

100 Jahre «Vermesserblick» von oben

Laut dem Bundesamt für Statistik wechseln pro Sekunde 1,3 Quadratmeter der Schweiz ihre Nutzungsklasse. Landwirtschaftsflächen verschwinden, während Siedlungs- und Waldflächen zunehmen. Diese rasante Veränderung der Landschaft wird durch swisstopo laufend dokumentiert. Dauerte es früher noch Jahrzehnte, um eine Landeskarte zu produzieren, lässt sich heute mit Flugzeugen jährlich ein Drittel der Schweiz neu erfassen. Diese Vermessungsmethode nahm vor genau 100 Jahren ihren Anfang, als die damalige Landestopografie und die Schweizer Luftwaffe den Flugdienst ins Leben riefen. Der Blick aus der Luft wird wohl auch in den nächsten 100 Jahren nicht verschwinden, denn Vermessungsflüge sind nach wie vor die effizienteste Methode. Seit dem grossem Sprung nach vorn haben sich Technologie und Arbeitsweise weiterentwickelt, wenn auch in viel kleinerem Masse. Einige Veränderungen finden gerade jetzt statt.

S. Hagmayer

Ein Bundesauftrag

Jedes Jahr nimmt der Flugdienst des Bundesamts für Landestopografie swisstopo etwa einen Drittel der Schweiz neu auf. Die Befliegungen finden alle drei Jahre

alternierend im Frühjahr und im Sommer/Herbst statt. Die Frühjahrs-Flüge beginnen, sobald der Boden schneefrei ist und enden, wenn die Bäume belaubt sind. Die Aufnahmen zeigen Details, die später von der Vegetation verdeckt sind. Die Bilder, die im Sommer entstehen, enthalten aufgrund des Sonnenstands die am wenigsten beschatteten Gebiete und wirken

aufgrund der grünen Vegetation natürlicher.

Aus den Luftaufnahmen entstehen in der Folge eine Vielzahl von Produkten, darunter das Orthophoto-Mosaik SWISS-IMAGE, das topografische Landschaftsmodell TLM und natürlich die klassische Landeskarte. Darüber hinaus erhebt der Flugdienst von swisstopo Daten im Auftrag Dritter, beispielsweise für GLAMOS/PERMOS, das Gletscher- und Permafrostmessnetz, um die Gletscherveränderungen zu beobachten. Auch bei Naturereignissen ist der Flugdienst in der Luft. swisstopo betreibt einen Pikettdienst und kann im Falle von Überschwemmungen, Waldbränden, Felsstürzen, oder anderen Naturereignissen mit Rapid-Mapping-Einsätzen zeitnah Luftaufnahmen vom Schadensgebiet erstellen.

Neue Kamera, altbekannte Technik

Anfang 2026 wurde das Kamerasystem ADS100 durch das neue Modell DMC-4S abgelöst, beide vom Hersteller Leica. Die ADS100, die seit 2017 im Einsatz war, ist im Gegensatz zur neuen Kamera ein

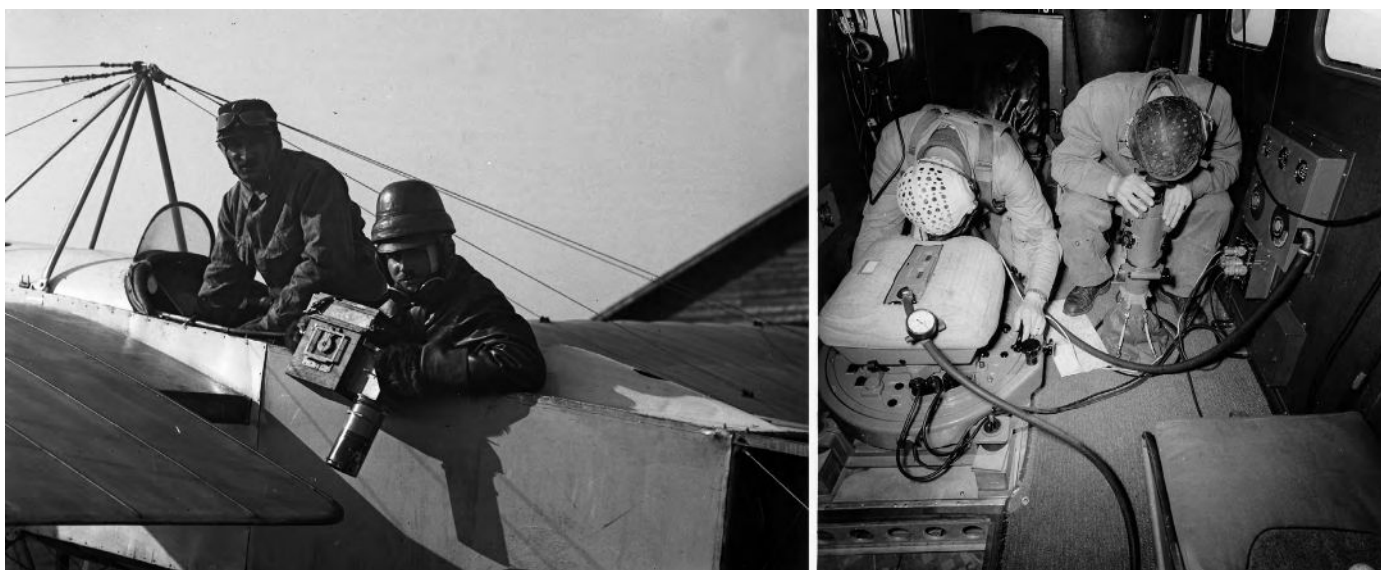


Abb. 1: Links: Die Anfänge der Vermessungsflüge in den 1920er-Jahren. Rechts: Vermessungsoperateur bei der Arbeit mit dem Kamerasystem RC5 im Flugzeug Beech-C-45-F in den 1950er-Jahren.

Fig. 1: Image de gauche: débuts des vols topographiques dans les années 20. À droite: opérateurs de mensuration au travail sur le système de caméra RC5 dans l'avion Beech-C-45-F dans les années 1950.

