

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 44 (1946)

Heft: 2

Artikel: Das Statoskop im Flugzeug

Autor: Brenneisen, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-203894>

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: 14.01.2026

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

Hälfte der Fläche zwischen 2 Höhenkurven ausmacht, so daß hierfür noch die Neigungen:

$$\frac{1}{2} \frac{a}{F_{01}} \frac{L_0 + L_1}{2} \text{ sowie } \frac{1}{2} \frac{a}{F_{nn+1}} \frac{L_n + L_{n+1}}{2}$$

zu berücksichtigen sind.

L_0 und L_{n+1} , welche außerhalb des Gebietes liegen, werden am besten durch L_1 und L_n ersetzt, so daß diese Neigungen die Werte:

$$\frac{L_1}{2} \frac{a}{F_{01}} \text{ und } \frac{L_n}{2} \frac{a}{F_{nn+1}} \text{ annehmen.}$$

Für die mittlere Neigung eines willkürlich begrenzten Gebietes erhält man somit:

$$\underline{N_m = \frac{a}{F} \sum_{i=1}^n (L_i)}$$

In Worten: Die mittlere Neigung eines Gebietes ist gleich dem Produkt aus dem Verhältnis $\frac{\text{Aequidistanz}}{\text{Totale Fläche}}$ und der Längensumme der Höhenkurven.

Das Resultat wird umso genauer, je besser die Kurven die Charakteristik des Geländes erfassen; ferner soll eine gewisse Anzahl Höhenkurven zur Verfügung stehen, da bei wenig Kurven eine solche, die z. B. zufällig innerhalb des Randes verläuft, die größere Verfälschung des Resultates verursachen kann, als bei einer größeren Anzahl von Höhenkurven.

Für Überschlagsrechnungen können natürlich auch nur wenige Kurven zur Verwendung gelangen, wobei einfach die entsprechend größere Äquidistanz einzuführen ist.

(Schluß folgt)

Das Statoskop im Flugzeug

Von Dipl. Ing. M. Brenneisen

Verschiedene Publikationen befaßten sich im vergangenen Jahr in dieser Zeitschrift mit dem Problem „Folgebildanschluß mit Statoskopangaben“. Außerdem gibt eine besondere Veröffentlichung des Geodätischen Institutes der E. T. H. Aufschluß über die Ergebnisse des neuesten Versuches dieser Art.

Dem Leser dieser Ausführungen mögen die verschiedenen Auffassungen über das Statoskop und die Anwendung seiner Angaben aufgefallen sein. Allgemein wird festgestellt, daß man über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit dieser Angaben noch nicht voll orientiert ist und eine Abklärung durch Versuche notwendig erscheint. Solche Versuche wurden am Photogrammetrischen Institut der E. T. H. durch Prof. Dr. Zeller durchgeführt. Über die Ergebnisse ist noch nichts bekannt geworden, da die Versuche noch nicht abgeschlossen sind.

Als Mitglied der Flugzeugbesatzung der Landestopographie, die die Streifen- und Versuchsflüge mit Statoskop durchführte, möchte der Schreibende im folgenden einige Beobachtungen darlegen, die mit den oben angeschnittenen Fragen im Zusammenhang stehen.

Einleitend sei kurz Prinzip und Arbeitsweise des Statoskopes skizziert, trotzdem es sich um eine Wiederholung von früheren Beschreibungen handelt.

Es betrifft einen Feinhöhenmesser, beruhend auf dem Prinzip der barometrischen Höhenmessung, der in der Aufnahmehöhe eingeschaltet wird und dort nicht absolute Drucke bzw. Höhen, sondern Druck- bzw. Höhendifferenzen als Abweichungen von der Sollaufnahmehöhe angibt.

