

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 102 (2004)

**Heft:** 9

**Artikel:** Flugplanung : ein noch wenig beachteter Flaschenhals in der  
Fotogrammetrie

**Autor:** Budmiger, K.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-236159>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 17.01.2026

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

# Flugplanung: ein noch wenig beachteter Flaschenhals in der Fotogrammetrie

Die Aufgabe, ein Projekt mit einer technisch und preislich guten Lösung zu offerieren, wird durch die Einführung der verschiedenen digitalen Kamerasysteme in der nahen Zukunft noch anspruchsvoller, beziehungsweise für die Firmen noch aufwändiger werden. Dieser Artikel soll anhand des Programmes «TopoFlight» zeigen, wie dieser noch kaum beachtete Flaschenhals angegangen werden kann.

*La tâche consistant à offrir un produit qui soit une bonne solution au point de vue technique et financier, deviendra encore plus exigeante dans un proche avenir suite à l'introduction des différents systèmes de caméras numériques et présentera pour les firmes un défi accru. Le présent article démontre à l'aide du programme «TopoFlight» comment l'on peut résoudre ce goulet d'étranglement encore peu pris en considération.*

Nel prossimo futuro, con l'avvento dei nuovi sistemi di camera digitale, il compito di presentare offerte tecnicamente buone e finanziariamente sostenibili, diventa sempre più impegnativo e dispendioso per le ditte. Questo articolo mostra come questo ostacolo, finora appena considerato, possa essere affrontato con l'aiuto del programma «TopoFlight».

K. Budmiger

## Einleitung

Fotogrammetriefirmen pflegen häufig, die Projekte zu planen, dann den Flug extern von einem spezialisierten Unternehmen ausführen zu lassen, um anschliessend die erhaltenen Bilder weiter zu verarbeiten. Der Vorteil der Auslagerung des Fluges an einen Unterakkordanten liegt darin, dass je nach Ort und Art der zu lösenden Aufgabe die wirtschaftlichste Flugfirma gewählt werden kann. Die Fotogrammetrie hat de facto seit dreissig Jahren mit einem Typ Bildkamera gearbeitet. Damit waren die Unterschiede zwischen den Flugfirmen relativ einfach zu evaluieren. Dies ändert sich mit dem Einzug der digitalen Kameras grundsätzlich. Mehrere Systeme mit unterschiedlichen Stärken und Schwächen werden in Kürze den Markt bevölkern. Damit wird sich in der Praxis vermehrt die Frage stellen, welches System für welche Aufgabe die wirtschaftlichste Lösung ist. Neben dieser Entwicklung ist festzustellen, dass der Markt unter starkem Preisdruck steht. Die Auf-

gabe, ein Projekt mit einer technisch und preislich guten Lösung zu offerieren, wird deshalb noch anspruchsvoller werden.

## Die Milleniumsflaschenhalse

### Flaschenhals Nummer eins

Die grösste Beachtung findet zur Zeit die Einführung der digitalen Kameras. Damit kann erwartet werden, dass sich im fotogrammetrischen Arbeitsfluss die Komponente Bildflug verbessern lässt: Es werden direkt digitale Daten erzeugt, der bisherige Umweg über das Scannen der Bilder entfällt. Sollten bisher zusätzlich zu den Echtfarben auch Infrarotbilder hergestellt werden, dann bedeutete dies einen erheblichen Mehraufwand. Weil mit einigen digitalen Sensoren nun gleichzeitig zu den Echtfarben Infrarotdaten gespeichert werden können, fällt diese zusätzliche Information nahezu gratis an. Die Farbtiefe ist mit 12 oder 16 Bit sehr hoch. Mit dem eingesetzten Einzug dieser Technik wird sich die Dringlichkeit der effizienten Datenverwaltung beim Endkunden deutlich erhöhen.

### Flaschenhals Nummer zwei

Die vielfältigen Anwendungen und der grosse Preisdruck verlangen das Studium von Projektvarianten und die daraus hervorgehenden Preise. Je grösser der Preisdruck ist, desto genauer müssen die preisbestimmenden Elemente bekannt sein, um das Risiko genügend genau abschätzen zu können. Die Firmen verwenden viel Zeit zur Herstellung von Offerten. Entsprechend wichtig ist ein Werkzeug, das diese Arbeiten wirkungsvoll unterstützt.