Fig. 1: A sinistra: i primordi dei voli di rilevamento negli anni '20. A destra: gli addetti alle misurazioni in azione con il sistema di telecamere RC5 sull'aereo Beech-C-45-F negli anni 1950.

Zeilensensor. Während einer Fluglinie entsteht ein zusammenhängender Bildstreifen, ähnlich wie bei einem Kopierscanner. Die Firma Sony hat als weltweit einziger Grossanbieter dieser CCD Zeilensensoren jedoch deren Weiterentwicklung eingestellt. Deshalb findet man in neueren Luftbildkameras wieder die Einzelbildsensoren CMOS, wie man sie auch von handelsüblichen Digitalkameras kennt.

Ab diesem Jahr nehmen die Vermessungsflugzeuge von swisstopo daher auf einer Fluglinie wieder ein Bild nach dem anderen auf. Die Einzelbilder haben eine grosse Überlappung und werden in einem späteren Arbeitsschritt zu einem Mosaik zusammengerechnet. Das ist für den Flugdienst nichts Neues, denn in den Anfangsjahren arbeiteten die Kamerasysteme nach dem gleichen Prinzip. Erst im Jahr 2005 führte swisstopo mit der ADS40 von Leica den ersten Zeilensensor und zugleich den ersten digitalen Sensor ein. Ursprünglich wurden die Bilder auf Glasplatten und später auf Film aufgenommen.

Beide Sensortypen haben ihre Vor- und Nachteile. swisstopo möchte einen der Vorteile des neuen Sensortyps nutzen: die Erstellung sogenannter True Orthophotos. Ein True Orthophoto (echtes Orthophoto) ist ein verzerrungsfreies, massstabsgetreues Luftbild, bei dem alle Objekte, einschliesslich Gebäude und Brücken, exakt in ihrer wahren Grundrisslage dargestellt werden. Im Gegensatz zu klassischen Orthofotos werden Verkippungen durch die Zentralprojektion eliminiert. Dies ermöglicht eine senkrechte Sicht auf den Boden ohne tote Winkel und ist ideal für hochpräzise Kartierungen in urbanen Räumen. Um das True Orthophoto berechnen zu können, braucht es eine sehr hohe Bildüberlappung. In Flugrichtung ist eine Überlappung von 80% geplant, quer zur Flugrichtung sind es mindestens 55%.

Neu ist auch, dass die Kamera fünf Linsen besitzt, dies ergibt mehr Pixel und es kann eine grössere Fläche abgedeckt werden. Zusammengerechnet ergeben sich so 31 520 Pixel quer zur Flugrichtung, vorher

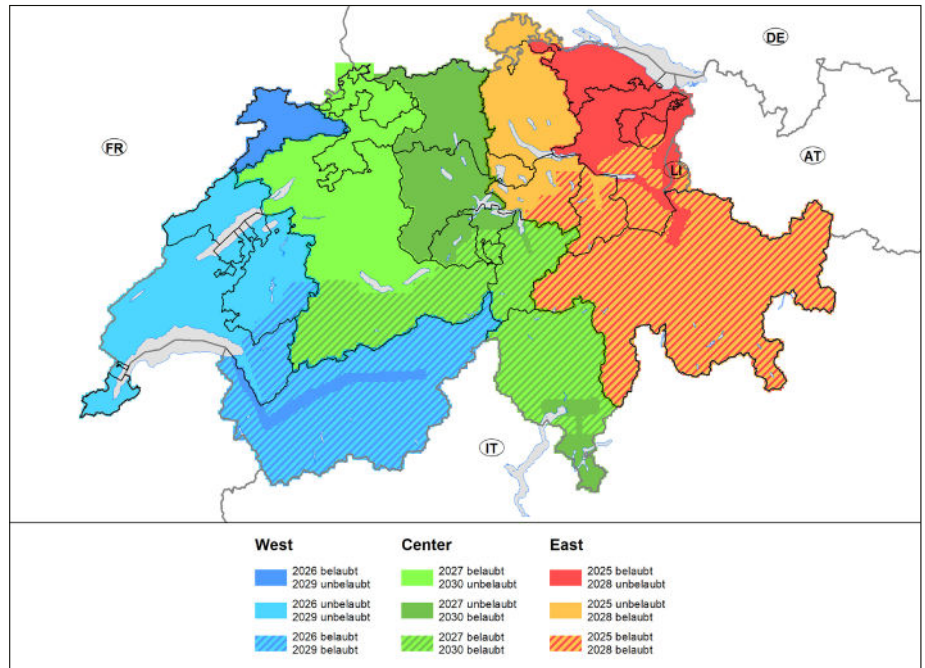


Abb. 2: Befliegungszyklus. Jedes Jahr wird eine der Regionen West, Mitte oder Ost befliegen und aufgenommen.

Fig 2: Cycle de vol: chaque année, une des trois régions suisses (région ouest, centrale et orientale) est survolée et photographiée.

Fig. 2: Ciclo di sorvoli. Ogni anno si sorvola e fotografa una delle 3 regioni: ovest, centro o est.

bei der ADS waren es noch ca. 20 000. Drei dieser Sensoren/Linsen sind RGB Kameras mit 150 Megapixel Auflösung, die zwei anderen nehmen das Nahinfrarot auf. Da im nahinfraroten Bereich nur zwei Sensoren eingebaut sind, ergibt sich eine leicht niedrigere Auflösung im NIR, und zwar im Verhältnis 1:1,6. Wenn der Flugdienst also Bilder in 10 cm RGB-Auflösung aufnimmt, hat der Nahinfrarotkanal nur eine Auflösung von 16 cm. Dem lässt sich aber mit einem klassischen Pan-Sharpening entgegenwirken.