Die technische Lösung zeigt ein feines U-Rohr, zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllt, dessen eine freie Öffnung mit der Außenluft in Verbindung steht, während die andere Öffnung in ein Gefäß führt, das bei Beginn der Messungen luftdicht verschlossen wird. Die Stellung der Säule im U-Rohr wird synchron mit der Verschlußbetätigung der Vermessungskamera photographisch festgehalten. Eine Änderung des Außendruckes bewirkt eine Verschiebung der Säule. Ihr Spielraum erlaubt eine Höhenabweichung von maximal ± 35 m. Dies stellt eine äußerst kleine Toleranz dar, deren Einhaltung nur bei ruhigem Wetter möglich ist und von der Besatzung hohe Konzentration verlangt, besonders wenn man bedenkt, daß dies nur einer der vielen Punkte ist, auf die sie ihre Aufmerksamkeit zu richten hat. Bei einer Ablesegenauigkeit von $\frac{1}{10}$ Pars erhalten wir die Höhendifferenzen auf ca. 0,3 m genau. Es sei deshalb festgehalten, daß hier sehr geringe Druckdifferenzen registriert werden, deren Größenordnung wir bei den nachfolgenden Betrachtungen im Auge behalten wollen.

Um die registrierten Druckdifferenzen mit Höhendifferenzen identifizieren zu können, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Die auf die freie Öffnung des Statoskopes wirkenden Druckdifferenzen müssen ohne Verzögerung und Verfälschung angezeigt und registriert werden.
2. Die freie Öffnung des Statoskopes muß mit der Außenluft in ungestörter Verbindung stehen.
3. Die Niveauläche gleichen Luftdruckes in der Aufnahmehöhe muß identisch sein mit der Niveauläche gleicher Meereshöhen.

Auf die Bedingung 1 gehen wir hier nicht ein. Wir nehmen an, das Statoskop arbeite von der freien Öffnung an in seinem Innern fehlerfrei.

Die Erfüllung der Bedingung 2 stößt in einem Flugzeug auf Schwierigkeiten. Das Flugzeug ist ein Körper, der sich mit einer erheblichen Geschwindigkeit in einem ihn umströmenden Medium der Luft bewegt. Die Geschwindigkeit beträgt beim Vermessungsflugzeug 120–150 km/h oder 30–40 m/sec. Die strömende Luft erzeugt am Flügelprofil Unter- und Überdruck, der das Flugzeug trägt. Auch am Flugzeugrumpf, der ein ähnliches Profil aufweist, wie der Flügel, entstehen solche Unter- und Überdruckzonen schwächeren Ausmaßes. Durch den Propellerwind werden starke Wirbelzonen verursacht, so daß also die gesamte, das Flugzeug umfließende Luftströmung äußerst gestörte Druckverhältnisse aufweist, die sich zudem mit dem Anstellwinkel des Flugzeuges stark verändern. Änderungen des Anstellwinkels sind bedingt durch Änderung der Geschwindigkeit und durch Steigen oder Sinken, um Auf- und Abwinde während des Aufnahmefluges auszugleichen (Abbildung 1).

