Seilflügelanlagen für die Vornahme von Wassermessungen

Autor(en): **Pedroli, R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **51 (1959)**

Heft 3

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921272

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bild 15 Bedrängte Vogelwelt (Photo K. Achermann)

die Wassertemperatur von 0° C erreicht ist, die Rechen mit Schwebeis verstopft sind. Als wirksame Mittel zur Bekämpfung dieser Eisart werden genannt:

1. Entfernung des obersten Teiles des Rechens, damit das Schwebeis durch die Turbinen wegfließen kann.
2. Möglichkeit, Dampf durch die hohlen Leitungsschaufeln der Turbinen zu treiben, damit sich das Schwebeis an diesen Schaufeln nicht festsetzen kann, und
3. Elektrisch beheizte Rechenstäbe. Zum Beispiel hat Holtwood bei einer Turbine solche Rechenstäbe. Die Heizleistung beträgt 50 kW, d. h. spezifisch ausgedrückt rund 0,27 W/cm² Rechenfläche bei einer Wassereintrittsgeschwindigkeit von rund 0,6 m/s.

E. Schlußwort

Mit diesen Darlegungen wurde versucht, einen kurzen Überblick über die Ereignisse des kalten Februars 1956 bei den Kraftwerken an Aare und Rhein zu geben, wo die verantwortlichen Betriebsleute sorgenvolle Stunden durchmachten. Naturkräfte sind größer als Menschenkräfte. Dies erfuhren auch in tragischer Weise unsere gefiederten Freunde (Bild 15). Während jedoch die Vogelwelt solche Schicksale immer wieder unverändert hinnehmen muß, kann und soll der Mensch aus Erfahrungen lernen, diese Naturkräfte in vernünftige Bahnen zu lenken und sie in Schranken zu halten. Wenn diese Zusammenfassung in diesem Sinne anregt, hat sie ihren Zweck erfüllt.

Literaturnachweis

[1] Das Eisproblem bei Wasserkraftwerken, von *Theodor Strauch*. Die Wasserwirtschaft, 46 (1956) 4, S. 90, und Heft 5, S. 127.

[2] Die Entstehung des Grundeises, von *Gottlieb Lüscher*. Diss. Univ. Zürich 1906.

[3] Twenty years of work in the domain of underwater ice formation 1915—1935, von *W. J. Altberg*. Ass. Int. d'Hydrologie Scientifique Bull. Nr. 23, Riga 1938, pg. 373.

[4] Régime des glaces des rivières, von *M. W. Laszloffy*. La Houille blanche, 3 (1948) 6, Nov./Dez., pg. 469.

[5] Neue Wege der Eisbekämpfung bei Staukraftwerken, von *Herbert Böck*. Österreichische Wasserwirtschaft, 9 (1957) 5/6, S. 123.

[6] Ice Prevention by the Air-Lift System at Grand Coulee, von *T. G. Owen*. Transactions of The American Society of Mechanical Engineers, 64 (1942), April, pg. 201.

[7] Combatting Frazil Ice in Hydroelectric Stations, von *K. J. Granbois*. Transactions of The American Institute of Electrical Engineers, 72 (1953), April, pg. 111.

[8] Die Eisverhältnisse bei den Kraftwerken an Aare und Rhein vom Bielersee abwärts bis Basel im Februar/März 1929, von *A. Härry*. Schweiz. Wasser- und Energiewirtschaft, 22 (1930), Hefte 9, 10, 11, 12.

Seilflügelanlagen für die Vornahme von Wassermessungen

R. Pedroli, Dipl. Ing., Sektionschef im Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

Im Verlauf der letzten Jahre zeigte sich bei unserem hydrographischen Dienst, daß die Durchführung von Schiffsmessungen infolge des zunehmenden Mangels an geeigneten Wasserfahrern immer schwieriger wurde. Es ist sogar zu erwarten, daß die Lage sich noch weiter verschlechtert.

Dieselben Schwierigkeiten sind auch in andern Ländern aufgetreten. Wir wußten, daß dort die Schiffsmessungen durch mobile oder permanente Seilflügelanlagen weitgehend ersetzt werden. Es war uns ferner bekannt, daß solche Meßinstallationen verschiedene Vorteile aufweisen: sie sind namentlich bei Hochwasser gefahrlos, sie beanspruchen wenig Personal und fordern vor allen bei ortsfesten Anlagen geringen Zeitaufwand für die Meßvorbereitungen, was bei kurzfristigen Anschwellungen von großer Bedeutung ist.

Aus obigen Gründen faßten wir gegen Ende 1955 den Entschluß, eine vollständige Seilflügelanlage zu beschaffen. Die erste Anlage wurde an der Aare bei Bern aufgestellt. Da dieses Meßverfahren zum ersten Mal in dieser Form bei uns eingeführt wurde, erachteten wir es als notwendig, dessen Ergebnisse mit den bestehenden erprobten Meßmethoden zu überprüfen.

Die mit der zur Verfügung stehenden Meßausrüstung erzielten Ergebnisse, sowie die Art und Weise, wie wir die damit gesammelten Erfahrungen verwerten konnten, werden in den nachfolgenden Ausführungen geschildert.

A. Die fabrikbezogene Seilflügelanlage

1. Sie bestand zur Hauptsache aus zwei Stützen (ungefähr 60 m voneinander entfernt), einem Tragseil, einem endlosen Transportseil, einem Aufhängekabel von 8 mm Durchmesser, welches zugleich als elektrischer Leiter (3-adrig) diente, einer Doppelwinde für die Horizontalverschiebung, das Heben und Senken des Flügelgewichtes, einem 50 kg schweren Flügelgewicht mit kreisrunder Querschnittsform und einem Meldegerät für die akustische Anzeige der Flügel- und Grundtasterkontakte.