Flugzeuge – fliegende Museumsstücke

Der Flugdienst nutzt seit 1976 für seine Luftaufnahmen eine De Havilland DHC6 Twin Otter und seit 1993 eine Beech 350 Super King Air. In der Vergangenheit fand eine Ablösung durch neuere Flugzeuge etwa alle 15 Jahre statt. Nun ist swisstopo seit 33 bzw. 50 Jahren mit den gleichen Mitteln in der Luft. Bessere Wartung und Upgrades machten dies möglich. Hier

wird sich aber vermutlich in absehbarer Zukunft eine Veränderung ergeben, denn auch das am besten gewartete Flugzeug erreicht irgendwann sein Lebensende. Eine Neubeschaffung würde die Wartungskosten zudem massiv senken. Wann und wie der Wechsel stattfinden wird, steht noch nicht fest. Fest steht aber, dass es wieder traditionelle Flächenflugzeuge und keine Drohnen oder Satelliten sein werden.

Satelliten – das Schweizer Wetter trübt den Blick

Die Luftbilder von swisstopo dürfen keine Wolken oder Wolkenschatten enthalten. Würden die Vermessungsflüge 1500 Kilometer weiter südlich stattfinden, wäre diese Anforderung nicht der Rede wert. Hier, in Kombination mit der Topografie von Alpen und Jura, ist dies jedoch eine echte Herausforderung. Selbst an einem schönen, warmen Sommertag ist es nahezu ausgeschlossen, dass sich in der hügeligen und bergigen Landschaft keine

100 Jahre swisstopo Flugdienst Jubiläum

Anlässlich des Jubiläums hat swisstopo die Geschichte des Flugdiensts aufgearbeitet. Dabei sind unzählige Bilder und Geschichten zum Vorschein gekommen, die in einem Jubiläumsband und einer Chronik verewigt werden. Mit drei Sondermarken der Post wird dem Flugdienst eine besondere Ehre zuteil. Mehr Informationen dazu finden Sie auf swisstopo.ch, im Onlineshop von swisstopo und auf swisstopohistoric.ch



Sondermarken für das 100-Jahre-Jubiläum des Flugdiensts von swisstopo (© Post CH Netz AG).

kleinen Quellwolken über den Berghängen bilden. Und genau hier zeigt sich der grösste Nachteil von Satelliten: Sie sind sehr unflexibel.

Satelliten umkreisen die Erde in mehr oder weniger fixen Orbits und nehmen das Bild am Tag X zur Zeit Y auf, egal ob es wolkenfrei ist oder nicht. Diesem Problem lässt sich mit mehr Satelliten entgegenwirken – mehr Bilder erhöhen die Chance auf ein gutes Bild. Dabei steigen aber auch die Kosten entsprechend. Eine Veränderung des Orbits ist ebenfalls möglich, erfordert aber den Einsatz von Treibstoff. Das hat jedoch einen hohen Preis, denn die Lebensdauer des Satelliten wird dadurch verkürzt. Die meisten bildgebenden Satelliten können auch schwenken und so «zur Seite schauen», meist in einem Bereich von etwa $\pm 40^\circ$. Sie müssen also nicht exakt über dem Zielgebiet positioniert sein, um ein Bild aufnehmen zu können. Aufgrund der Schrägansicht sind aber so gewonnene Oblique-Aufnahmen für Kartierungen nicht ideal und die Auflösung wird exponentiell schlechter mit zunehmendem Off-Nadir-Winkel. Ein Bild mit einer Auflösung von 10 cm, wie aus dem Flugzeug, ist mit den heutigen kommerziellen Satelliten kaum zu erreichen,

nicht zuletzt, weil die Kamera durch hunderte Kilometer Atmosphäre «schaut», was die Bildqualität verschlechtert.

Drohnen – wo liegen die Vorteile?

Offensichtlich sind Kleindrohnen aufgrund ihrer begrenzten Leistung keine Alternative für eine vollflächige Vermessung der Schweiz. Würde man hunderte davon einsetzen, wären Aufwand und Datenmenge exorbitant hoch. Bei grossen Systemen wie militärischen ISR-Drohnen könnte die Flächenleistung – je nach Modell – zwar ausreichen. Letztendlich ist es aber immer eine Frage von Kosten und Nutzen.

Unbemannte Drohnen sind sinnvoll, wenn die Absturz- bzw. Abschussgefahr gross ist. In einem friedlichen Vermessungskontext verbessert sich dadurch jedoch weder die Effizienz noch sinken die Kosten. Im Gegenteil: Grosse Drohnen haben oft weitaus höhere Betriebskosten als etablierte, massenproduzierte Propellerflugzeuge. Hinzu kommt der Vorteil, dass Pilot und Vermessungsoperator an Bord sind und laufend die Wetterverhältnisse und die Lage im Luftraum beurteilen

können. Aus Sicht von swisstopo sind Flugzeuge, wie sie momentan eingesetzt werden, die kostengünstigste Variante, um die Schweiz in der geforderten Qualität und Quantität zu vermessen.

Fazit

Nach dem grossen Sprung vor 100 Jahren hat sich an den Grundprinzipien der Luftbildvermessung und Photogrammetrie nicht mehr viel verändert. Die Landschaft der Schweiz unterliegt jedoch einem stetigen Wandel, weshalb diese kontinuierliche Arbeit notwendig ist. Denn sobald die Bilder geschossen sind, sind sie schon wieder veraltet. Hier setzt swisstopo seine Schwerpunkte und formuliert seine Ziele für die Zukunft: die Schweiz noch schneller zu vermessen.

Simon Hagmayer
Flugdienst, Bundesamt
für Landestopografie
Militärflugplatz Dübendorf
CH-8600 Dübendorf
simon.hagmayer@swisstopo.ch

La Suisse vue d'en haut: 100 ans de mensuration aérienne

Selon l'Office fédéral de la statistique, chaque seconde 1,3 m² de terrain change d'affectation en Suisse. Les surfaces agricoles disparaissent tandis que les surfaces urbanisées et les aires forestières augmentent. Ces évolutions très rapides font l'objet d'un suivi continu par l'Office fédéral de topographie swisstopo, qui utilise des avions pour photographier le paysage, à raison d'un tiers du territoire par an. Auparavant, la production d'une carte nationale s'étalait sur plusieurs décennies. Cette méthode de mensuration est née il y a précisément un siècle avec la création, par l'Office fédéral de topographie et les Forces aériennes suisses, du service de vol. La photographie aérienne continuera à nous accompagner dans les cent prochaines années, car les vols topographiques restent la méthode la plus efficace pour acquérir des données. Depuis l'avènement de cette technologie, les méthodes de travail ont continué d'évoluer lentement, mais depuis peu, la mensuration aérienne connaît des transformations techniques notables.