## Die Flugplanung in den Vordergrund stellen

Die Effizienz der eigenen Arbeitsweise kann anhand der Prozessketten und der eingesetzten Mittel analysiert werden. Wie diese Analysen im Einzelnen auch ausfallen, man wird immer wieder feststellen, dass erfolgreiche Projekte ihren Ursprung in den richtig eingeschätzten Anforderungen während der Offertphase haben. Und diese beinhalten eine auf das Ziel ausgerichtete, optimierte Flugplanung. Mit der hier vorgestellten Methode beginnt die definitive Flugplanung nicht erst nach der Auftragsvergabe, sondern sie ist der erste Schritt in der Ausarbeitung der Offerte. Das heisst, der Flugplan steht ganz am Anfang, die Grundkosten des Projektes werden aus ihm abgeleitet (Abb. 2). Dies bedingt eine Software, die diese Arbeit auf einfache Weise ermöglicht.

Somit können Preisanfragen sehr rasch und präzise erledigt werden. Weil der Flugplan bereits im Moment der Auftragsvergabe fertig ist, kann er digital in das Kameramanagementsystem übertragen werden. TopoFlight unterstützt zur Zeit direkt die Systeme ASCOT und CCNS. Andere Systeme können über den Textfiletransfer bedient werden (Abb. 3).

## Anforderungen an die Software

Bei den meisten Planungen sind Randbedingungen zu berücksichtigen, wie zum Beispiel:



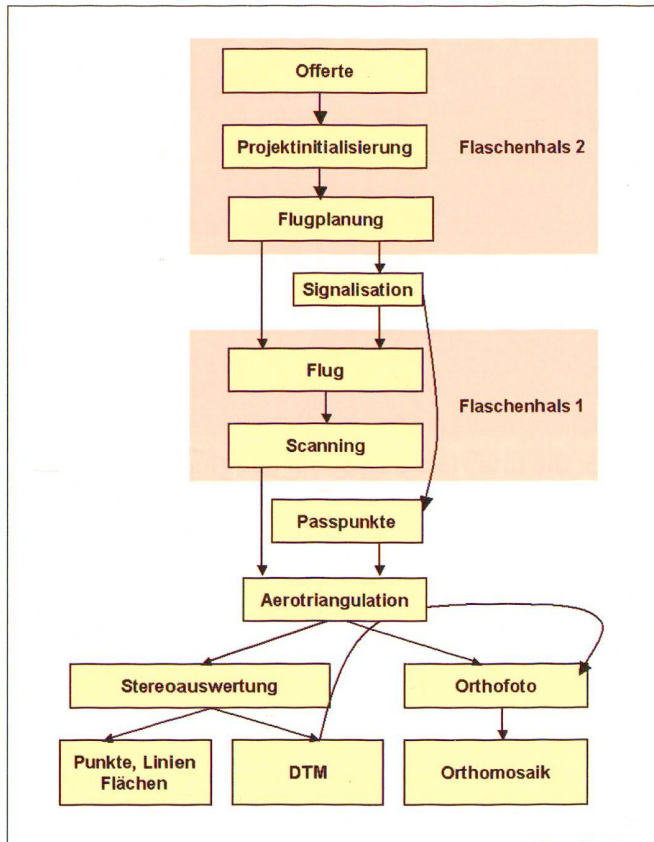


Abb. 1: Die fotogrammetrische Prozesskette von der Offertstellung bis zum fertigen Produkt. Rot hinterlegt sind die beiden am meisten (Kamera) und wenigsten diskutierten Engpässe (Offertstellung, Flugplanung).