   Der Meßvorgang (Punktmessungen) erfolgte in ähnlicher Weise wie bei den Stangenflügeln. Vor der Messung stellte man den Flügel auf eine bestimmte Anzahl Umdrehungen ein und das Zeitintervall zwischen zwei Signalen wurde an einer Stoppuhr abgelesen. Das Flügelgewicht war unten mit einem Grundtaster ausgestattet, welcher bei Sohlenberüh-

rung ein akustisches Signal auslöste. Für die Bestimmung der Wassertiefe stellte man zuerst den Grundtaster auf Wasserspiegel und dann tastete man mit ihm die Sohle ab. Die für diese Operation abgewickelte Kabellänge stellte die scheinbare Wassertiefe dar. Die wahre Tiefe erhielt man, indem vom gemessenen Wert die Mehrlänge zufolge des Abtreibens des Aufhängekabels aus der Vertikalen abgezogen wurde. Für diese Tiefenkorrekturen benützte man die zu diesem Zwecke unter [1] veröffentlichten Tabellen.

2. Die Ergebnisse dieser Anlage wurden geprüft, indem eine Anzahl Simultanmessungen mit Seil- und Stangenflügel vorgenommen wurden. Die Messungen mit dem Stangenflügel wurden von Schiffen aus durchgeführt (Bild 1).

   Die Abweichungen der Seilflügelabmessungen sind systematischer Natur; sie sind aber vor allem außerhalb der von uns gewünschten Genauigkeit. Unter diesen Umständen konnten wir uns mit den Ergebnissen der angeschafften Meßinstallation nicht begnügen. Anderseits lag — wie wir eingangs erwähnten — das Bedürfnis vor, einen Teil der Schiffsmessungen durch eine andere Meßart zu ersetzen. Dies waren die Gründe, die uns dazu führten, das Problem der Verwendbarkeit von Seilflügelanlagen weiter zu verfolgen.

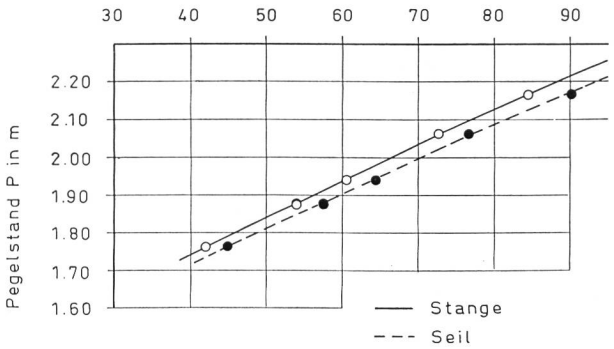
In erster Linie mußten die Fehlerquellen, welche die festgestellten Abweichungen verursachten, ermittelt werden. In der Folge war zu untersuchen, wie neue Anlagen gestaltet werden sollten und wie die Erhebungen mit denselben zu erfolgen hätten, um befriedigende Resultate zu erzielen. Die beiden nachfolgend erläuterten Ursachen wirkten sich maßgebend auf die erwähnten Abweichungen aus:

a) *Der Auftrieb:* Wie schon erwähnt, bestimmte man die Wassertiefe, indem man zuerst den Grundtaster auf Wasserspiegel stellte. Es zeigte sich aber, daß ein solches Meßvorgehen falsch war, da beim Eintauchen des Flügelgewichtes dieses einen Auftrieb gleich dem verdrängten Wasservolumen (etwa 5 kg) erhielt. Das Tragseil wurde dann um diesen Betrag entlastet und der Seildurchhang erfuhr eine entsprechende Verkürzung. Die Veränderung des Seildurchhanges führte zu einer Verfälschung der Wassertiefen-Angabe; es wurde nämlich — wie leicht zu ersehen ist — eine etwas zu große Tiefe gemessen. Bei der Anlage in Bern verursachte der Auftrieb einen Fehler von etwa 2 % in der Abflußbestimmung. Diese Fehlerquelle wurde eliminiert, indem der Wasserspiegel nicht mehr mit der Grundtaster-Unterkante eingemessen wurde, sondern mit Hilfe einer um einige cm über dem Flügelgewicht am Aufhängekabel angebrachten Marke. Das Gewicht stand also während der Bestimmung der Wassertiefe nach diesem Meßvorgang ständig unter Wasser.

In gewissen Ländern pflegt man für die gleiche Operation das Gewicht bis zur Flügelachse einzutauchen. Es mag sein, daß dadurch der Fehler reduziert wird. Da aber das Gewicht nicht ganz im Wasser eintaucht, wird immer noch infolge des Auftriebes ein Tiefenfehler entstehen; man kann dies auch auf rechnerischem Weg nachweisen.

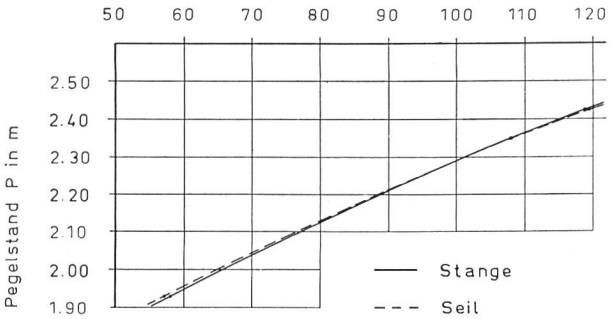
[1] *Gewässerkundliche Anstalten des Bundes und der Länder:* Richtlinien für Abflußmessungen, Koblenz (Deutschland), 1953.