S. Hagmayer

Une tâche de la Confédération

Le service de vol de l'Office fédéral de topographie swisstopo survole et photographie environ un tiers de la superficie totale

de la Suisse chaque année. Les vols d'imagerie ont lieu tous les trois ans alternativement au printemps, en été et à l'automne. Au printemps, les prises de vue débutent dès que la neige a fondu et s'achèvent quand les arbres sont en feuilles. Les images aériennes de printemps font apparaître des détails que la végétation recouvrira par la suite. Les images prises en été

ont une apparence plus naturelle en raison de la végétation. De plus, ce sont celles qui présentent le moins de zones d'ombre en raison de la position du soleil.

Parmi les produits générés grâce à ces prises de vues aériennes figurent entre autres la mosaïque d'orthophotos SWISS-IMAGE, la mise à jour du modèle topographique du paysage (MTP) sans oublier la carte nationale. Le service de vol de swisstopo intervient également à la demande de tiers, comme le réseau des relevés glaciologiques suisse (GLAMOS) et le réseau suisse d'observation du pergélisol (PERMOS). L'acquisition de données sert alors à cartographier sur le temps long la transformation des glaciers dans les Alpes suisses. Les missions du service de vol comprennent également des vols d'imagerie en cas d'événements naturels. Swisstopo assure un service de piquet et peut, en cas d'inondations, feux de forêt, d'éboulements ou tout autre événement naturel, mettre à disposition rapidement des images aériennes de la zone sinistrée (Rapid-Mapping).

De nouveaux appareils, une technique ancienne

Début 2026, le DMC-4S a remplacé le capteur d'imagerie aéronautique ADS100

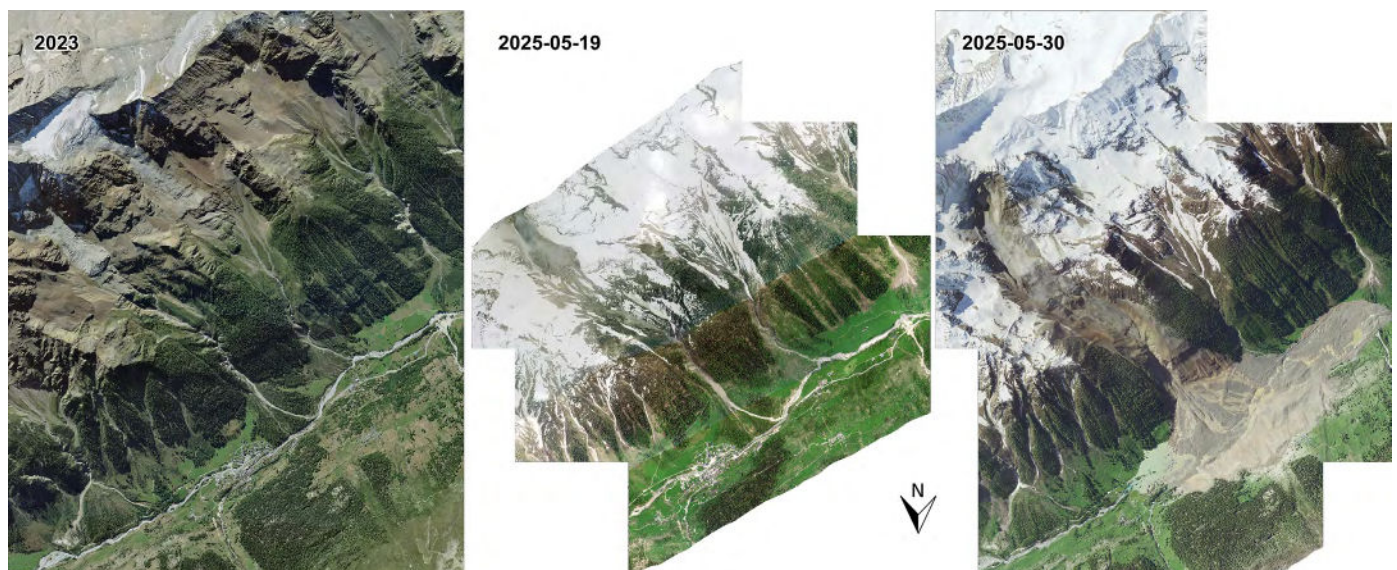


Fig.3: Mosaïque d'orthophotos de Blatten avant, pendant et après l'éboulement.

Abb. 3: Orthofotomosaïke von Blatten vor, während und nach dem Bergsturz.

Fig. 3: Mosaico di ortofoto di Blatten prima, durante e dopo la frana.

(tous deux de marque Leica). Contrairement au nouveau modèle, la caméra numérique ADS100 en service depuis 2017 est un capteur CCD qui, à la manière d'un scanner, balaye le terrain par bandes d'images pendant une ligne de vol. Mais Sony, unique fournisseur mondial de capteurs linéaires CCD, a cessé le développement de ces appareils et les caméras numériques récentes utilisées pour la photographie aérienne comportent des capteurs CMOS similaires à ceux qui équipent les appareils photo numériques du commerce.

À partir de cette année, les images aériennes de swisstopo seront donc de nouveau acquises l'une après l'autre sur une ligne de vol. Les prises de vue individuelles présentent un recouvrement important et sont agrégées ultérieurement pour former une mosaïque. Cette manière de procéder n'est pas nouvelle pour le service de vol, car le système de caméra initial fonctionnait déjà ainsi. Ce n'est qu'en 2005 que swisstopo a introduit concomitamment le premier capteur à lignes ADS40 de Leica et le premier cap-

teur numérique. À l'origine, les images étaient fixées sur des plaques en verre, avant que la pellicule ne s'impose.