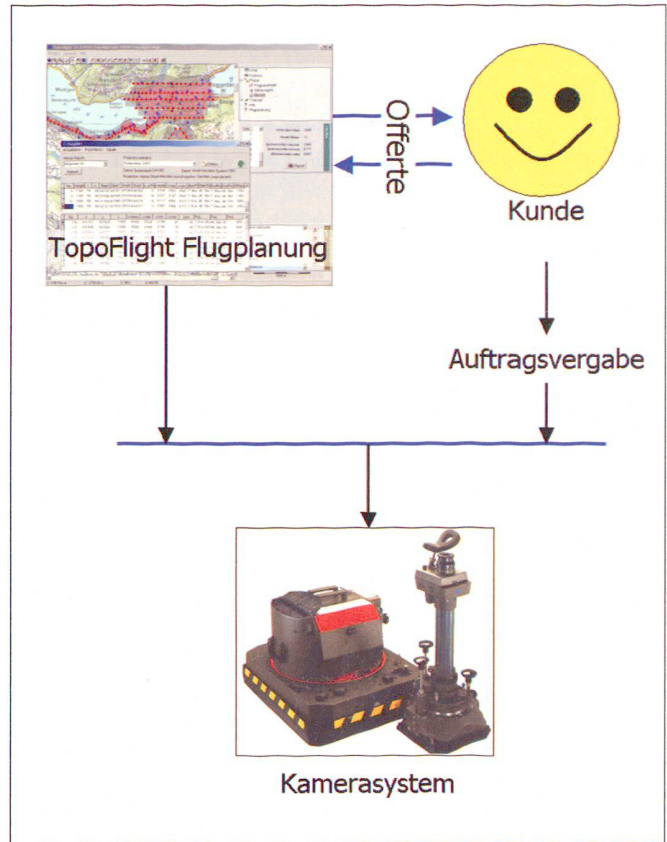


Abb. 2: Der mit TopoFlight optimierte Arbeitsfluss «Flaschenhals 2»: Die Flugplanung steht im Vordergrund.

- einzelne Linien haben einer Verkehrsachse zu folgen
- der Uferbereich eines Sees muss am Bildrand liegen
- in zerklüfteten Felsregionen muss eine höhere Längsüberdeckung gewählt werden
- bei der Überbrückung von Schluchten müssen einzelne Bilder an genau definierten Orten zu liegen kommen
- der Bildmassstab darf einen bestimmten Wert nicht überschreiten
- zu Gunsten von nachfolgenden Verarbeitungsschritten weicht die Ausrichtung einzelner Fluglinien von der topografischen Ideallage ab.

In einem Computermodell diese Bedingungen aufzulösen, ist kaum realisierbar. Die Aufgabe muss dem menschlichen Gehirn überlassen werden. Damit entstehen folgende Anforderungen an die Software:

- Darstellen von digitalen Karten

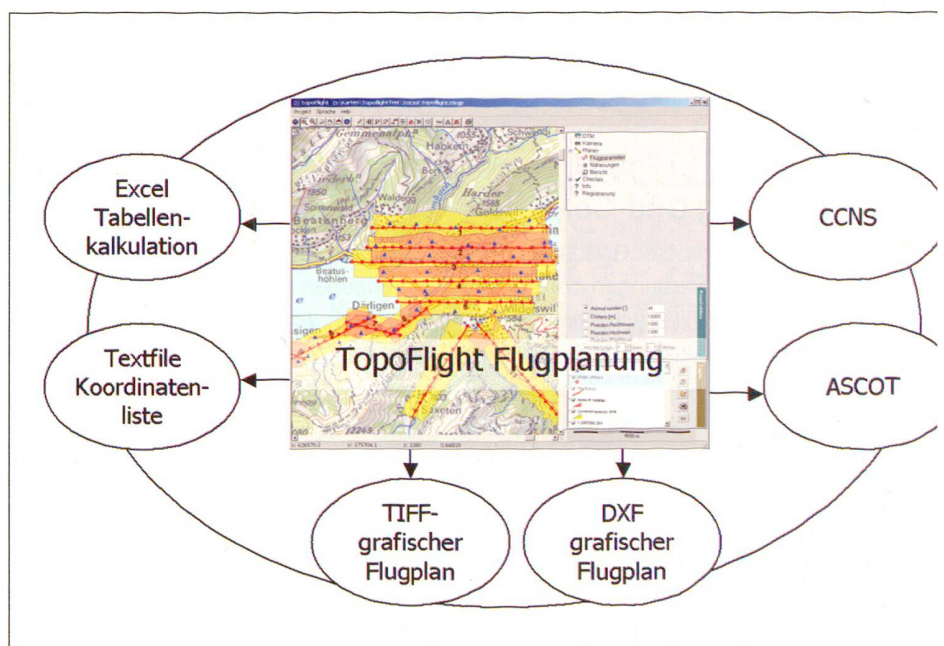


Abb. 3: Der Flugplan muss weitergegeben werden können an Tabellen-, Grafik- und Kamerasysteme.



