

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 13

Artikel: Automatische Flugzeug-Kurssteuerung
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83526>

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: 22.02.2026

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

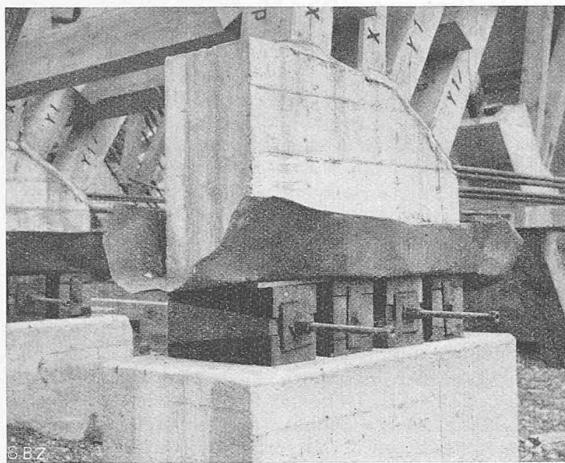


Abb. 22. Absenkvorrichtung am Nebenfuss links



Abb. 21. Linksufriger Gerüstfuss auf den Auflager-Sätteln

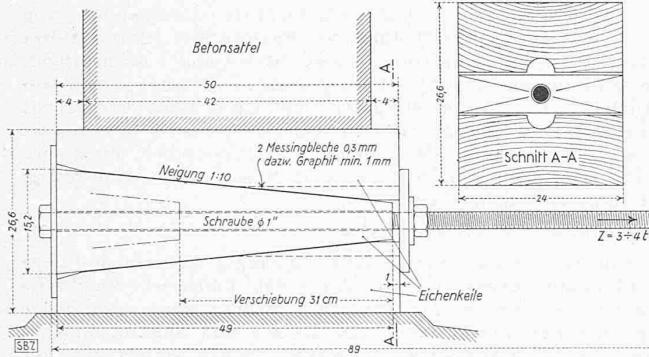


Abb. 23. Absenkvorrichtung aus Eichen-Keilen. — 1:10

VI. Verhalten des Lehrgerüstes beim Betonieren der Gewölberippen

Die Deformationen wurden direkt mittels Drähten gemessen, zudem von der alten Sitterbrücke aus trigonometrisch kontrolliert. Wie zu erwarten, hat sich das Lehrgerüst beim Betonieren der Gewölberippen unsymmetrisch deformiert. Die max. Setzung betrug 54 mm, gegenüber der berechneten Ueberhöhung von 65 mm; dieses Ergebnis darf als sehr günstig bezeichnet werden. Da die elastische Verkürzung der Streben allein 30 mm betragen würde, kann der Schluss gezogen werden, dass ein grosser Teil der totalen Last von 4560 t durch den Bogenkranz direkt auf die Widerlager übertragen wurde. Die max. seitliche Verschiebung der Knotenpunkte des Bogenkranzes wurde zu 25 mm festgestellt (Abb. 20). Bei den Anschlussviadukten sind die Senkungen des Gerüstes in der Mitte durch Griot'sche Biegungsmesser gemessen worden und ergaben Senkungen von 5 bis 10 mm.

VII. Absenken des Lehrgerüstes

Das Lehrgerüst war auf Eichenkeilen gelagert (Abb. 21 bis 23). Je drei Keile sind aufeinander gelegt. Durch Schraube und Ankerplatte hält der mittlere Keil den untern und obern Keil. Durch Lösen der Schrauben gleitet der mittlere Keil, wobei die Anzahl Drehungen der Schraube das Mass der Senkung genau angibt; eine Umdrehung der Schraube entsprach einer Senkung des Lehrgerüstes um 0,62 mm. Das Lehrgerüst wurde um 6 cm abgesenkt; die Senkungen der Rippen in mm betragen:

	Viertel Winkeln	Scheitel	Viertel Bruggen
Südliche Rippe	11 mm	13 mm	9 mm
Nördliche Rippe	—	5 mm	—

Die Drehungen in Sekunden waren gemessen mit:

	Südl. Rippe	Nördl. Rippe
Kämpfer Winkeln	—	2"
Viertel Winkeln	15"	28"
Scheitel	0	0
Viertel Bruggen	28"	25"
Kämpfer Bruggen	—	2"

Als Randspannungen wurden gemessen: oben unten

Kämpfer Winkeln	15,6 kg/cm ²	5,4 kg/cm ²
Viertel Winkeln	14,2 kg/cm ²	16,0 kg/cm ²
Scheitel	28,5 kg/cm ²	4,2 kg/cm ²
Viertel Bruggen	16,5 kg/cm ²	14,7 kg/cm ²
Kämpfer Bruggen	8,9 kg/cm ²	10,7 kg/cm ²

Mit den theoretischen Werten stimmten diese Messungen nicht überein. Es ist wahrscheinlich, dass in den Bogenvierteln vom Lehrgerüst noch unbekannte Reaktionen auf den Bogen wirkten, während die Scheitelpartie bereits frei lag. Dadurch wurde die Drucklinie im Scheitel stark nach oben gehoben.

VIII. Materialbedarf für das Lehrgerüst

Für das Lehrgerüst wurden 1200 m³ Holz und 30 t Kleineisenzeug benötigt. Zum Vergleich mit andern Lehrgerüsten ergibt sich folgende Zusammenstellung:

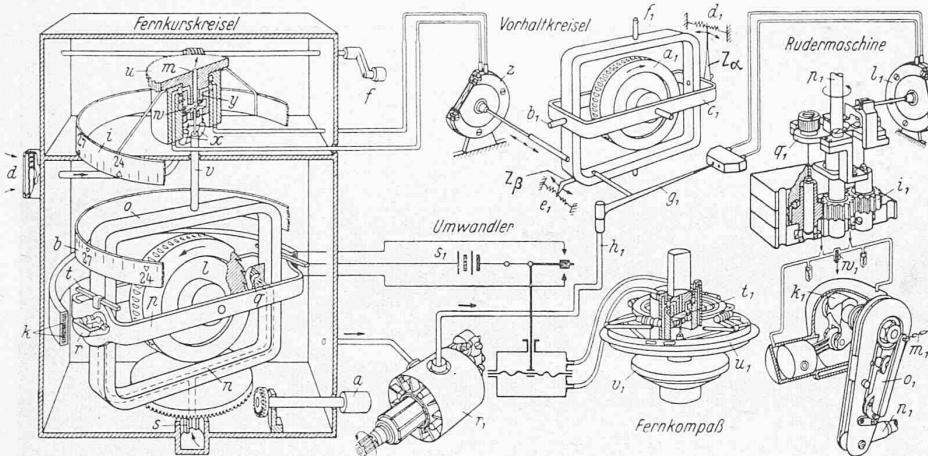
Grosse Bogen der:	Fürstenland- brücke	Gmündertobel- brücke	Langwieser- viadukt
1. Obere Breite des Lehr- gerüstes	10,3 m	6,6 m	6,6 m
2. Totaler Holzverbrauch	1200 m ³	1500 m ³	700 m ³
3. Totaler Eisenverbrauch	30 t	60 t	32,6 t
4. Umbauter Raum	48300 m ³	22400 m ³	17400 m ³
5. Holzverbrauch pro m ³ umbauten Raumes	0,025 m ³	0,067 m ³	0,040 m ³
6. Eisenverbrauch pro m ³ Holz	25 kg/m ³	40 kg/m ³	47 kg/m ³

*) ab Eisenbeton-Gerüstsockel gerechnet.

Die Zahlen zeigen die Wirtschaftlichkeit des Lehrgerüstes der Fürstenlandbrücke und die Fortschritte im Lehrgerüstbau in den letzten 30 Jahren. (Schluss folgt.)

