

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	67 (1949)
Heft:	3: Zum Rücktritt von Schulsrats-Präsident Rohn
Artikel:	Die mechanische Lösung des ausserballistischen Hauptproblems
Autor:	Curti, P. / Dubois, F.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-83990

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: 18.01.2026

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

wachstum nicht in einer Vergrößerung der abgebildeten Mikro- oder Grundfibrillen besteht, sondern lediglich in ihrer Vermehrung. Beim Flächenwachstum der Primärwände findet dabei eine kunstvolle gegenseitige Durchflechtung der Grundfibrillen statt (Bilder 2 und 3).

Im Gegensatz zu diesem wundervoll organisierten Aufbau der nativen Fasern aus bestimmten Strukturelementen findet man bei Kunstseidefasern aus umgefällter Zellulose Stränge uneinheitlicher Dicke, die sich beliebig spalten und keine Grundfibrillen von einheitlichem Durchmesser erkennen lassen (Bild 4).

Die mechanische Lösung des ausserballistischen Hauptproblems

DK 531.55

Von Prof. Dr. P. CURTI, Zürich und Dr. F. DUBOIS, Schaffhausen

Hauptaufgabe der äusseren Ballistik ist die Bestimmung der Flugbahnen von Geschossen bzw. von Flugbahnsharen aus Abgangsdaten (Elevation, Geschwindigkeit), Geschossdaten und Zustand der Atmosphäre in Funktion der Höhe. Bisher wurde diese Bestimmung mittels rechnerisch-graphischen Verfahrens (sog. Teilbogenberechnung) durchgeführt. Diesem Verfahren haften zwei Mängel an: Es ist ungenau, da anstelle von stetig variierenden Grössen mit streckenweise konstanten Mittelwerten gerechnet werden muss. Weiter erfordert es einen sehr grossen Zeitaufwand (für eine Flugbahn etwa vier Arbeitstage eines Rechners).

Eines der vornehmsten Ziele der äusseren Ballistik in der Gegenwart ist daher die Schaffung von ausserballistischen Integraphen, die die Flugbahnen auf mathematisch exakte Art und in kurzer Zeit automatisch aufzeichnen. Nachfolgend beschreiben wir unsere Lösung. Eine dieser vorausgegangene vereinfachte Versuchsausführung als «Schulmodell» befindet sich in der Sammlung der Militärschule der E. T. H.¹⁾.

1. Zusammenfassung

Der Flugbahnintegraph verrichtet die mechanische Integration der vier simultanen ballistischen Grundgleichungen:

- (1) $dv = -(q + g \sin \vartheta) dt$
(Gleichgewicht nach der Bahntangente)
- (2) $d\vartheta = -\frac{g \cos \vartheta}{v} dt$
(Hodograph)
- (3) $dx = v \cos \vartheta dt$
(x-Komponente der Geschwindigkeit)
- (4) $dy = v \sin \vartheta dt$
(y-Komponente der Geschwindigkeit)

Bezeichnungen:

t = Zeit, s
 q = Luftverzögerung des Geschosses, m/s^2
 g = Erdbeschleunigung, m/s^2
 v = Geschossgeschwindigkeit, m/s
 ϑ = Neigung der Bahntangente gegen die x -Achse
 x = Abszisse des Geschosses, m
 y = Ordinate des Geschosses, m ü. M.

Der Luftwiderstand q wird, ausgehend von der Ordinate y , von dem vorbekannten Temperaturgradienten $\lambda^{\circ}C/1000 m = f(y)$ und von der Geschossgeschwindigkeit v , mechanisch in thermodynamisch exakter Weise verwirklicht.

Das Hodograph $v = f(\vartheta)$ und die Flugbahn $y = f(x)$, beide mit regelmässigen Zeitmarken, werden automatisch aufgezeichnet. Die Flugbahnelemente t, ϑ, v, x, y werden durch rück-

¹⁾ P. Curti: Aeussere Ballistik. Frauenfeld, 1945, Huber & Co., Seite 7 des Bildanhangs.

stellbare Zählwerke registriert. Ausserdem werden die zusammenhängenden Flugbahnelemente photographisch in Tabelleform festgehalten. Der Integraph löst die photographischen Aufnahmen nach regelmässigen Intervallen einer der drei Variablen t, x oder y automatisch aus.

