleibenden Massstab (Bild 1).

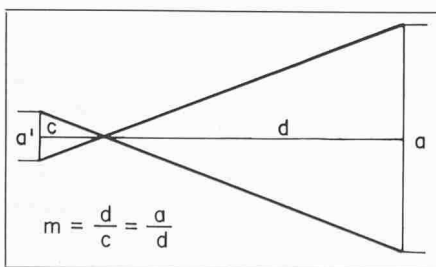


Bild 1.

Deshalb ist der Massstab einer Fotografie dann bestimmt, wenn die Konstante c (Brennweite der Kamera) und der Abstand d von der Kamera zum Objekt bekannt sind.

Liegt das zu fotografierende Objekt nicht auf einer Ebene, sondern dehnt es sich in die Tiefe aus, dann hat die Fotografie nicht auf ihrer ganzen Fläche den gleichen Massstab; wir haben es dann mit einer Verzerrung des Raummodells zu tun, die mit geeigneten Massnahmen und Korrekturen zu eli-

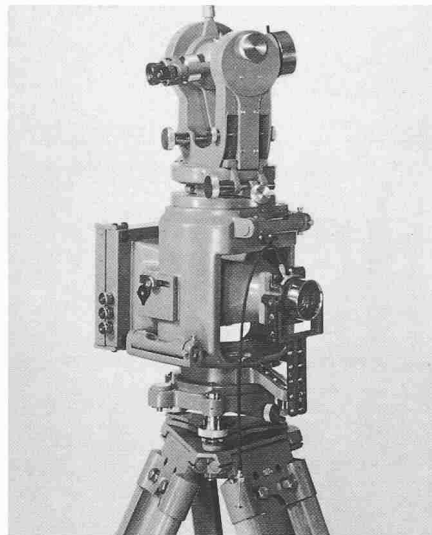


Bild 2. Fototheodolit Wild P 30 $f = 165$ mm; Aufnahmeformat 10×15 cm

minieren ist (direkte Messungen in verschiedenen Tiefen).

Es gibt verschiedene Kameratypen mit verschiedenen Brennweiten (Bild 2, 3); je kleiner die Brennweite, um so grösser die Verzerrung. Der Normalfall, als die einfachste Möglichkeit, setzt wie gesagt Rechtwinkligkeit der Kameraachse zur Aufnahmeebene voraus (Bild 4).

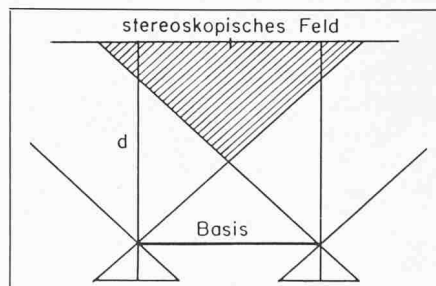


Bild 4. Der Normalfall als einfachste Möglichkeit setzt Rechtwinkligkeit der Kameraachse zur Aufnahme-Ebene voraus

Das optimale Verhältnis zwischen Basis und Objektabstand reicht von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$, und der Kotenunterschied der beiden Aufnahme-punkte darf 10% nicht übersteigen.

Nicht immer kann der «Normalfall» zur Anwendung kommen. Vor allem, wenn das Objekt mit einer einzigen Aufnahme nicht vollständig abgebildet werden kann. In diesem Falle muss die Kameraachse nach links oder nach rechts geschwenkt werden, für beide Aufnahmen parallel oder sogar zueinander konvergierend. In diesem Falle muss die Brennweite verlängert werden.

Das Verhältnis Basis/Abstand bestimmt den Grad der Aufnahmegenauigkeit. Dieser Präzisionsgrad muss der Funktion der Aufnahme und ihrer Verwendung angemessen sein. Für Aufnahmen hoher Präzision geht man auch von einem Verhältnis von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$ aus; es handelt sich dabei vor allem um Aufnahmen für die Industrie.