Ces deux types de capteurs présentent des avantages et des inconvénients. swisstopo aimerait exploiter l'une des forces du nouveau capteur: la production de «True Ortho photos». Ce terme désigne une vue aérienne sans distorsion de perspective à échelle réelle, sur laquelle tous les objets, y compris les bâtiments et les ponts, apparaissent exactement tels qu'ils sont sur le terrain. Contrairement

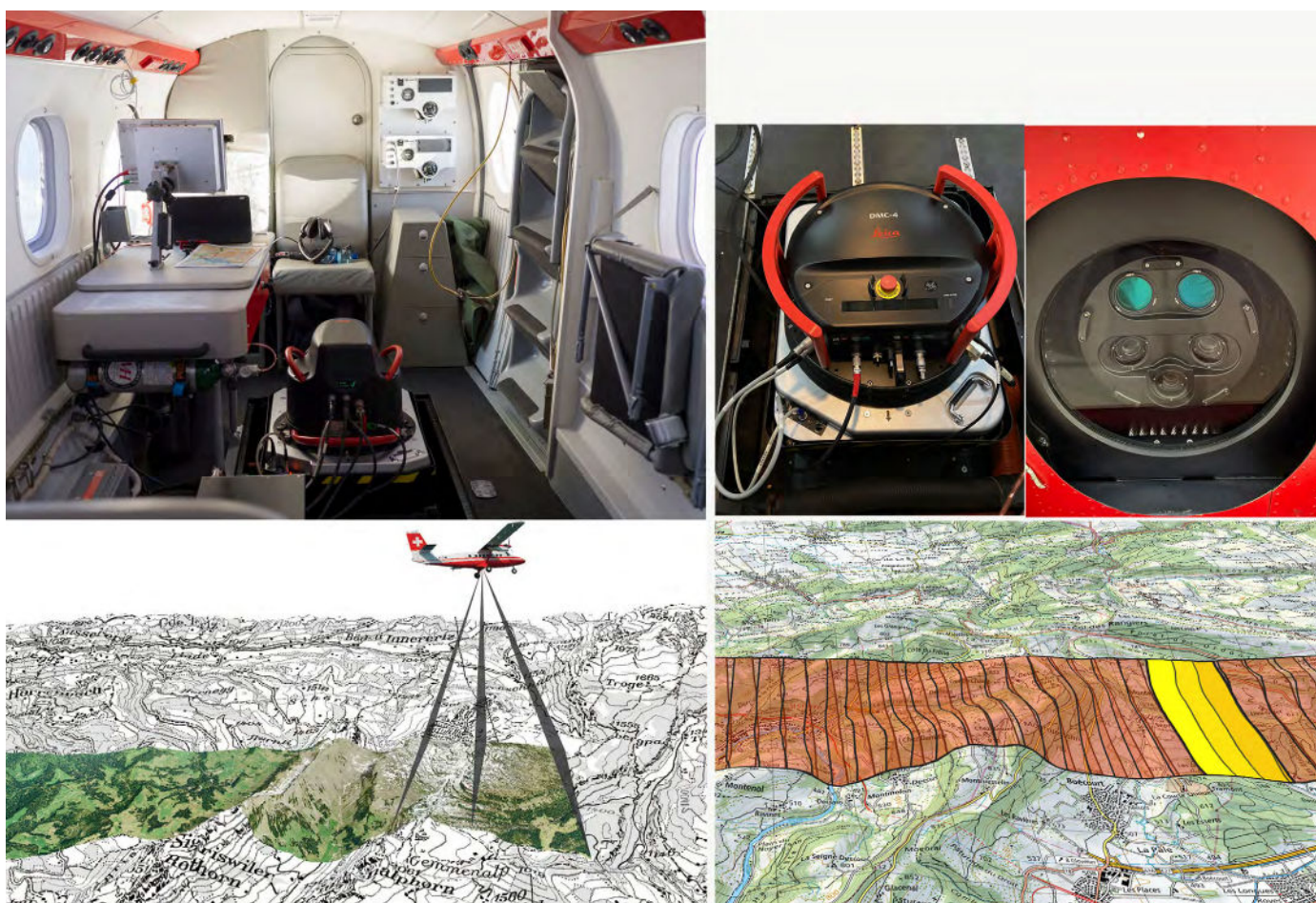


Fig. 4: À gauche: capteur à lignes ADS 100 et principe de fonctionnement. À droite: le nouveau capteur photogrammétrique DMC-4S permet une acquisition d'une série de clichés uniques (l'empreinte de chaque cliché apparaît en jaune). Le capteur possède cinq lentilles, dont trois servent pour les prises de vue en couleur RGB. Les deux autres servent à acquérir des images en infrarouge proche.

Abb. 4: Links: ADS100 und ihr Aufnahmeprinzip als Zeilensensor. Rechts: Die neue DMC-4S nimmt eine Reihe von Einzelbildern auf (der Footprint eines Einzelbildes ist gelb markiert). Die Kamera besitzt fünf Linsen, drei davon dienen zur Aufnahme von RGB-Echtfarbenbildern, die anderen beiden zur Aufnahme von Nahinfrarotbildern.

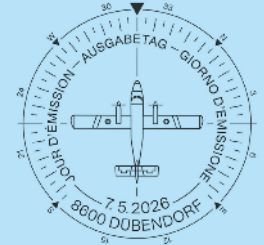
Fig. 4: A sinistra: l'ADS100 e il suo principio di rilevamento come sensore lineare. A destra: la nuova DMC-4S scatta una serie di singole immagini (l'impronta di una singola immagine è contrassegnata in giallo). La fotocamera dispone di cinque lenti, tre delle quali servono per le riprese delle immagini RGB a colori reali, mentre le altre due servono per scattare le immagini nel vicino infrarosso.