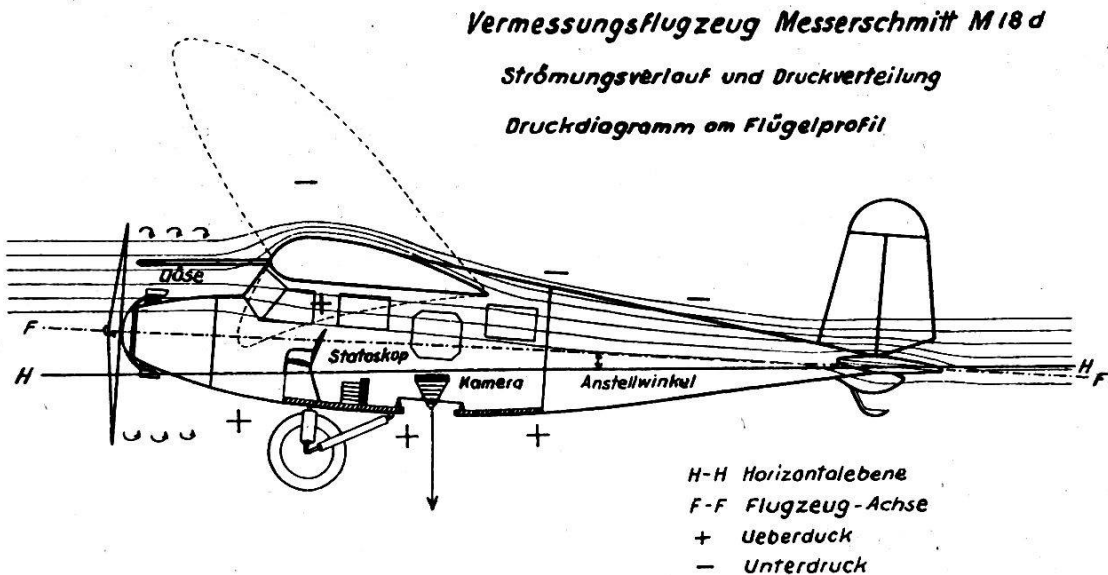


Abb. 1

Die gestörten Druckverhältnisse um das Flugzeug wirken sich auf die Luft im Kabineninnern sehr unterschiedlich aus, je nachdem, welche Fenster und Bodenlucken geöffnet werden. Das Öffnen der Aufnahme-lücke bewirkt z. B. am barometrischen Höhenmesser Differenzen von 20–50 m, je nach Anstellwinkel des Flugzeuges. Die Besatzung wird solche Änderungen während des Aufnahmefluges möglichst vermeiden, aber nie ganz ausschalten können.

Wenn nun das Statoskop, wie es bisher der Fall war, in der Kabine aufgestellt ist, dann wird es nicht die Druckdifferenzen der Außenatmosphäre, sondern der gestörten Kabinenatmosphäre messen. Man muß versuchen, die freie Öffnung mit der ersteren in Verbindung zu bringen durch eine Düse, deren Öffnung möglichst weit vom Flugzeug weg liegt. Solche Düsen befinden sich normalerweise vor der Flügelnase im äußeren

Teil des Flügels (Abbildung 1). Die Druckübertragung zum Statoskop erfolgt durch eine Rohrleitung. Die Form der Düse müßte durch Versuche im Windkanal abgeklärt werden; denn sie soll nicht den dynamischen Druck (Staudruck), sondern den statischen Druck aufnehmen.

Es bleibt zu untersuchen, ob wir gemäß Bedingung 3 die Druckschwankungen mit Höhendifferenzen gleichsetzen können.

Ein Steigen oder Fallen des Luftdruckes während des Aufnahme- fluges, gleichmäßig im ganzen Aufnahmegebiet, ergibt einen systematischen Fehler, der durch die Ausgleichung eliminiert wird.

Das Vorhandensein von Unregelmäßigkeiten in Niveaulächen gleichen Druckes in größeren Höhen kann heute noch nicht bewiesen, sondern nur vermutet werden. Die Kenntnis der genauen Druckverhältnisse der Atmosphäre beschränkt sich auf die Schicht in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche. Die Bestimmung der Meereshöhe zu Druckmessungen in Ballons oder Flugzeugen stößt noch auf Schwierigkeiten und erreicht noch nicht die Genauigkeit, wie sie oben beim Statoskop festgelegt wurde. Auf die Verwendung von „Radar“ kommen wir später zurück.

Unsere Vermutung stützt sich auf das Vorhandensein von vertikalen Strömungen. Nach den Gesetzen der Ärodynamik bewirkt in diesen das Zusammenspiel von Temperatur, Dichte und Strömungsgeschwindigkeit Änderungen des statischen und dynamischen Druckes. Mit dem Statoskop messen wir dabei die statischen Druckunterschiede.

Die Erforschung und Feststellung solcher Strömungen verdanken wir dem Segelflug. Nach ihrer Ursache spricht man dort von Hangwinden und Thermikströmungen, wobei die Aufwindzonen natürlich immer durch entsprechende Abwindzonen ergänzt werden.