Automatische Flugzeug-Kurssteuerung

Zur Kurseinhaltung im Blindflug bedarf es eines die Flugrichtung überwachenden Gerätes. Der kardanisch aufgehängte Schiffskompass scheint hierfür prädestiniert, doch treten beim Flug ganz andere Beschleunigungen auf als bei der Schiffahrt: schwankt schon die Bussolenaxe um das Lot, so nehmen gar die Schwingungen der Magnetnadel um die Nordsüdrichtung kein Ende. Greift man auf ein anderes Gerät: einem schnell rotierenden Kreisel, so findet man in der sog. Permanenz der Kreiselaxe Gewähr für eine durch Kurvenflug und Böen ungestörte Anzeige, stösst jedoch auf eine andere Schwierigkeit: Die «Nord-Süd»-Axe ist jetzt die Projektion der permanenten Kreiselaxe auf eine waagrechte Ebene, d. h. auf eine Tangentialebene zur Erdkugel. Die angegebene «Nord»-Richtung hängt also von der Stellung jener Tangentialebene, diese Stellung aber ihrerseits sowohl von dem Ort ab, über dem sich das Flugzeug befindet, wie auch davon, wann es sich dort befindet. Zeigte die Kreisel-Axe beim Start nach Norden, so ist sie schon nach einer halben Stunde aus dieser Richtung «ausgewandert». Wenn die Magnetnadel demnach ein zwar verlässlicher, jedoch zu unruhiger, der Kreisel ein allerdings beständiger, aber auf die Dauer irreführender Wegweiser ist, so stellte sich die Aufgabe, durch Kombination der beiden Geräte ein sowohl ruhiges, als auch dauernd richtig weisendes Steuerorgan zu schaffen. Dies ist nach einem Aufsatz von G. Wünsch in «Z. VDI», 1941, Nr. 4, dem unsere Abbildung entnommen ist, gelungen. Bei der entwickelten Kurssteuerungsanlage für den Blindflug ist der menschliche Pilot als Steuerglied überhaupt ausgeschaltet und durch den kardanisch aufgehängten, durch einen Luftstrom in rascher Umdrehung erhaltenen Fernkurskreisel ersetzt. Dieser hält, von dem Fernkompass überwacht, den Kurs, indem er das Seitenruder anstelle des die Bussole beobachtenden Piloten dirigiert. Bei der Kurskorrektur nach Geheiss der Magnetnadel korrigiert der Kreisel seine eigene Stellung.



Automat. Flugzeug-Kurssteuerung (nach Z. VDI, 1941, Nr. 4) - Legende: a Knopf für Verstellung der Kursrose, b Luftfilter, f Kurbel für Kursverstellung, i flugzeugfeste Kursgeberrose, k Stützspulen, l Kreiselkörper, m Luftaustritt, n Luftkanal, o, p Kreiselrahmen, q, r, Lagerzapfen, t Magnet, u Impulsgeber, v Achse des Kreiselrahmens, w Steuerscheibe, x, y Düsen, z Kursdose, a₁ Kreiselkörper, b₁ Längsaxe, c₁ Kreiselrahmen, d₁, e₁ Feder, f₁ Hochachse, g₁ Strahlrohr, h₁ Luftpumpeleitung, i₁ Dreiraderpumpe, k₁ Kurzelstellschalter, l₁ Mischnimpulsdoose, m₁ Notzug, n₁ Seitenrudergestänge, o₁ Abtriebshub, p₁ Antrieb des Elektromotors, q₁ Wippe, r₁ Sog- und Druckpumpe, s₁ Bordnetz, t₁ Steuerscheibe, u₁ Tragring, v₁ Kompasskessel, w₁ Kurzschlussventil