Les 100 ans du service de vol swisstopo

À l'occasion de ce centenaire, swisstopo a collecté d'innombrables photos et témoignages. Ces contributions viendront illustrer un album anniversaire et alimenter une chronique retraçant l'histoire du service de vol. La Poste suisse rend par ailleurs un hommage particulier au service de vol en émettant trois timbres spéciaux. Plus d'informations sur www.swisstopo.ch, dans la boutique en ligne de swisstopo et sur www.swisstopohistoric.ch.



Timbres-poste spéciaux pour le centenaire du service de vol de swisstopo (© Post CH Netz AG).



aux orthophotos classiques, les orthophotos vraies ne présentent pas de déformations. Celles-ci sont éliminées grâce à la projection centrale. Ce type d'image permet en outre de redresser verticalement le terrain en éliminant les angles morts. Il se prête donc particulièrement bien à la cartographie de haute précision en zone urbaine. Pour calculer une vraie orthophoto, le recouvrement doit être très important. Dans le sens du vol, un recouvrement de 80% est attendu, perpendiculairement à la direction du vol, la valeur doit atteindre 55% minimum. Autre nouveauté, le capteur possède cinq lentilles, ce qui augmente le nombre de pixels et garantit une plus grande couverture. La résolution totale atteint 31 520 pixels perpendiculairement à la direction du vol. Avec l'ADS, elle s'élevait à 20 000 pixels environ. Trois de ces lentilles sont des capteurs de couleur RGB avec une résolution de 150 MP. Les deux autres acquièrent les images en infrarouge proche. Avec seulement deux capteurs installés dans la zone du proche infrarouge, la résolution est légèrement plus faible dans le RIN (ratio de 1:1,6). Par conséquent, quand le service de vol acquiert des images avec une résolution RGB au sol de 10 cm, le canal de résolution en infrarouge proche n'est que de 16 cm. On peut toutefois y remédier en

utilisant une méthode classique d'amélioration de la netteté panchromatique.

Les avions, des pièces de musée volantes

Le service de vol utilise deux avions bimoteurs pour l'acquisition de ses prises de vue: le De Havilland DHC6 Twin Otter (depuis 1976) et le Beech 350 Super King Air (depuis 1993). Par le passé, le remplacement des avions intervenait tous les 15 ans, mais une meilleure maintenance et des adaptations régulières ont permis à swisstopo de conserver ces engins 33, voire 50 ans après leur mise en service. La situation devrait toutefois évoluer prochainement, car même l'avion le mieux entretenu atteint un jour sa limite d'âge. En outre, une nouvelle acquisition réduirait considérablement les frais de maintenance. Si les modalités de cet achat sont encore floues, une chose est certaine: il s'agira d'avions traditionnels et non de drones ou de satellites.

Satellites, quand la météo suisse obscurcit l'horizon

Les photos aériennes de swisstopo ne doivent présenter ni nuage ni ombre de nuage. Si les vols topographiques avaient lieu 1500 km plus au sud, cela ne poserait

aucun problème. Or, les conditions météorologiques et la topographie des Alpes et du Jura, rendent ces prises de vue délicates, car il est très rare qu'aucun cumulus n'obscurcisse le versant d'une montagne ou d'un vallon, même lors d'une belle et chaude journée d'été. Et c'est là que les satellites montrent leurs limites: ils manquent de souplesse et s'adaptent difficilement à ce relief accidenté.

En effet, les satellites gravitent autour de la Terre sur des orbites plus ou moins fixes. Ils acquièrent les prises de vue le jour J à un instant T, qu'il y ait des nuages ou non. Pour remédier à ce problème, il est possible de multiplier les satellites, car la probabilité d'obtenir un résultat de qualité augmente avec le nombre de prises de vue, avec pour corollaire une augmentation des coûts. Modifier l'orbite est également envisageable, mais une telle intervention requiert du carburant et réduit la durée de vie du satellite. Par ailleurs, la plupart des satellites d'imagerie sont soumis à des oscillations et peuvent «regarder sur le côté», généralement avec une inclinaison de +/-40°. Il n'est donc pas indispensable qu'ils soient situés juste au-dessus de la zone d'intérêt pour capturer une image. Cependant, l'inclinaison rend les images obliques obtenues difficilement exploitables en cartographie et

leur résolution se détériore de manière exponentielle à mesure que l'angle hors nadir augmente. Obtenir une image avec une résolution de 10 cm (comme celle obtenue depuis un avion) est donc pratiquement impossible avec les satellites commerciaux actuels, notamment parce que le capteur doit «traverser» des centaines de kilomètres d'atmosphère, ce qui détériore la qualité de l'image.

Les drones: quels avantages?

De toute évidence, les petits drones ne sont pas adaptés pour la mensuration aérienne en raison de leurs performances limitées. Pour cartographier le territoire suisse de manière exhaustive, il faudrait utiliser des centaines d'appareils, ce qui entraînerait une explosion des données à traiter et des coûts. Certains modèles plus

imposants, comme les drones militaires pour missions ISR, permettraient de couvrir une surface suffisante. Mais la question du rapport coût-utilité demeure.

Les drones sans pilotes sont utiles quand le risque de se faire abattre ou de chuter est élevé. Mais dans un contexte pacifique, l'emploi de tels appareils pour la mensuration n'améliore pas l'efficacité et ne baisse pas les coûts, au contraire. Les grands drones ont souvent des coûts d'exploitation bien plus élevés que les avions à hélices courants et produits à grande échelle. Un autre avantage des avions réside dans la présence à bord d'un pilote et d'un opérateur de mensuration capables d'évaluer en continu les conditions météorologiques et l'espace aérien. Pour swisstopo, les avions utilisés actuellement restent la solution la plus économique pour que la mensuration en Suisse respecte les normes de qualité et de quantité.

Conclusion

Depuis les avancées du début du vingtième siècle, les principes fondamentaux de la photogrammétrie et de la mensuration aérienne n'ont pas beaucoup changé, contrairement au paysage suisse. Cette évolution perpétuelle rend nécessaire le suivi régulier assuré par le service de vol dont les images, à peine capturées, sont déjà dépassées. C'est là tout le sens de l'action que mène swisstopo dont l'ambition est d'accroître la cadence des opérations de mensuration du pays.