2. Beschreibung

Der Integraph setzt sich funktionsmässig aus drei Hauptteilen zusammen, nämlich:

- a) dem Luftwiderstandsmechanismus
- b) dem Integrationsmechanismus und
- c) dem Registrier- und Zählmechanismus.

Dazu kommen noch d) elektrische Hilfsvorrichtungen zur Tätigung der Hauptteile a), b) und c). Der Integraph ist rd. 4 m lang und 1 m breit; er ist der organischen Gliederung des Integraphen weitgehend angepasst. Er besteht aus drei zusammengeschraubten Teilstücken. Das Teilstück links trägt den Luftwiderstandsmechanismus a); das mittlere die Integratoren b), entsprechend den vier Grundgleichungen (1) bis (4) gruppiert; der Registrier- und Zählmechanismus c) ist zur Hauptsache auf dem Teilstück rechts und zu einem kleineren Teil auf dem mittleren Teilstück untergebracht. Die elektrischen Hilfsvorrichtungen d) sind auf einer Konsole unterhalb des linken Teilstücks vereinigt.

a) Luftwiderstandsmechanismus

Dem Luftwiderstandsmechanismus liegt die moderne Luftwiderstandsformel für Geschosse

$$q = C_{no} \frac{B_y}{B_{no}} F(m)$$

zu Grunde, worin bedeuten: C_{no} = Formkoeffizient, B_y bzw. B_{no} = Barometerdruck in der Höhe y bzw. in der Bezugs Höhe y_{no} ü. M., $F(m)$ = Luftwiderstandsformel, m = Machsche Zahl der relativ zuströmenden Luft.

Im mittleren vorderen Teil des q -Mechanismus wird mittels λ -einstellbaren Wechselgetriebes aus y die Celsius- bzw. absolute Temperatur t_y und T_y (absolut) gebildet. Aus T_y wird der reziproke Wert der Schallgeschwindigkeit $1/s = 1/\sqrt{g k R T}$ (g = Erdbeschleunigung, k = Exponent der Adiabate und R = Gaskonstante für Luft) abgeleitet. Geschossgeschwindigkeit v und reziproker Schallgeschwindigkeit $1/s$ werden einem aus deformierbaren ähnlichen Dreiecken bestehenden Multiplikationsmechanismus (links) zugeführt, der das Verhältnis $v/s = m$ = Mach'sche Zahl liefert. Aus m wird mittels Kurvenscheibe (Mitte hinten) die Luftwiderstandsformel $F(m)$ in $(m/s)^2$ gewonnen.

Anderseits wird aus der Ordinate y (m ü. M.) und der absoluten Temperatur T durch exakte mechanische Verwirklichung der Barometergleichung

$$B_y = B_o e^{-\int dy/R T}$$

(B_o = Barometerdruck auf Meereshöhe)

der reziproke Wert des Barometerdrucks in der Höhe y , $1/B_y$, erzeugt. Dazu bildet ein kraftschlüssiger Schaltradintegrator