b) *Die Sohlenberührung:* Beim vorhandenen Flügelgewicht war der freie Weg des Grundtasters, d. h. die vom Moment der Sohlenberührung bis zum Aufsitzen des Gewichtes zurückgelegte Strecke zu kurz (etwa 1 cm). Dies erwies sich speziell nachteilig im Bereich der großen Strömung, wo das Aufhängekabel und das Flügelgewicht infolge des Auftretens von Geschwindigkeitspulsationen einer Pendelbewegung ausgesetzt waren. Diese Erscheinung hatte zur Folge, daß das Flügel-



P	Q mit Flügel an Seil 1	Stange 2	Δ Q 1-2	Δ Q %
m	m^3/s	m^3/s	m^3/s	
1.87	57.0	53.9	+ 3.1	+ 5.8
1.88	57.4	53.8	+ 3.6	+ 6.7
1.76	44.8	41.9	+ 2.9	+ 6.9
1.94	64.3	60.4	+ 3.9	+ 6.5
2.16	90.2	84.4	+ 5.8	+ 6.9
2.06	76.7	72.6	+ 4.1	+ 5.6

Bild 1 Simultanmessungen mit Seil- und Stangenflügel an der Aare bei Bern; Seilflügelmessungen mit fabrikbezogener Seilflügelausrüstung



P	Q mit Flügel an Seil 1	Stange 2	Δ Q 1-2	Δ Q %
m	m^3/s	m^3/s	m^3/s	
1.93	57.3	57.9	- 0.6	-1.0
2.35	108.0	108.1	- 0.1	- 0.1
2.42	119.4	118.9	+ 0.5	+ 0.4

Bild 2 Simultanmessungen an der Aare bei Bern; Seilflügelmessungen mit abgeänderter Seilflügelausrüstung

gewicht bei Grundkontaktabgabe meistens schon auf dem Boden saß. Das Tragseil erfuhr eine Entlastung und somit eine Verkürzung des Seildurchhanges. Dadurch hob sich das Flügelgewicht mit dem Grundtaster wieder von der Sohle, was zum Ausschalten des akustischen Grundsignals führte. Das Signal konnte wieder erhalten werden, indem man an der Seilwinde noch etwas Kabel abrollte.

Diese zusätzlich abgewickelte Kabellänge stellte den zweiten Tiefenfehler dar. Durch den Einbau einer besseren Grundkontaktvorrichtung ins Flügelgewicht erwies sich, daß dieser Fehler bei unseren Messungen etwa 3 % des Abflußwertes ausmachte.

Die Meßausrüstung erfuhr eine weitere Verbesserung, indem die ungünstig auf die Abtrift wirkende Aufhängevorrichtung ins Flügelgewicht versenkt wurde. Aus demselben Grunde wurde auch die lockere Anordnung der elektrischen Anschlußkabel rings um das Flügelgewicht behoben.

Nach diesen Änderungen führten wir erneut eine Serie von simultanen Wassermessungen durch, deren Ergebnisse in Bild 2 enthalten sind.

Die erhaltenen Resultate waren sehr erfreulich. In diesem Zeitpunkt mußten wir aber feststellen, daß die beschriebenen Modifikationen an der fabrikbezogenen Seilflügelausrüstung derart starke Änderungen verursachten, daß wir uns, unterstützt von zusätzlich für die hydrographische Feldtätigkeit erforderlichen Konstruktionsabweichungen, zur Entwicklung eines eigenen Typs von Seilflügelanlagen entschlossen.

B. Die von uns entwickelte Seilflügelanlage

(Bilder 3 und 4)

Der wesentliche Unterschied zwischen den uns bekannten Seilflügeltypen und dem neu entwickelten besteht hauptsächlich im Flügelgewicht und im Signalübertragungssystem. Die übrigen Konstruktionselemente sind gleich oder wurden nur aus praktischen Gründen etwas anders gestaltet.

1. Die Stützen

Sie setzen sich aus verschiedenen Profileisen zusammen, die mittels Ankerschrauben an den Fundamentsockeln befestigt sind. Eine dieser Stützen trägt den größten Teil der für die Vornahme der Wassermessungen notwendigen Bedienungsapparate; sie wird zum Schutz gegen Witterungseinflüsse in einem Häuschen untergebracht. Beide Stützen sind gegen Erdung isoliert. Wir werden darauf später noch zurückkommen.

2. Die Seile

a) *Das Tragseil* ist an beiden Stützen fest eingespannt; es wird in Anbetracht der jährlich durch zwei Mann vorzunehmenden Revisionsarbeiten entsprechend den für Personenlast geltenden Vorschriften dimensioniert (Sicherheitsgrad auf Zugbeanspruchung von mindestens 3,5). Die Seildimensionierung berücksichtigt ebenfalls die auftretende Maximallast des Aufhängekabels im Katastrophenfall. Für die Sicherheit der Anlage spielt der Durchhang des Tragseils eine wichtige Rolle. Zur Vermeidung von Unfällen werden in den Bedienungsvorschriften von Seilflügelanlagen unter andern auch Angaben über den zulässigen Seildurchhang (Arbeitsbereich) bei verschiedener Stützweite gemacht.

b) *Das Transportseil* bildet eine endlose Seilschlaufe. Im Häuschen wird der Zähler für die Horizontalverschiebung des Flügelgewichtes an eine Transportseilrolle gekuppelt. Um während der Messungen ein Gleiten des Seiles zu verhüten, legt man es um diese Rolle doppelt herum.

c) *Das Aufhängekabel* hat die Funktionen, das Flügelgewicht zu heben und zu senken und die elektrischen Flügel- und Grundkontaktsignale zum Empfangsapparat zu übertragen. Es handelt sich hier nicht mehr um ein mehradriges Kabel, sondern um ein einfaches Drahtseil, dessen Querschnittsgröße (∅ 2,5 mm) einzig und