Simon Hagmayer
Service de vol, Office fédéral
de la topographie
Base aérienne de Dübendorf
CH-8600 Dübendorf
simon.hagmayer@swisstopo.ch

100 anni di misurazione a volo d'uccello

Ogni secondo 1,3 metri quadrati della Svizzera cambiano la loro classe destinazione, afferma l'Ufficio federale di statistica. Le superfici agricole scompaiono, mentre le superfici forestali e quelle di insediamento prendono sempre più piede. Questa rapida trasformazione del paesaggio è costantemente documentata da swisstopo. Se in passato si impiegavano decenni per produrre una carta geografica nazionale, oggi gli aerei consentono di rilevare ogni anno un terzo della Svizzera. Questo metodo di rilevamento ha visto i primordi esattamente 100 anni fa, quando l'allora Topografia nazionale e le Forze aeree svizzera hanno istituito il servizio di volo. Le riprese aeree sono comunque destinate ad accompagnarci anche nei prossimi 100 anni poiché questo tipo di immagini continua a rimanere il metodo di misurazione più efficiente. Dai primordi di questa svolta radicale si può affermare che la tecnologia e le modalità di lavoro hanno subito delle trasformazioni, ma si tratta di trasformazioni alquanto contenute. Tuttavia, si denota che proprio in questo momento si registra un'accelerazione dei cambiamenti.

S. Hagmayer

Un incarico federale

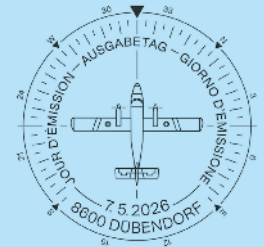
Ogni anno il servizio di volo dell'Ufficio federale di topografia swisstopo effettua nuovi rilevamenti su circa un terzo del territorio della Svizzera. I voli delle riprese aeree sono effettuati ogni tre anni, alternandoli tra la primavera, l'estate e l'autunno. I voli primaverili iniziano non appena il terreno è sgombero dalla neve e terminano quando sugli alberi sono spuntate le foglie. Le riprese primaverili presentano dei dettagli che in seguito verranno nascosti dalla vegetazione. Le immagini scattate in estate, grazie alla posizione del sole, presentano meno

100 anni del servizio di volo di swisstopo

In occasione del centenario, swisstopo ha ripercorso la storia del servizio di volo. Sono emerse innumerevoli immagini e storie che sono state immortalate in un volume commemorativo e in una cronaca. La Posta Svizzera ha omaggiato il servizio aereo emettendo tre francobolli commemorativi. Maggiori informazioni sono disponibili su swisstopo.ch, nel negozio online di swisstopo e su swisstopohistoric.ch.



Francobolli speciali per il centenario del servizio aereo di swisstopo (© Post CH Netz AG).



ombreggiature e risultano più naturali, grazie alla vegetazione verde.

Le riprese aeree danno origine a una vasta gamma di prodotti, tra cui il mosaico di ortofoto SWISSIMAGE, il modello topografico del paesaggio MTP e, naturalmente, la classica carta geografica nazionale. In aggiunta, il servizio di volo di swisstopo raccoglie dati per conto di terzi, ad esempio per GLAMOS/PERMOS, la rete di misurazione dei ghiacciai e del permafrost, al fine di osservare i cambiamenti dei ghiacciai. Il servizio di volo si attiva anche in caso di eventi naturali. swisstopo gestisce un servizio di picchetto e, in caso di inondazioni, incendi boschivi, frane o altre catastrofi naturali, è in grado di realizzare tempestivamente riprese aeree a mappatura rapida dell'area impattata.

Nuova telecamera, tecnologia arcinota

All'inizio del 2026 il sistema di telecamera ADS100 è stato sostituito dal nuovo modello DMC-4S, entrambi prodotti dalla Leica. A differenza della nuova telecamera, l'ADS100 in uso dal 2017 è un sensore lineare. Durante una linea di volo viene creata una striscia di immagini continua, simile a quella dello scanner della fotocopiatrice. Tuttavia, Sony, l'unico grande fornitore mondiale di questi

sensori lineari CCD, ne ha interrotto il loro sviluppo. Di conseguenza, nelle fotocamere aeree più recenti si trovano nuovamente i sensori CMOS a immagine singola, come quelli che si trovano nelle fotocamere digitali disponibili in commercio.

A partire da quest'anno, gli aerei da rilevamento di swisstopo scattano quindi di nuovo una foto dopo l'altra su una linea di volo. Le singole immagini presentano una grande sovrapposizione e sono unite in un mosaico in una successiva fase di lavoro. Non si tratta di una novità per il servizio di volo poiché nei primi anni i sistemi delle fotocamere funzionavano secondo lo stesso principio. Nel 2005 swisstopo ha introdotto l'ADS40 della Leica, dotata del primo sensore lineare e in parallelo anche del primo sensore digitale. Inizialmente le immagini venivano fissate su lastre di vetro e in seguito su pellicola.

Entrambi i tipi di sensori presentano vantaggi e svantaggi. swisstopo desidera, per l'appunto, sfruttare proprio uno dei vantaggi del nuovo tipo di sensore: la creazione delle cosiddette true orthofoto (ortofoto reali). Un'ortofoto reale è un'immagine aerea priva di distorsioni e in scala reale, su cui tutti gli oggetti, compresi gli edifici e i ponti, sono rappresentati esattamente nella loro posizione reale. A differenza delle ortofoto

classiche, si eliminano le inclinazioni, grazie alla proiezione centrata sull'asse. Questo consente una visione verticale del suolo senza angoli morti ed è ideale per la mappatura di alta precisione nelle aree urbane. Per poter calcolare la ortofoto reale è necessaria una sovrapposizione delle immagini molto elevata. Nella direzione di volo è prevista una sovrapposizione dell'80%, mentre trasversalmente alla direzione di volo si prospetta una sovrapposizione almeno del 55%.