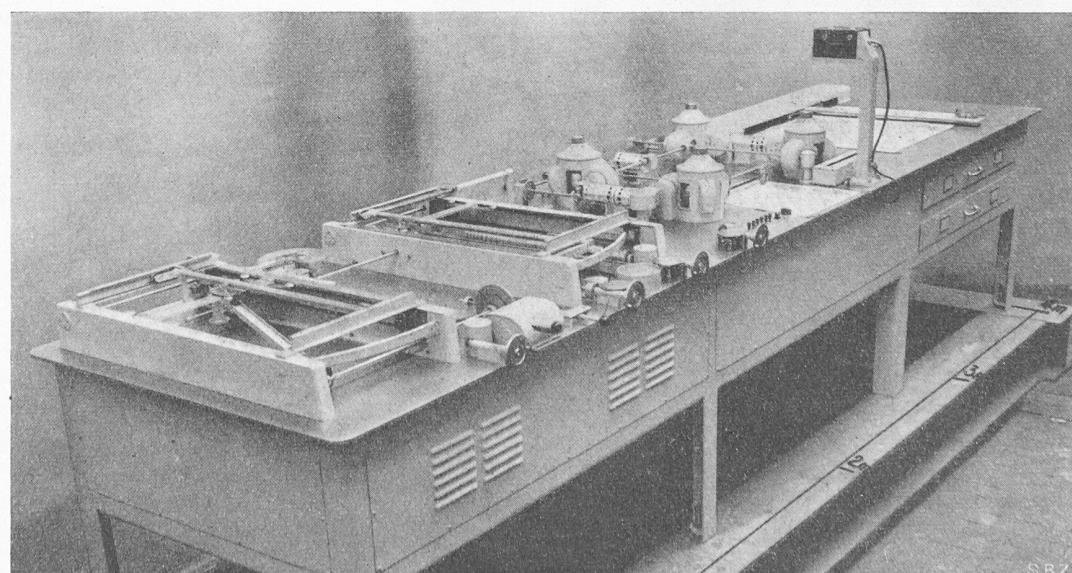


Bild 2. Integraph, im Vordergrund Teil links

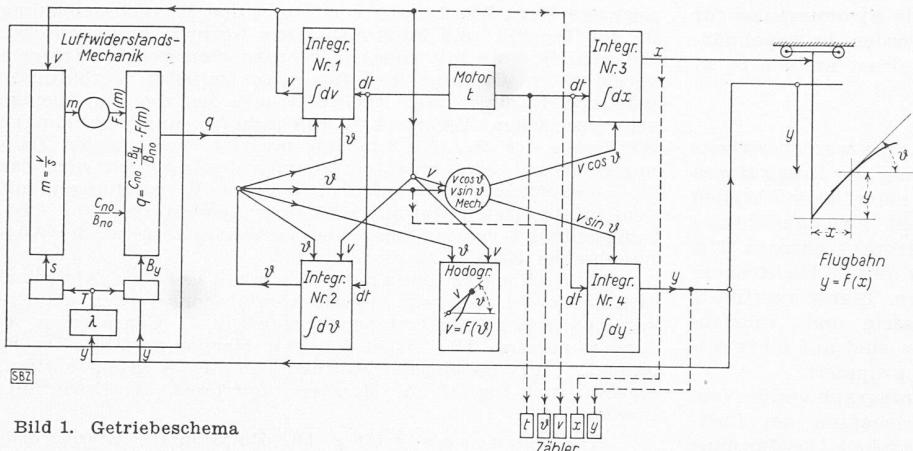


Bild 1. Getriebeschema

mit $1/R T$ -proportionalem, veränderlichen Schaltsschritt pro dy -Einheit (unter dem Tisch rechts) das Integral $\int dy/R T$, das als Rotation eine Exponentialschraube mit zunehmender (Drehwinkel) Steigung e antreibt.

Schliesslich wird in einem dem v/s -Mechanismus ähnlichen Dreieckmechanismus (rechts) aus der Luftwiderstandsfunktion $F(m)$, dem reziproken Wert des Barometerdrucks $1/B_y$ und dem in zusammengeschlossener Form C_{no}/B_{no} zu Anfang von Hand eingestellten Formkoeffizienten der Luftwiderstand $q \text{ m/s}^2$ als dreifaches Produkt erhalten gemäss:

$$q = \frac{C_{no}}{B_{no}} \frac{1}{1/B_y} F(m) = C_{no} \frac{B_y}{B_{no}} F(m)$$

Für den Raketenabschuss ist die Raketenbeschleunigung entgegen der Luftwiderstandsverzögerung nach der Tangente an der Flugbahn einzuführen und bis zum Brennschluss in Funktion der Zeit zu regulieren; ebenso der ballistische Koeffizient C_{no}/B_{no} , da das Raketengewicht während der Brennzeit ständig abnimmt. Es ist vorgesehen, am Integraphen diese zwei Zusätze halbautomatisch (zweiter Operator anhand einer Wertetabelle) einzuführen.

b) Integrationsmechanismus

Die vier Integratoren sind entsprechend den ballistischen Grundgleichungen (1) bis (4) numeriert. Sie sind Kugelintegratoren, denen ein tang-Gesetz des Integranden zu Grunde liegt ($J = \int \Phi(t) dt = \int \text{konst.} \cdot \text{tg } \psi dt$). Alle vier werden auf der dt -Seite von einem zentralen Motor gemeinschaftlich in Funktion der Zeit angetrieben.