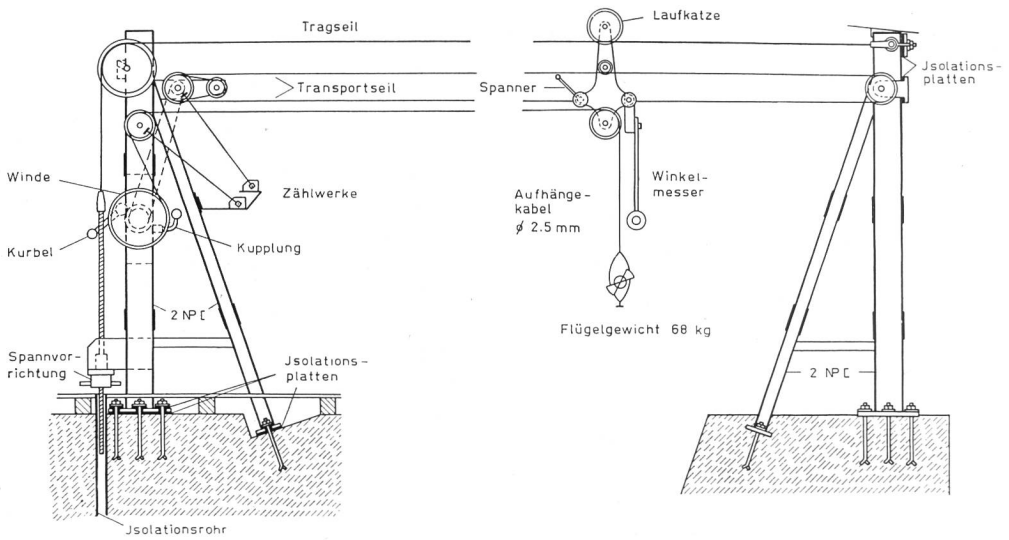


Bild 3 Mechanische Anordnung der entwickelten Seilflügelanlage

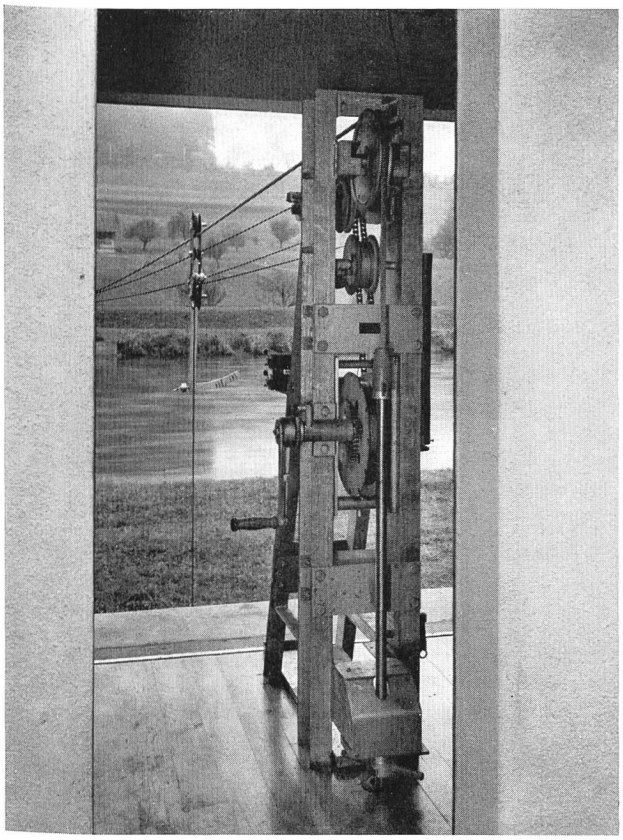


Bild 4 Stütze mit den Bedienungsapparaten

allein von den aufzunehmenden Kräften bei den Erhebungen bestimmt wird. Sollten widerstandsfähigere Seile erhältlich sein, so darf deren Durchmesser noch weiter reduziert werden.

Wie zu erwarten war, bewirkt die Verwendung eines möglichst dünnen Aufhängekabels eine derartige Reduktion der Abtrift, daß diese auch bei relativ großen Geschwindigkeiten und ebensolchen Tiefen mit sehr kleinen Werten nicht mehr störend wirkt. Dasselbe gilt auch für die infolge der Wasserströmung entstehenden Pendelbewegungen des Aufhängekabels, die früher groß waren, beim neuen Seilflügeltyp aber sehr gering sind.

3. Das Wind- und Zählwerk

Das für die Verschiebung des Flügelgewichtes erstellte Windwerk besteht zur Hauptsache aus einer zwischen den Profileisen-Stützen befindlichen Trommel, aus zwei Übersetzungsrädern und aus einer Kurbelvorrichtung. Die Trommel rollt das Aufhängekabel auf oder ab. Eine Kette verbindet die Trommelachse mit derjenigen einer Transportseilrolle, so daß es möglich ist, durch Betätigung der Kurbel sowohl das Aufhängekabel wie auch das Transportseil zu verschieben. Im Windwerk ist ferner noch ein Kupplungssystem eingebaut, welches erlaubt, das Aufhängekabel allein zu bewegen.

Die horizontalen und vertikalen Verschiebungen des Flügelgewichtes werden mittels zweier Zählwerke gemessen, die durch Friktionsräder und starre Wellen mit je einer Seilrolle des Transport- und Aufhängekabels verbunden sind. Die Zählwerke werden derart placiert, daß sie sowohl vom Meßbeamten wie auch vom Gehilfen leicht abgelesen werden können.