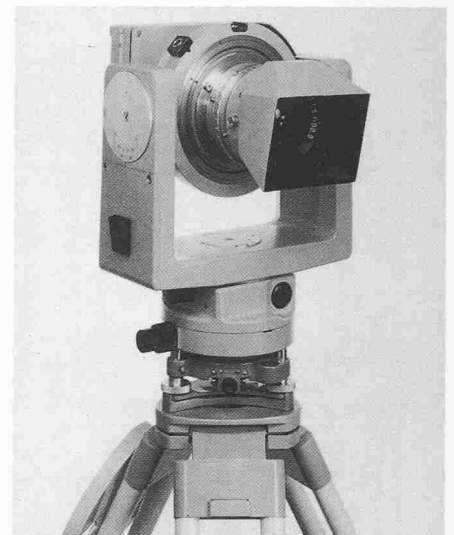


Bild 3. Fotokamera Wild P31 $f = 100$ mm; Aufnahmeformat 10×12 cm

Es kann gesagt werden, dass die Kosten einer Aufnahme von der verlangten Präzision abhängen.

Bild 5 stellt die Fassade des Palazzo am Viale S. Franscini 12 in Lugano dar. Das Gebäude soll abgebrochen werden und einem neuen Sitz eines wichtigen Kreditinstitutes Platz machen.

Es handelt sich um eine äusserst genaue und wirklichkeitsgetreue Aufnahme (Abweichungen in der Grössenordnung $\pm 2-3$ cm), vor allem hinsichtlich architektonischer Gestalt. Sie wurde vom fotogrammetrischen Büro A. und R. Pastorelli mit der Kamera WILD P 31 $f. 100$ cm/Format 10×12 cm gemacht.

Die terrestrische Fotogrammetrie erlaubt die Erstellung von wertvollen Architekturaufnahmen in eleganter und ausserordentlich genauer Ausführung, ohne dass dabei auf kostspielige Gerüstbauten und Detailaufnahmen zurückgegriffen werden müsste; sie ermöglicht ferner Aufnahmen von unzugänglichen Felswänden und Grotten, von archäologischen Ausgrabungen mit allen erwünschten Details (siehe auch Rivista, Tecnica, Dez. 1975).

Die Aerofotogrammetrie

Auf lange Sicht ist sie die wichtigere Methode. Der terrestrischen Fotogrammetrie sind Grenzen gesetzt (Zielstrahl, geeignete Distanzen, Möglichkeit für zwei Aufnahme-punkte); die Anwendung der Aerofotogrammetrie dagegen ist in der Praxis weiter und freier. Andererseits haben beide Systeme ihre Vorzüge; mit der terrestrischen Fotogrammetrie können Aufnahmen praktisch jeden Massstabs erzielt werden, vom kleinsten ($1:10\,000$ z. B.) bis zum grös-