Sowohl der Kompass als auch der Kreisel sind als Befehlsorgane ausgebildet. Erstens ruft (auf pneumatisch-elektromagnetischem Weg) der Kompass dann ein Drehmoment um die Axe r des Kreiselrahmens hervor¹⁾, wenn der Winkel φ zwischen der Magnetnadel und der Längsaxe des Flugzeugs (Flugrichtung) von dem eingestellten Sollkurs z abweicht, und zwar im einen oder im entgegengesetzten Sinn je nach dem Vorzeichen des Unterschiedes $\varphi - z$. Zweitens leitet der Kreisel mit einem pneumatischen Befehl an die Rudermaschine dann eine Drehung des Seitenruders im einen oder andern Sinn ein, wenn der Winkel ψ zwischen der Normalen zur Ebene der Rahmenhälfte o und der Flugrichtung von dem eingestellten Kurswinkel z sich positiv oder negativ unterscheidet. Solange $\psi = z$, verharrt das Seitenruder in Ruhe. Ein allein durch Kompass und Kurskreisel gesteueter, von äusseren Störungen freier Flug würde so verlaufen: Flug geradeaus mit zunächst unverstelltem Seitenruder. Allmählig wachsender Kursfehler, zugleich, wie oben dargelegt, leichte Stellungsänderung der Kreiselaxe zum Flugzeug. Der Unterschied $|\varphi - z|$ erreicht den zur Befehlsgabe erforderlichen Schwellwert: Auf das um die Axe r erzeugte Drehmoment reagiert der Kreisel mit einer Drehung um die Axe v . Die dadurch eingeleitete Ruderverstellung bewirkt alsbald eine Ueberkorrektur, d. h. einen Unterschied $\varphi - z$ von entgegengesetztem Vorzeichen, also ein Drehmoment um die Axe r im umgekehrten Sinn; das Ruder wird zurückverstellt usw.; es kann ja nicht eher zur Ruhe kommen, als bis nicht bloss φ , sondern auch ψ sich von z um weniger als die befehlauslösenden Schwellwerte unterscheiden. — Dieses Bild wird natürlich durch unzählige Einflüsse, wie Erschütterungen, Böen usw. ständig gestört; die Magnetnadel zuckt bald nach links, bald nach rechts; dank der Trägheit des Kreisels schadet ihre Unruhe aber nicht, da erst eine von Null verschiedene mittlere Differenz zwischen φ und z eine Verstellung des Seitenruders zu bewirken vermag.

Augenscheinlich befriedigt die skizzierte Steuerung nicht: Solange das Seitenruder auf Rechtskurs verstellt ist, beschreibt das Flugzeug eine Kurve; erst wenn die Flugrichtung zu weit nach rechts weist, tritt eine Korrektur ein, und zwar notwendig eine Ueberkorrektur; gleiches gilt für die eingeleitete Linkskurve usw.: Statt einer Geraden ist die Flugbahn eine Wellenlinie: Das Flugzeug führt, mit wechselnder Winkelgeschwindigkeit ω , ständig Drehungen um eine lotrechte Axe aus. Wie wäre es, die Ausschläge der geflogenen Wellenlinie dadurch zu vermindern, dass man den Befehl an die Rudermaschine ausser vom Kursfehler, auch von ω , oder gar zudem von der Winkelbeschleunigung $\dot{\omega}$, abhängig mache? Dies geschieht in der Tat, mit Hilfe des sogenannten, in der Abbildung gleichfalls skizzierten Vorhalkreisels.

Die Axe f_1 , um die dessen Rahmen drehbar gelagert ist, ist zu der (im Horizontalflug lotrechten) Hochaxe des Flugzeugs parallel. Beschreibt das Flugzeug eine (waagrechte) Kurve mit der Winkelgeschwindigkeit ω , so wird der Rahmen, von der Feder e_1 mitgenommen, mit ω um die Axe f_1 rotieren. Dabei wird

¹⁾ Mittels eines von der Spule k erzeugten, auf die permanenten Magnetstäbchen t wirkenden Magnetfeldes.

sich die zunächst horizontale Axe des Kreisels, um die er mit gegenüber ω grosser, konstant gehaltener Winkelgeschwindigkeit Ω umläuft, um einen kleinen Winkel α aufrichten, nämlich soweit, bis die geweckte Kraft der Feder d_1 das Moment M um die Axe b_1 hervorbringt, das zur Erhaltung der (merklich mit α übereinstimmenden) Neigung des (mit ω um f_1 rotierenden) Drallvektors ϑ nötig ist:

$$M = |\vartheta| \cos \alpha \cdot \omega$$

Da merklich $\cos \alpha \approx 1$, $|\vartheta| \approx C \Omega$ (C = Hauptträgheitsmoment des Kreisels) und M zu α proportional ist: $M = k \alpha$, so wird stationären Falles:

$$\alpha = \frac{C}{k} \Omega \omega \quad \dots \quad (1)$$

Der Zeiger Z_α gibt also direkt die Drehgeschwindigkeit ω des Flugzeugs an.