Die Hangaufwinde werden durch den Anprall einer horizontalen Strömung an eine Bodenerhebung ausgelöst, wobei nicht nur Gebirgsketten, sondern auch Hügelzüge wie Albis, Lägern, Gurten usw. bereits starke Vertikalbewegungen auslösen können, die diese in der Höhe um ein Vielfaches übertreffen. Es ist auch bekannt, daß sie sich in Form von Wellenbewegungen fortpflanzen, die in Höhen bis 7000 m festgestellt werden können. Die Vertikalgeschwindigkeit solcher Strömungen erreicht bis 10 m/sec.

Die thermischen Vertikalbewegungen werden durch die Erwärmung der Atmosphäre in Bodennähe ausgelöst. Sie können bedeutende Geschwindigkeiten und Höhen von 7–10 000 m erreichen und werden oft sichtbar durch die Bildung von Kumuluswolken. Sie entstehen meistens bei schönem Sommerwetter, dem guten Aufnahmewetter für Vermessungsflüge. Zur Erläuterung zeigt Abbildung 2, wie das Vermessungsflugzeug eine durch Thermik verursachte Aufwindzone durchfliegt (Abbildung 2).

Während die Strömung das Flugzeug hebt, verlangen die Statoskopangaben eine Verlegung des Flugweges in die nach unten gebogene Druck-Niveauläche. Der verzögert reagierende Pilot wird eine Zwischenlösung fliegen. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Statoskopangaben

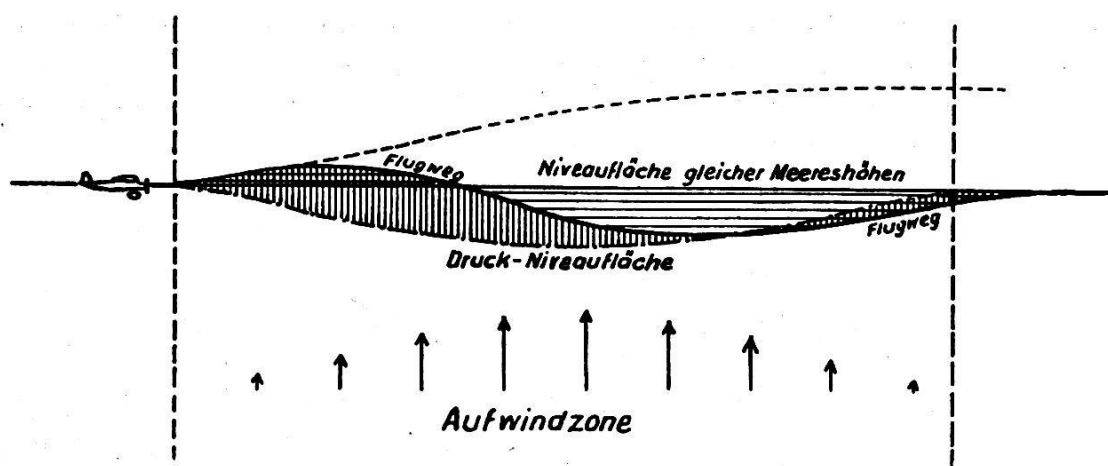


Abb. 2

den Höhendifferenzen nicht entsprechen (Vergleich der verschieden schraffierten Flächen).

Schönwetterlagen, bei denen die besprochenen Vertikalströmungen fehlen, sind äußerst selten und beschränken sich auf wenige Tage im Jahr. Für die Versuchsstreifen der E. T. H. wurden solche Wetterlagen ausgelesen. Dieser Umstand ist zu berücksichtigen bei der Würdigung der Versuchsergebnisse.

Die unkontrollierbaren Störungen lassen sich auch mit einem verbesserten Statoskop nicht ausschalten. Es sind eben hier der barometrischen Höhenmessung Grenzen gesetzt, die ihre Anwendung für Feinhöhenmessungen, wie sie das Statoskop liefern soll, zu verunmöglichen scheinen.