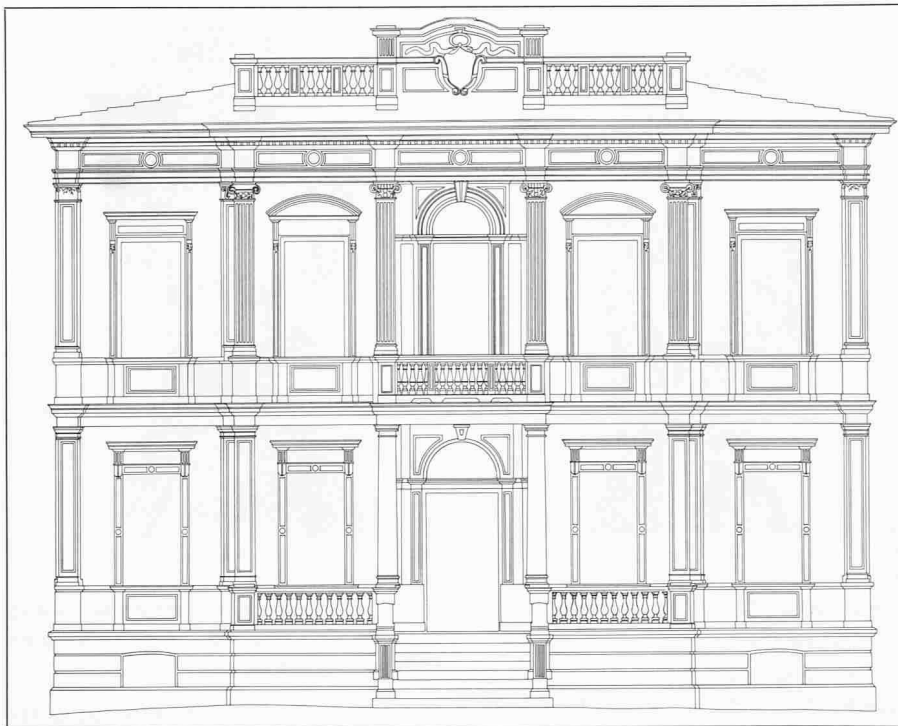


Bild 5. Ansicht der Hauptfassade des früheren italienischen Konsulates in Lugano; kleiner Palast aus dem 19. Jahrhundert am Viale S. Franscini 12, Lugano; Originalmassstab der Planzeichnung 1:50; Ausführung: A. und R. Pastorelli, Lugano



Bild 6. Neue Luftaufnahme einer Zone in Airolo mit abgeschlossenen Autobahnarbeiten; Kamerastandpunkt 800 m über dem Gelände, Fotokamera Wild RC 10, 23x23 cm

Bild 7. Aviolyt AC 1 mit Aviotab TA 2 (Wild); modernes System mit analytischem Stereoplotter; alle fotogrammetrischen Auswertungen laufen über ein einziges Steuergerät



ten (1:10, 1:1). Für die Aerofotogrammetrie ergibt sich der Aufnahmemaßstab aus der erlaubten Mindestflughöhe. Bekanntlich muss ein Flugzeug mindestens 300 m hoch fliegen. So sind Aufnahmen bis zu einem Maßstab 1:200 möglich, stets bezogen auf eine entsprechende Genauigkeit; ± 5 cm mittlere planimetrische und altimetrische Abweichung (Bild 6).

Absolute Voraussetzung ist die Verwendung eines Spezialflugzeugs, das mit reduzierter Geschwindigkeit (150 km/h) fliegen kann, sowie einer automatischen Aufnahmekamera mit hochempfindlichem Film; es müssen Verschlusszeiten zwischen $\frac{1}{250}$ sec und $\frac{1}{500}$ sec möglich sein. Die Aufnahmen können schwarzweiss oder farbig sein. Ferner darf der Film keine Unregelmäßigkeiten aufweisen oder bei der Entwicklung Deformationen erleiden. Allein unter diesen Voraussetzungen können Aufnahmen mit der gewünschten Präzision garantiert werden. Das Prinzip ist immer das gleiche: zwei fotografische Aufnahmen vom gleichen Objekt von zwei verschiedenen Aufnahmepunkten aus.

Anders als bei der terrestrischen Fotogrammetrie kann kein direktes Element gemessen werden, das für die Bestimmung der Position der Fotografien im Raum zum Zeitpunkt der Aufnahme dienen könnte.

Das zusammengehörige Fotopaar wird in den Stereoaufnahmen eingeführt; nach einer Reihe komplexer Manipulationen und Einstellungen, die ein ausgebildeter Operateur ausführen muss, kann man das fotografische Raummodell erhalten, das frei von Entzerrungen ist. Ist die «gegenseitige Orientierung» des Modells erreicht, dann muss die Übertragungsrelation auf den Koordinatengrätisch erstellt werden, wo die Aufnahme im gewünschten Maßstab (absolute Orientierung) ausgeführt wird (Bild 7).