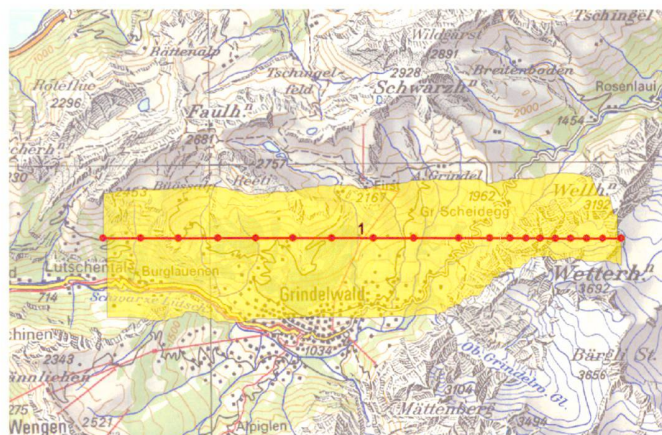


Abb. 4: Ein Bildschirmausschnitt zeigt die berechnete Fläche des abgebildeten Geländes (gelb) und die Bildzentren (rote Punkte).

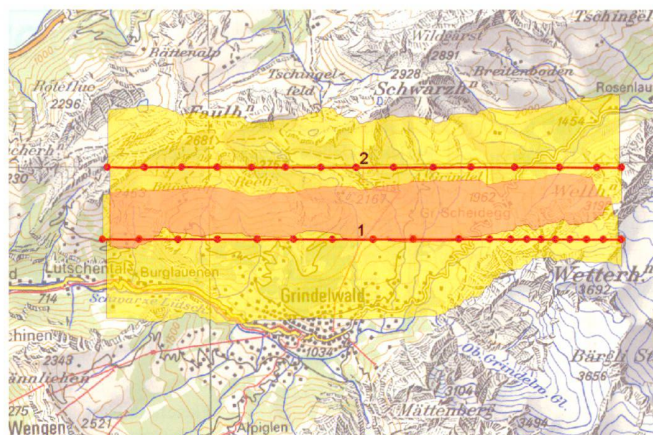


Abb. 5: Die rote Fläche zwischen den Fluglinien zeigt die berechnete Querüberlappung zwischen den benachbarten Fluglinien.

- Berechnungen mit Berücksichtigung des Geländes
- höchst komfortable Konstruktionswerkzeuge
- einfache, visuelle Änderung von bereits konstruierten Linien
- jede Änderung muss sofort seine Auswirkung auf die Bildanzahl, Streifenabdeckung und Querüberlappung zeigen
- jede Änderung muss seine Auswirkung auf die Projektkosten zeigen
- der Flugplan muss weitergereicht werden können an Kamerasysteme (wie ASCOT, CCNS), an grafische Systeme (Shape, DXF, TIFF) und an Tabellensysteme (Excel, Textfile). Vergleiche dazu Abbildung 3.

bezeichnen die Bildzentren. Ihr Abstand wird so berechnet, dass die Längsüberlappung im gesamten Stereobereich mindestens den verlangten Wert beträgt (normalerweise 60 Prozent). Die rote Fläche in Abbildung 5 verdeutlicht die Querüberlappung zwischen den benachbarten Fluglinien. Diese Darstellung erlaubt die einfache Überprüfung auf allfällige weitere Optimierungen.

Für die Zeilenmesskamera ADS40 und für Laserscanning wird einzig die Linieninformation benötigt.

## GPS gesteuerte Bildaufnahme

Die Koordinaten der Bildzentren für die Befliegung zu verwenden, liegt auf der Hand. ASCOT, CCNS und andere Systeme erlauben die Auslösung der Aufnahmen nach vorgängig eingegebenen Koordinaten. Die Zentrumskoordinaten wer-

den über eine definierte Schnittstelle in das Kameramanagementsystem übertragen. Von da an ist es Aufgabe der Rechner im Flugzeug, an den richtigen Positionen die Bilder zu schiessen. Die Zeilenkamera ADS40 und Laserscanner brauchen nur die Linien Anfangs- und Endpunkte.