Es sollten zur Verbesserung des Folgebildanschlußverfahrens schon früher diskutierte Möglichkeiten erneut geprüft werden. Die neueste Entwicklung der Technik scheint die Verwirklichung von zwei Punkten in die Nähe zu rücken:

1. Die absolute Höhenmessung: Die unter der Bezeichnung „Radar“ bekannt gewordenen Meßverfahren ermöglichen Höhenmessungen mit gerichteten Kurzwellenimpulsen. Wünschenswert wäre eine Höhenmessung in Richtung der Kamera-Achse zum Nadirpunkt. Der Meßstrahl muß sehr genau gerichtet sein. Die Genauigkeit müßte weniger als 1 Promille der Flughöhe betragen.
2. Stabilisierung der Kamera: Es scheint möglich zu sein, Stabilisierungssysteme mit der Aufhängevorrichtung der Kamera zu verbinden, die eine konstante Lage der Bildebene während des Aufnahme- fluges mit Toleranzen von wenigen Minuten gewährleisten würden.

Die beiden Probleme sind so nur grob skizziert. Ihre Lösung ist Sache des Technikers. Die Anwendung ist im Flugzeug beschränkt hinsichtlich Größe und Gewicht. Wir dürfen aber dabei nicht in der Größenordnung eines schweizerischen Vermessungsflugzeuges denken, sondern kön-

nen mit mehrmotorigen Flugzeugen größerer Tragkraft rechnen, wie sie im Ausland verwendet werden. Das ganze Folgebildanschlußverfahren ist ja ein „Exportartikel“, verdient aber trotzdem unsere volle Aufmerksamkeit.

Personal- und Lohnverhältnisse in Kulturingenieur- und Geometer-Büros

Der Schweiz. Verband prakt. Grundbuchgeometer hat in den Jahren 1942 und 1945 je eine Enquête über die Lohnverhältnisse der Angestellten im Vermessungs- und Meliorationswesen unter seinen Mitgliedern durchgeführt. Während bei der ersten Enquête von ca. 130 Büros 70 ausgefüllte Formulare eingesandt wurden, stehen bei der zweiten Enquête bei einer Mitgliederzahl von 138 die Angaben von 116 Büro-Inhabern zur Verfügung.

Diese Erhebungen waren notwendig, um bei den bevorstehenden Tarifrevisionen für die Grundbuchvermessung und evtl. für die Meliorationen einen Überblick zu erhalten über die kriegsbedingten Lohnsteigerungen in unserem Berufe. Leider fehlen die Angaben unmittelbar vor Beginn des zweiten Weltkrieges, es dürften jedoch die Löhne pro 1939 ungefähr den Verhältnissen des Jahres 1940 entsprechen; sie werden eher um einen geringen Betrag niedriger gewesen sein.

Die nachstehende Tabelle gibt Aufschluß über die Lohnsteigerungen in den verschiedenen Angestelltenkategorien der Jahre 1940–1945, wobei die Teuerungszulagen in den Monatsgehalten inbegriffen sind.

Monatsgehalt im Mittel in Fr.	1940	1941	1942	1944/45	Feldzulage im Mittel
Angest. Grundbuch- geometer u. Kultur- Ing., mit Patent	495	527	559	640	5.70
Absolventen der Hochschulen, ohne Patent	295	340	404	504	4.70
Kandidaten ohne abgeschlossene Hochschule	254	296	358	400	—
Techniker mit Tech- nikumsbildung	511	493	481	507	4.60
Vermessungs- techniker	380	402	428	508	4.60
Zeichner	299	305	359	330	—
Lehrlinge	49	52	63	84	—
Meßgehilfen per Std. fix angestellt	1.27	1.39	1.47	1.70	—
Meßgehilfen per Std. ohne feste Anstellg.	1.10	1.19	1.23	1.75	—

Die nachstehende Zusammenstellung gibt Aufschluß über die Anzahl der beschäftigten Angestellten der einzelnen Kategorien und über die Minimal- und Maximal-Löhne, wie sie sich aus der Enquête 1944/45 ergeben haben.