Un'altra novità sta nel fatto che la fotocamera è dotata di cinque lenti, il che si traduce in un numero maggiore di pixel e nella possibilità di coprire un'area più ampia. In totale si ottengono 31 520 pixel trasversalmente alla direzione di volo, mentre in precedenza con l'ADS i pixel erano solo approssimativamente 20 000. Tre di questi sensori e lenti sono delle fotocamere RGB con una risoluzione di 150 megapixel, mentre gli altri due registrano il vicino infrarosso. Poiché nella gamma del vicino infrarosso sono installati solo due sensori, la risoluzione nel NIR è leggermente inferiore, in un rapporto di 1:1,6. Quindi, se il servizio di volo acquisisce immagini con una risoluzione RGB per 10 cm, il canale del vicino infrarosso ha una risoluzione di soli 16 cm. Tuttavia, questo può essere contrastato con un classico pan-sharpening.

Aerei: pezzi da museo volanti

Dal 1976 il servizio di volo utilizza per le sue riprese aeree un velivolo De Havilland DHC6 Twin Otter e dal 1993 un Beech 350 Super King Air. In passato, ogni 15 anni i velivoli venivano sostituiti con modelli più recenti. Oggi swisstopo vola con gli stessi velivoli da 33, rispettivamente da 50, anni. Questo è stato possibile grazie a una migliore manutenzione e ad aggiornamenti dei sistemi. Tuttavia, è probabile che nel prossimo futuro siano apportate delle modifiche visto che anche ogni aereo – anche se sottoposto a manutenzione esemplare – prima o poi raggiunge la fine del suo ciclo di vita. Inoltre, un nuovo acquisto ridurrebbe notevolmente i costi di manutenzione. Non è ancora chiaro come e quando

avverrà il cambiamento. Finora una sola cosa è certa: si tratterà nuovamente di velivoli ad ala fissa e non di droni o satelliti.

Satelliti: il meteo svizzero offusca la vista

Le riprese aeree di swisstopo devono essere prive di nuvole o ombre di nuvole. Questo requisito sarebbe inconsistente se i voli di rilevamento avvenissero 1500 chilometri più a sud. Invece la topografia delle Alpi e del Giura rappresenta una vera e propria sfida perché è praticamente impossibile che, anche in una bella e calda giornata estiva, sul paesaggio collinare e montuoso non si formino piccole nuvole sui pendii delle montagne. Ed è proprio qui che spunta il tallone d'Achille dei satelliti: sono molto poco flessibili.

I satelliti gravitano intorno alla Terra in orbite più o meno fisse e scattano la foto nel giorno X all'ora Y, indipendentemente dal fatto che il cielo sia sereno o meno. Questo problema può essere contrastato con un numero maggiore di satelliti: un numero maggiore di scatti aumenta la possibilità di ottenere una buona foto, elemento che implica però un incremento dei costi. Come alternativa si potrebbe modificare l'orbita, ma questo presuppone l'uso di carburante, facendo qui lievitare i costi e riducendo la durata di vita del satellite. Inoltre, la maggior parte dei satelliti di imaging possono essere esposti a oscillazioni e quindi «guardare di lato», di solito con una variazione di circa $\pm 40^\circ$. Se ne deduce che non devono per forza essere posizionati esattamente sopra l'area del target per poter scattare una foto. Però a causa della prospettiva obliqua, le im-



Fig. 5: Twin Otter e Super King Air, i due aerei di rilevamento di swisstopo sopra la loro base a Dübendorf.

Abb. 5: Twin Otter und Super King Air, die beiden Vermessungsflugzeuge von swisstopo, über ihrer Basis in Dübendorf.

Fig. 5: Twin Otter et Super King Air, les deux avions de mensuration à la base aérienne de Dübendorf.

magini oblique risultanti non sono ideali per la cartografia e la risoluzione peggiora in modo esponenziale con l'aumentare dell'angolo fuori nadir. Un'immagine con una risoluzione di 10 cm, come quella ottenuta da un aereo, è difficilmente realizzabile con i satelliti commerciali odierni, non da ultimo perché la telecamera deve attraversare centinaia di chilometri di atmosfera e questo peggiora la qualità dell'immagine.

Droni: quali sono i vantaggi?

I droni piccoli, con le loro prestazioni limitate, non sono un'alternativa per il rilevamento completo della Svizzera. Se ne dovrebbero impiegare centinaia, il che genererebbe costi esorbitanti e quantità abnormi di dati. Nel caso di sistemi di grandi dimensioni, come i droni militari ISR, la capacità di copertura potrebbe essere sufficiente, a dipendenza del mo-

dello. Ma alla fin fine è sempre una questione di costi e benefici.

I droni senza pilota sono utili quando si ha un elevato rischio di caduta o abbattimento. In un contesto di pace questo genere di rilevamento non migliora però né l'efficienza né si riducono i costi. Anzi, il contrario vale: i droni di grandi dimensioni hanno spesso costi operativi molto più elevati rispetto ai tradizionali aerei a elica prodotti in serie. A ciò si aggiunge il vantaggio che il pilota e l'operatore di rilevamento sono tutto il tempo a bordo e possono valutare costantemente le condizioni meteorologiche e la situazione nello spazio aereo. Secondo swisstopo, gli aerei attualmente in uso sono l'opzione più economica per rilevare la Svizzera con la qualità e la quantità richieste.

Conclusione

Dopo il grande passo in avanti fatto 100 anni fa, non si sono più registrati cambia-

menti significativi nei principi fondamentali della misurazione aerea e della fotogrammetria. Questi rilevamenti continui sono tuttavia necessari visto che il paesaggio svizzero è in continua evoluzione, ritrovandosi nella situazione assurda che appena si scattano le immagini, già risultano superate. Proprio in questo senso swisstopo ha fissato le sue priorità e formulato i suoi obiettivi per il futuro: misurare la Svizzera ancora più rapidamente.

Simon Hagmayer
Servizio di volo, Ufficio federale
di topografia
Aeroporto militare di Dübendorf
CH-8600 Dübendorf
simon.hagmayer@swisstopo.ch