## Erfahrungen aus der Praxis

Die ausgedehnten Bildflüge im Kanton Wallis bestätigten im Frühling 2003 die grossen Vorteile der Methode auch in schwierigstem Gelände. Die mit TopoFlight berechneten Koordinaten wurden in das CCNS4 System von Püntener Aerial Surveys übertragen und ohne Probleme geflogen. Swisstopo plant ihre Bildflüge mit TopoFlight. Sie hat ihre Befliegung im Frühling 2004 vollständig neu konzipiert. Die aus der Planung hervorgegangenen Bildzentren wurden in das ASCOT-System übertragen. Die Einzelauslösung er-

## Flugplanung und Gelände

Die Topografie, grosse Gewässer, Verkehrsachsen und Siedlungen bestimmen die Lage der Fluglinien wesentlich. Es ist ein riesiger Vorteil, wenn das Gelände von der Software berücksichtigt wird. Digitale Geländemodelle sind über grosse Flächen erhältlich. Für Bildflugzwecke sind die Genauigkeitsanforderungen an ein DTM gering. Eine Punktweite von etwa 200 Metern genügt im Normalfall. Der Einfluss der Topografie auf die Flugplanung ist am besten sichtbar in extremem Gelände (Abb. 4). Die gelbe Fläche zeigt die tatsächlich auf den Bildern ersichtliche Landschaft. Die roten Punkte

Geländetyp	Bildeinsparung %	Anzahl Bilder	Einsparung Bilder	Kosten pro Bild <sup>1</sup>	Einsparung Fr.
Hügelig	9%	2000	180	Fr. 100	Fr. 18 000
Gebirgig	22%	2000	440	Fr. 100	Fr. 44 000

<sup>1</sup> angenommene Minimalkosten für Diapositiv, inkl. Scanning und Aerotriangulation.

Tab. 1: Erfahrungswerte für die Einsparung von Bildern durch die automatische Bildauslösung.



wies sich als derart grosse Erleichterung, dass swisstopo nun ebenfalls ganz auf die manuelle Überdeckungsregelung verzichtet hat. Neben den angestrebten Verbesserungen im Arbeitsfluss haben sich in der Praxis weitere, unerwartete Vorteile ergeben. Ein Beispiel: Wenn innerhalb einer Linie der Film ausgeht, muss keine Warteschleife mehr eingeschaltet werden. Es wird einfach auf die zweite Kamera gewechselt. Während diese nun ihre Arbeit verrichtet, kann der Film gewechselt werden. So können auch längste Linien ohne Unterbruch geflogen werden. Die Genauigkeit der Bildauslösung ergibt sich

- in der Längsrichtung aus der Genauigkeit des GPS, also etwa zehn Meter
- in der Querrichtung aus der Präzision, mit welcher der Pilot das Flugzeug auf

Kurs hält. Diese liegt für hoch geflogene Aufnahmen mit vollständig automatischer Befliegung bei 90 Metern. Bei tief geflogenen Linien und manueller Steuerung werden etwa zehn Meter erreicht.

Besonders im Gebirge wurde früher eine hohe Längsüberlappung gewählt, um sicherzustellen, dass auf der Bergseite keine Stereolücken entstanden. Mit der neuen, computergestützten Lösung wird für jedes Bildpaar die Basis so bestimmt, dass die vorgegebene Längsüberlappung am höchsten Punkt im Stereobereich berechnet wird. Damit wird die Anzahl der Bilder optimiert.

Während oder unmittelbar nach dem Flug können die tatsächlich geflogenen Bildkoordinaten mit der Planung verglichen werden. Fehler werden von der Software

dokumentiert, es kann sofort nachgefliegen werden. Damit wurde eine der möglichen, gravierenden Fehlerquellen in der Bildbefliegung eliminiert.

Die nachfolgende Tabelle zeigt Erfahrungswerte aus unserer Firma. Im Gebirge fallen im Schnitt 22 Prozent weniger Bilder an. In hügeligem Gelände sind es noch neun Prozent und in der Ebene wird keine Reduktion erreicht.

Klaus Budmiger  
Flotron AG  
Gemeindemattenstrasse 4  
CH-3860 Meiringen  
budmiger@flotron.ch



Bilderfassung

Aerotriangulation

Datenerfassung

Digitale Geländemodelle

Orthophotogenerierung

**See the world with different eyes.**

Bei uns werden Ihre Visionen  
Wirklichkeit:

**inpho ist ein weltweit führender Hersteller und Anbieter von Qualitätsprodukten für die digitale Photogrammetrie. Wir bieten unseren Kunden innovative Technologie, effiziente Systeme und Komponenten sowie einen qualifizierten und kundenorientierten Support. Dies garantiert Ihnen eine herausragende Leistungsfähigkeit und Produktivität, auf die Sie zählen können.**

Nähere Informationen:  
inpho GmbH, Smaragdweg 1, 70174 Stuttgart, Germany  
+49-711-22 88 10, sales@inpho.de, www.inpho.de