Alle Objekte welcher Art auch immer, die auf den zusammengehörigen Fotografien zu sehen sind, können vermessen und in den drei Dimensionen aufgenommen werden (Strassen, Mauern, Wege, Gebäude, Grenzlinien verschiedener Bodenkulturen), aber auch die Höhenmessung mit kotierten Punkten oder Höhenkurven ist möglich.

Häufige Anwendung finden auch topografische Pläne in grossem Maßstab (1:100 - 1:200 - 1:500), die alle planimetrischen und altimetrischen Elemente enthalten (für die Begutachtung von Strassenprojekten und Ortsplanungen).

Um im Tessin zu bleiben: Die generelle Projektierung unserer Nationalstrasse N2 von Chiasso bis Airolo wurde auf to-



Bild 8. Luftaufnahme unserer Autobahn; Kamera Wild RC 10 $f = 152 \text{ mm}$, $23 \times 23 \text{ cm}$

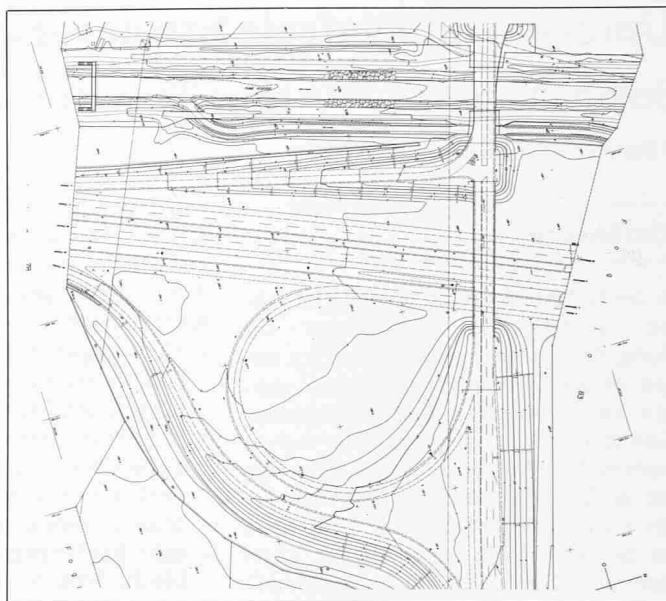


Bild 9. Detaillierte fotogrammetrische Aufnahme 1:500 der Autobahn (der Ausschnitt ist in der Fotografie auf Bild 9 enthalten)

pographischen Karten im Massstab 1:10 000 entwickelt, während die Detailprojektierung auf der Grundlage von fotogrammetrisch aufgenommenen topographischen Plänen im Massstab 1:1000 erfolgte (Bild 8, 9).

Seit einigen Jahren werden die fertiggestellten Teilstrecken fotogrammetrisch aufgenommen. Dabei werden Pläne im Massstab 1:500 erstellt, die alle planimetrischen (horizontale und vertikale Signalisierungen, Fahrbahnen, Strasseneinläufe, alle unterirdischen Leitungen) und altimetrischen Details (charakteristische Punkte im Gelände, Höhenkurven) enthalten; diese Pläne werden vom Unterhaltsdienst der Autobahn selbst sehr geschätzt und benutzt.

Eine weitere, verhältnismässig neue Anwendung besteht in der Erstellung von sogenannten «Dachplänen» (Bild 10). Im allgemeinen verdienen unsere alten Dorfkern geschützt zu werden; denken wir an Corippo, Meride, Rovio.

Das Vorgehen ist einfach, denn man verfügt bereits über einen fotogrammetrischen Flug, der eine geeignete Auswertung erlaubt.

Es wird ein Plan im Massstab 1:500 oder 1:200 vorbereitet, den man aus dem Katasterplan vergrössert. Von allen Häusern werden die äusseren Umrisslinien der Dächer mit ihren entsprechenden Neigeflächen eingezeichnet und die Koten der Firste, der Rinnen und des Geländes festgestellt. Mit diesen Elementen, die mit Tusche direkt auf den Spezialplan geschrieben oder gezeichnet werden, wird es möglich, jederzeit die Dachneigung zu berechnen und zu kontrollieren, ob im Falle eines Neubaus die Firstkote respektiert worden ist.