4. Das Flügelgewicht (Bild 5)

Das Flügelgewicht ist fischförmig und wiegt 68 kg. Seine Länge, ohne Flügel, beträgt 145 cm; die maximale Höhe ist 25 cm, die maximale Breite 12 cm. Diese Form wurde auf Grund von Versuchen bestimmt und ist hydrodynamisch günstiger als die kreisrunde Querschnittsform. Das Gewicht ist außen mit einem aus Glasgewebe armierten Kunstharzüberzug (Polyester) isoliert und abgedichtet. Im vorderen Teil des Gewichtes sind folgende Elemente untergebracht (Bild 6):

— die sogenannte Senderpatrone für die elektrischen Signale
— die Grundkontaktkammer und
— die Aufhängevorrichtung.

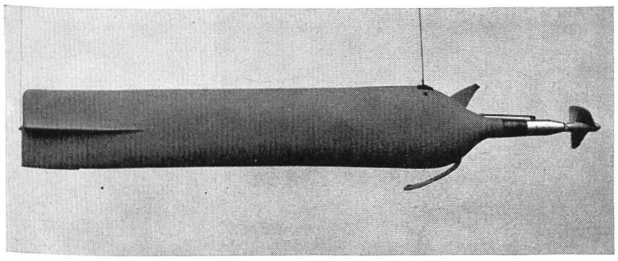


Bild 5 Das fischförmige Flügelgewicht

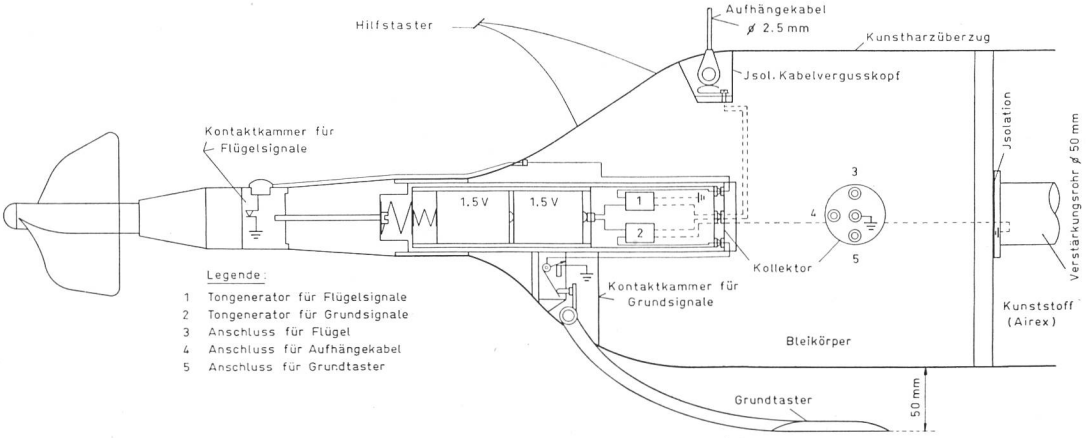


Bild 6 Schnitt durch den Vorderteil des Flügelgewichtes

Der dazwischen noch frei gebliebene Raum ist mit Hartblei gefüllt. Der mittlere und hintere Teil des Flügelgewichtes enthält inwendig ein Verstärkungsrohr und eine Füllung aus leichtem Kunststoff (Airex). Das Flügelgewicht besitzt im hinteren Teil noch zwei kleine seitliche Stabilisierungsflossen, oben einen Hilfstaster zur Einmessung des Wasserspiegels und unten den Grundtaster. Der Hilfstaster besteht aus einer dünnen Messinglamelle, an welcher oben ein kleines rechteckiges, leicht nach unten gerichtetes Messingplättchen (15 × 30 mm) angebracht ist. Wenn das Plättchen die Wasseroberfläche schneidet, spritzt das Wasser auf, was auch mit bloßem Auge vom Ufer aus weit sichtbar ist. Das Messingplättchen ist von der Unterkante des Grundtasters genau 30 cm entfernt.

Dem Grundtaster wurde große Aufmerksamkeit geschenkt. Er besteht aus einer 60 × 60 mm großen Messingplatte, die mittels eines gekrümmten Stabes am Flügelgewicht aufgehängt ist. Der freie Weg des Grundtasters beträgt 50 mm, so daß das Flügelgewicht bei Grundberührung nicht mehr aufsitzt. Wie wir weiter unten noch sehen werden, beeinträchtigt dieser lange Weg in keiner Weise die Meßgenauigkeit. Die Form des Grundtasters hat sich bis heute gut bewährt.

Es sei hier noch erwähnt, daß der Vorderteil des Gewichtes durch das Anbringen von Zwischenstücken einen stetigen Formübergang vom Flügel zum Gewichtskörper erhielt.