Bei zwar nicht konstanter, jedoch nur langsam veränderlicher Drehgeschwindigkeit ω wird man sich immer noch auf die Gleichung (1) berufen können, um, durch deren zeitliche Differentiation, die Winkelgeschwindigkeit $\dot{\alpha}$ zu ermitteln, mit der sich die Kreiselaxe infolge der Schwankung

$$\dot{\alpha} = \frac{C}{k} \Omega \dot{\omega}$$

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Spitze des Drallvektors bewegt, hat jetzt also außer der zur Axe b_1 parallelen, zu ω proportionalen Komponente eine solche, die, normal zur Ebene der Rahmenhälfte c_1 und zu $\dot{\omega}$ proportional, hervorgebracht wird durch ein in den Lagern der Kreiselaxe entwickeltes Moment vom Betrag $|\vartheta| \dot{\alpha} \approx C^2 \Omega^2 \omega / k$. Das ist angenähert ($\cos \alpha \approx 1$) auch der Betrag des von der jetzt gespannten Feder e_1 um die Axe f_1 ausgeübten, zur Federverrückung β proportionalen Momentes; der Zeiger Z_β gibt direkt die Drehbeschleunigung $\dot{\omega}$ des Flugzeugs an:

$$\beta = c \dot{\omega} \quad \dots \quad (2)$$

Der in Funktion der drei dem Strahlrohr g_1 gemeldeten Werte $\varphi - z$, ω , $\dot{\omega}$ der Rudermaschine erteilte Befehl besteht, genauer, in einem der drei Kommandos: Auf — Ab — Mitte — an die Kontaktwippe q_1 . Deren Bewegung versperrt dem einen der durch die Zahnradpumpe i_1 auf die beiden Seiten des Kolbens des Stellmotors k_1 geleiteten Ölströme den Auslass und ruft so, als rasche Reaktion auf die Kommando Auf oder Ab, einen kräftigen Verstelldruck auf den Kolben hervor. Auf das Kommando Mitte hört er auf.

Dies ist in groben Zügen unsere Interpretation der wiedergegebenen, in ihren Einzelheiten vom Leser leicht zu verfolgenden Abbildung. Genauer Aufschluss über die Art der Kombination der Größen $\varphi - z$, ω , $\dot{\omega}$ zu einem der drei genannten Befehle gibt sie nicht. Bei gleichem Vorzeichen jener drei kinematischen Werte scheint der Vorhalkreisel im Sinne einer Befehlsbeschleunigung zu wirken; welches ist aber bei nicht über einstimmenden Vorzeichen die Befehlsrichtung? Mit diesen Fragen berühren wir offenbar ein verschieden lösbares Problem dieser der Aufmerksamkeit unserer feinmechanischen Industrie empfohlenen, Entwicklungsfähigen und wohl nicht auf die Flugsteuerung beschränkten Regelung.

Die Bauten für das Bundesfeierspiel 1941 in Schwyz

Architekten KELLERMÜLLER & HOFMANN, Zürich

Oertliche Bauleitung Arch. W. NESCHER, Schwyz

Wie der Name Hans Hofmann, so wecken auch diese Bauten sofort die Erinnerung an die unvergessliche «Landi»: hier wie dort die festliche Stätte eingebettet in die herrliche Natur, damals wie jetzt Bauten, die in ihrer Selbstverständlichkeit keine leere Pose zeigen, aber einen trefflichen und würdigen Rahmen bilden für das Leben, das sich in ihnen abspielt. Auch dieses Leben und Treiben, wie es zwischen Ort und Feierstätte hin- und herwogt, gleicht so sehr dem, das unser Schweizerherz 1939 in Zürich höher schlagen liess. Wie damals die Ausstellung innerhalb der Stadt ihr Leben versprührte, so liegt heute der Festspielplatz eng eingeschmiegt am Dorfkern von Schwyz. Das Kommen und Gehen auf dem Hauptplatz, zwischen Bahnhof und Bundesbriefarchiv, lebt schon von der Festfreude, und die wenigen Häuser, um die herum der Zugang gesucht werden