Auch bei einer Sanierung eines Gebäudes im Dorf- oder Stadtkern kann mit Hilfe dieses Planes vorgeschrieben werden, Volumen, Höhe und Dachform des Altbaus beizubehalten. Die ungefähren Kosten eines Dachplanes betragen 1000 bis 2000 Franken je Siedlungskern.

Für Gemeinden, die ihre baulich reizvolle Eigenart zu erhalten trachten, stehen damit wichtige Instrumente zur Verfügung. In der Stadt Lugano soll beispielsweise ein grösseres Altstadtgebiet geschützt werden. Hier kann die Fotogrammetrie den mit der Prüfung der Schutz- und Restaurierungsprojekte beauftragten Gremien ausserordentlich wertvolle Hilfe anbieten.

Schliesslich gilt es, auf eine andere alltägliche Anwendung der Aerofotogrammetrie hinzuweisen: die grafische oder numerische Aufnahme von Längsschnitten aller Art und in den unterschiedlichsten Massstäben. Schnittaufnahmen nach dem traditionellen System erfordern viel Zeit, Geld und wenig qualifiziertes Personal – damit ist auch die Wahrscheinlichkeit grober Fehler gegeben. Mit der Fotogrammetrie lässt sich das Problem elegant lösen; zudem ergeben sich verschiedene nicht unbedeutende Vorteile:

- schnelle Ausführung
- gleichbleibende Präzision
- automatisierter Prozess von der Aufnahme bis zur Aufzeichnung (Plotter)
- keine Geländebeeinflussungen (atmosphärische Bedingungen)
- Wirtschaftlichkeit, spürbar kleinerer Aufwand.

Die Aerofotogrammetrie wird für die verschiedenen Formen der Katastervermessung mit zunehmendem Erfolg ein-

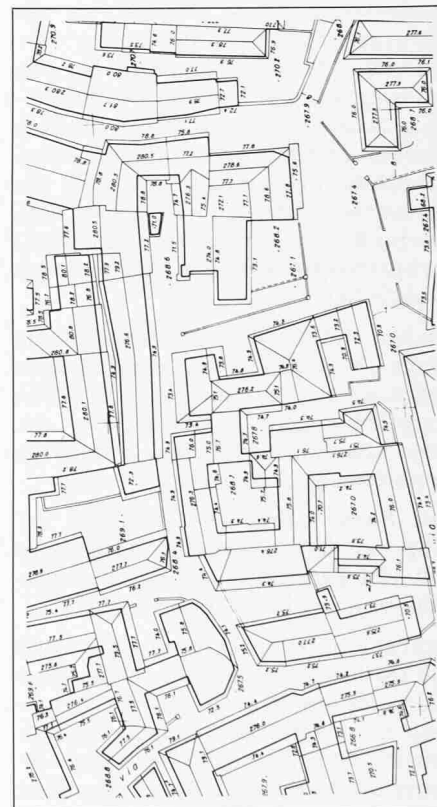


Bild 10. Beispiel eines Dachplanes für ein Kerngebiet

gesetzt (Automatisierung, numerisches System), besonders in den Gebirgszonen, wo die Wirtschaftlichkeit des Systems Katasteraufnahmen auch von wenig wertvollem Land rechtfertigt.

Ein Ausblick in die Zukunft der Fotogrammetrie zeigt die Entwicklung eines wesentlich verfeinerten Instrumentariums: Man spricht bereits von Autographen, die das Raummodell automatisch lesen können.

Adresse des Verfassers: Roberto Pastorelli, Ing. Geom. OTIA/SIA, via Lambertenghi 10, 6904 Lugano.