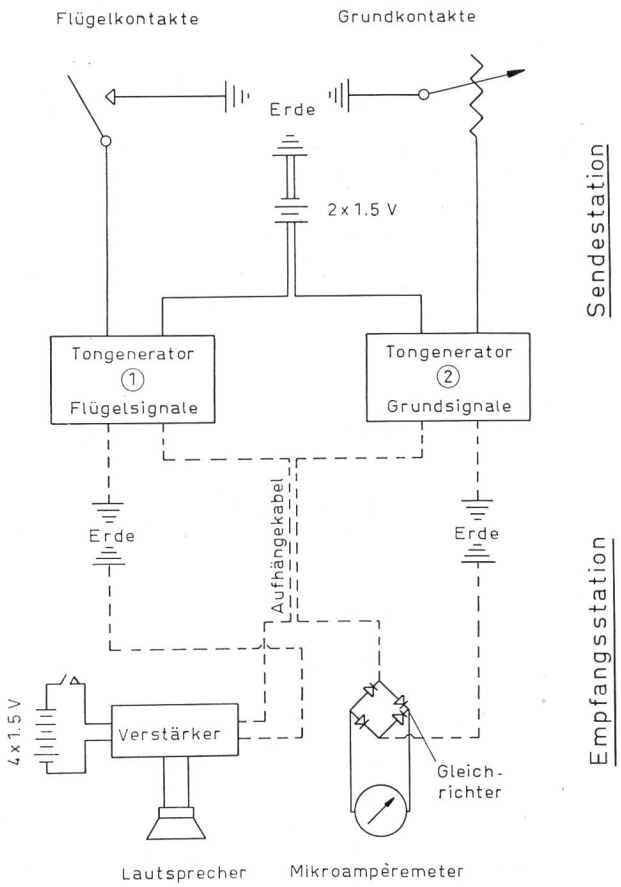


Bild 7 Schema der elektrischen Signalübertragung

5. *Die Signalübertragung*

Das Signalübertragungssystem beruht auf dem Prinzip der Tonfrequenz. Die Sendestation (Bilder 6 und 7) befindet sich im Innern des Flügelgewichtes, die Empfangsstation (Bilder 7 und 8) im Apparatehäuschen. Als Leiter funktionieren das Wasser und das Aufhängekabel. In der Empfangsstation werden die Flügelsignale akustisch und die Grundkontaktsignale optisch angegeben. Die Sendestation enthält die Flügel- und Grundkontaktvorrichtung, eine Stromquelle und zwei Tongeneratoren. Der Flügelkontakt ist im Flügel selber eingebaut und ist Bestandteil desselben.

Der Grundkontakt ist ein Potenziometer und besteht aus einem auf flachem Isolierkörper gewickelten Widerstandsdraht und einem Schleifer, welcher gleichzeitig als Ein- und Ausschalter des Systems funktioniert. Der kleinste Widerstand entsteht, sobald der Grundtaster den Boden berührt. Je mehr der Taster aufsitzt, desto größer wird der Widerstand.

Die Stromquelle und die Tongeneratoren befinden sich in der Senderpatrone, welche aus einem zylindrischen Messinggehäuse besteht. Die Stromquelle setzt sich aus zwei Monozellen zu je 1,5 Volt zusammen. Bei Kontaktgabe des Flügels oder des Grundtasters wird die Stromquelle eingeschaltet. Dadurch werden die zwei Tongeneratoren erregt, die den Gleichstrom in Wechselstrom (Tonfrequenzbereich) umwandeln. Der Strom geht vom Tongenerator zum Aufhängekabel, dann zum Empfangsapparat und von dort durch das Wasser wieder zum Tongenerator.

Der Stromkreis für die Flügelsignale ist an einen Verstärker angeschlossen. Dieser verstärkt die ankommenden Impulse, welche dann durch einen Lautsprecher erfaßt und hörbar werden (Zimmerlautstärke). Der Verstärker ist durch eine Batterie von 6 Volt gespiesen (4 Monozellen je 1,5 Volt).

Der Stromkreis für die Grundkontakte (Wechselstrom über dem hörbaren Bereich) wird über einen Gleichrichter an ein Anzeigeinstrument (Mikroampèremeter) angeschlossen, welches die Stromstärke mißt. Die Stromstärke ist eine Funktion der Grundtasterstellung. Solange der Boden nicht berührt wird, ist kein Strom vorhanden und der Tongenerator ist ausgeschaltet; der Zeiger am Mikroampèremeter steht auf Null (Bild 8). Sobald der Grundtaster den Boden berührt, entsteht die größte Stromstärke und somit der größte Zeigerausschlag (Sollstellung) am Anzeigeinstrument, da der Schleifer in der Grundkontaktkammer auf kleinstem Widerstand steht. Je mehr der Grundtaster auf dem Boden sitzt, desto größer wird der elektrische Widerstand und desto kleiner wird die Stromstärke und somit auch der Zeigerausschlag.

Für die Abtastung des Grundes soll der Zeiger auf Sollstellung gehalten werden. Bei großen Geschwindigkeiten pendelt der Zeiger um die Sollstellung. Dank dem langen freien Weg des Grundtasters ist es aber ausgeschlossen, daß das Flügelgewicht bei Grundkontaktabgabe auf dem Boden aufliegt und das Tragseil sich infolgedessen entlastet.

Da das Wasser und das Aufhängekabel als Leiter dienen, muß die ganze Anlage (Stützen und eingetauchtes Kabelstück) gegen «Erde» isoliert werden.

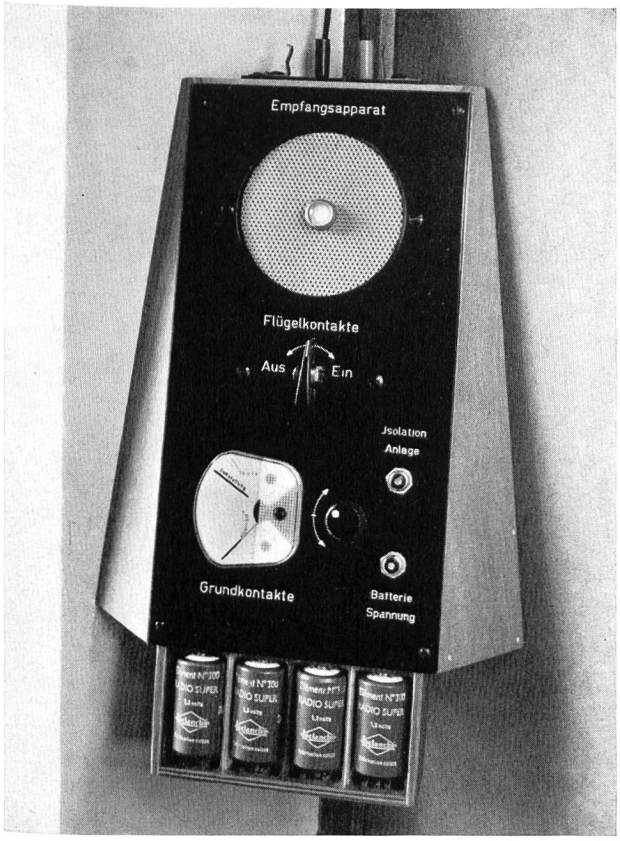


Bild 8 Der Empfangsapparat

einnimmt, für welche die Tangente des Winkels zwischen Seil und Vertikale in einem bestimmten Punkt, gleich dem Produkt der unter diesem Punkt wirkenden Horizontalkräfte, dividiert durch die Vertikalkräfte $\left(\text{tg Winkel} = \frac{\Sigma \text{ Horizontalkräfte}}{\Sigma \text{ Vertikalkräfte}}\right)$ [2], ist. In unserem Falle stellt der Zähler die Summe aus dem Staudrucke des Flügelgewichtes und des Kabels dar; der Nenner ist, unter Vernachlässigung des kleinen Kabelgewichtes, gleich dem Flügelgewicht, unter Wasser gewogen. Man kann aber sagen, daß die vom Tragseil unter Wasser beschriebene Linie annähernd einer Kettenlinie gleich ist. Für die Ermittlung von K_L und K_N benützen wir ähnliche Tabellen wie diejenigen in den deutschen Richtlinien für Abflußmessungen [1].

7. *Die erstellten Anlagen und deren Erfahrungen*

Bis heute wurden vier Anlagen erstellt. Die erste wurde an der Rhone in La Porte du Scex, kurz vor der Mündung der Rhone in den Genfersee, errichtet. Während mehr als einem Jahr führten wir dort eine ganze Reihe von Versuchen, sowie verschiedene Simultanmessungen durch (Tabelle 1). Die Resultate der Simultanmessungen zeigen die gute Übereinstimmung der zwei Meßverfahren.

[2] U. S. Department of the Interior. Stream-gaging Procedure. Geological Survey Water-Supply Paper 888. Washington 1945.

6. *Meßvorgang*

Dieser erfolgt in ähnlicher Weise wie unter A. schon beschrieben wurde. Es sei hier diesbezüglich nur noch auf folgendes hingewiesen:

a) Vor der Messung sind Trag- und Transportseil auf den Arbeitsbereich einzustellen. Man muß sich vergewissern, ob sämtliche Stromquellen und die Isolationen der Anlage den Anforderungen noch genügen. Diese Prüfung kann mit dem vorhandenen Mikroampèremeter vorgenommen werden.

b) Bei Meßbeginn ist der Zähler für die Verschiebung des Transportseiles auf Null zu stellen, was mit Hebeldruck am Zähler automatisch erfolgt.

c) Bei der Peilung der verschiedenen Meßlotrechten ist zuerst das Flügelgewicht bis zum Hilfstaster einzutauchen. In dieser Stellung stellt man den Zähler für die Vertikalverschiebung des Flügelgewichtes auf 30 cm. Dies erfolgt ebenfalls automatisch durch Hebeldruck.

d) Die Abtrift wird gemäß Bild 9 berechnet. Die Länge ts stellt die scheinbare Wassertiefe dar. Sie enthält zwei Fehler: $K_L = h\left(\frac{1}{\cos\beta} - \frac{1}{\cos\alpha}\right)$ nennt man die Luftkorrektur und K_N die Naßkorrektur. Für die Berechnung von K_N wäre das Prinzip anzuwenden, daß ein Seil, auf welches horizontale und vertikale Kräfte wirken, diejenige Gleichgewichtsstellung

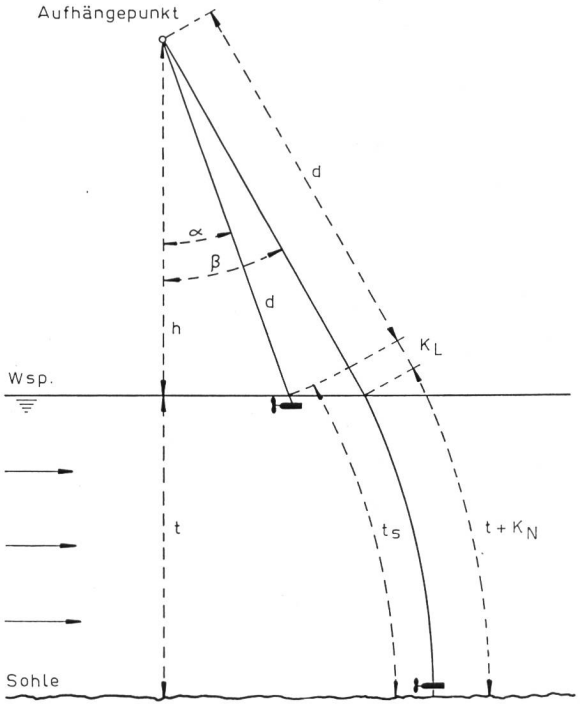


Bild 9 Die Abtrift. Totale Tiefenkorrektur $K = K_L + K_N$

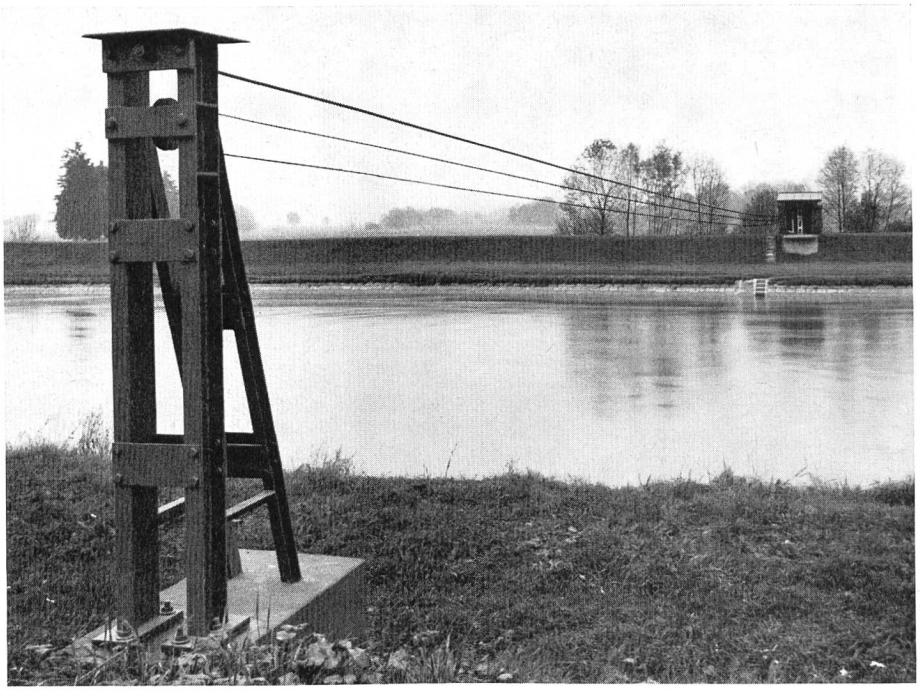


Bild 10 Seilflügelanlage in Mühlau an der Reuß

Ergebnisse von Simultanmessungen mit Seil- und Stangenflügel **Tabelle 1**

Station	Datum der Wassermessung	Q mit Flügel an Seil 1	Q mit Flügel an Stange 2	Δ Q 1—2	Δ Q %
		m³/s	m³/s	m³/s	
Porte du Scex (Rhone)	9. 8. 1957	318,0	317,0	+ 1,0	+ 0,3
	21. 8. 1957	228,5	224,6	+ 3,9	+ 1,7
	21. 8. 1957	213,5	210,9	+ 2,6	+ 1,2
	22. 8. 1957	264,5	263,3	+ 1,2	+ 0,5
	22. 8. 1957	253,3	247,3	+ 6,0	+ 2,4
	27. 8. 1957	201,4	202,6	— 1,2	— 0,6
	2. 9. 1957	169,5	169,0	+ 0,5	+ 0,3
	14. 3. 1958	74,0	74,1	— 0,1	— 0,1
	14. 5. 1958	394,0	401,0	— 7	— 1,7
	20. 5. 1958	257,0	260,0	— 3	— 1,2
	2. 7. 1958	355,0	361,0	— 6	— 1,7
	5. 8. 1958	374,0	380,5	— 6,5	— 1,7
Mühlau (Reuß)	19. 6. 1958	230,0	230,0	0	0
	20. 8. 1958	232,0	232,0	0	0
	16. 9. 1958	97,8	98,5	— 0,7	— 0,7
	16. 9. 1958	99,0	97,6	+ 1,4	+ 1,4
	17. 9. 1958	119,4	117,8	+ 1,6	+ 1,4
Mellingen (Reuß)	12. 6. 1958	358,0	352,0	+ 6	+ 1,7
	26. 6. 1958	243,5	249,0	— 5,5	— 2,2
	13. 8. 1958	235,0	233,0	+ 2,0	+ 0,9
	18. 9. 1958	199,8	200,8	— 1,0	— 0,5
	19. 9. 1958	133,8	135,7	— 1,9	— 1,4
	19. 9. 1958	130,6	131,2	— 0,6	— 0,5
	27. 11. 1958	93,7	93,8	— 0,1	— 0,1
Andelfingen (Thur)	9. 7. 1958	36,8	36,5	+ 0,3	+ 0,8
	14. 8. 1958	42,7	42,5	+ 0,2	+ 0,5
	1. 10. 1958	17,6	17,7	— 0,1	— 0,6

Anläßlich der Aufnahmen konnten wir unter anderm auch feststellen, von welch geringer Bedeutung die sich einstellenden Abtriftwinkel waren. Bei der Wassermeßung vom 14. Mai 1958 wurde beispielsweise eine maximale Wassertiefe von 3,35 m gemessen. Die dieser Tiefe zugehörige mittlere Geschwindigkeit betrug 2,0 m/s und die Distanz h vom Aufhängepunkt bis Wasserspiegel 4,0 m (Bild 9). Es stellte sich dann ein Abtriftwinkel α von 3° und β von 6° ein, was K_L = 1 cm und K_N = 1 cm entspricht. Die vorzunehmende Tiefenkorrektur ($K_L + K_N$) betrug infolgedessen nur 2 cm. Die befriedigenden Ergebnisse mit der ersten Anlage veranlaßten uns, drei weitere zu erstellen, nämlich zwei an der Reuß, in Mühlau (Bild 10) und Mellingen, und eine dritte an der Thur in Andelfingen.

Die Meßstellen wurden in erster Linie nach den bestehenden dienstlichen Bedürfnissen gewählt; bei ihrer Wahl wurde aber auch beachtet, daß der entwikkelte Typ von Seilflügelanlagen möglichst bei Gewässern mit verschiedenem hydrographischem Charakter geprüft werde.

Wie in La Porte du Scex führten wir auch an den andern Meßstellen eine Anzahl von Simultanmessungen durch (Tab. 1). Die erhaltenen Resultate sind befriedigend, ihre Streuung liegt innerhalb der gewünschten Meßgenauigkeit.

Diese positiven Ergebnisse berechtigen uns, noch weitere solche Anlagen zu erstellen, in der Gewißheit, damit die eingangs erwähnten Schwierigkeiten bei der Ausübung unserer hydrographischen Feldtätigkeit weitgehend beheben zu können.