(1) v -Integrator. Auszuführende Integration:

$$v = - \int (q + g \sin \theta) dt$$

Aus dem von links an kommenden Luftwiderstand q und der mittels Schleifkurbelmechanismus mit Radius g und Drehwinkel θ gebildeten Komponente $g \sin \theta$ wird durch Flaschenzug (konstruktiv = Differentialgetriebe) die Summe ($q + g \sin \theta$)

$g \sin \theta$) erhalten. Diese Summe wird als Integrand dem Integrator zugeführt.

(2) θ -Integrator. Auszuführende Integration:

$$g = - \int \frac{g \cos \theta}{v} dt$$

Die Komponente $g \cos \theta$ wird, ähnlich wie beim Integrator Nr. 1, mittels Schleifkurbelmechanismus mit Drehwinkel θ und Radius g , diesmal aber mit \cos - statt \sin -Stellung, gebildet.

Ein rechtwinkliges Dreieck mit Grundkathete v (von der v -Welle her) und dazu senkrechter Kathete $g \cos \theta$ (vom Kurbelschleifenmechanismus her) liefert als trigonometrischer tang seines Basiswinkels den als Integrand dem Integrator zugeführten Bruch $g \cos \theta / v$, der

(3) und (4) x - und y -Integratoren. Auszuführende Integrationen:

$$x = \int v \cos \theta dt \text{ bzw. } y = \int v \sin \theta dt$$

Die aus den Integratoren (1) und (2) ausgehenden v bzw. θ -Werte werden auf zwei in der Längssymmetrieaxe des mittleren Tisches liegenden Wellen übertragen. Diese betätigen gemeinsam einen $v \cos \theta$ - bzw. $v \sin \theta$ -Mechanismus, in dem auf einem um θ geschwenkten Arm die Geschwindigkeit v als Radiusvektor abgetragen wird. Die rechtwinkeligen Koordinaten des Vektorendpunktes, $v \cos \theta$ bzw. $v \sin \theta$, werden in den zwei zueinander senkrechten Axenrichtungen mittels Kurbelschleifen abgegriffen und dem x - bzw. y -Integrator als Integranden zugeführt.

c) Registrier- und Zählmechanismus

Hodograph: Zur Erzeugung des Hodographen werden von den zentralen v - und θ -Längswellen v - und θ -Werte nach dem vorderen Rand des mittleren Tischteiles übertragen. Dort wird auf einem um θ geschwenkten Arm ein Wägelchen um eine v -proportionale Strecke vom Drehpunkt weg verschoben und zeichnet mittels Schreibfeder den Hodographen auf einem darunter befindlichen Papierblatt auf.

Flugbahn: Am rechten Tischteil nimmt ein vom x -Integrator angetriebenes Stachelrad durch ein perforiertes, endloses Stahlband einen in x -Richtung geführten Wagen um die x -Beträge mit.

An einem y -gerichteten Queransatz des x -Wagens bewegt sich ein y -Wägelchen mit Schreibfeder. Seine Bewegung erhält es über ein zweites endloses Stahlband von einer Stahlbandrolle, die durch Zahnkranz mit einem y -angetriebenen, der Führung des x -Wagens entlang laufenden langen Zahnkolben sich verzahnt. Die Schreibfeder zeichnet auf einem darunter aufgespannten Papierblatt die Flugbahn $y = f(x)$ auf.

Am Hodographenarm bzw. am x -Wagen angebrachte elektromagnetische Markenschreiber mit Kontaktgabe von der t -Welle aus zeichnen auf einem Grundkreis des Hodographen bzw. auf der x -Axe der Flugbahn Zeitmarken in regelmässigen Sekundenabständen auf.

Die Zählwerkgruppe, die vorn rechts am mittleren Tischteil angebracht ist, erhält die t -, θ -, v -, x - und y -Werte direkt von den t -, θ -, v -, x - und y -Wellen des Integraphen über Querwellen und Zahnräder.

Die Aufnahmekamera ist an einer vertikalen Säule senkrecht ober-

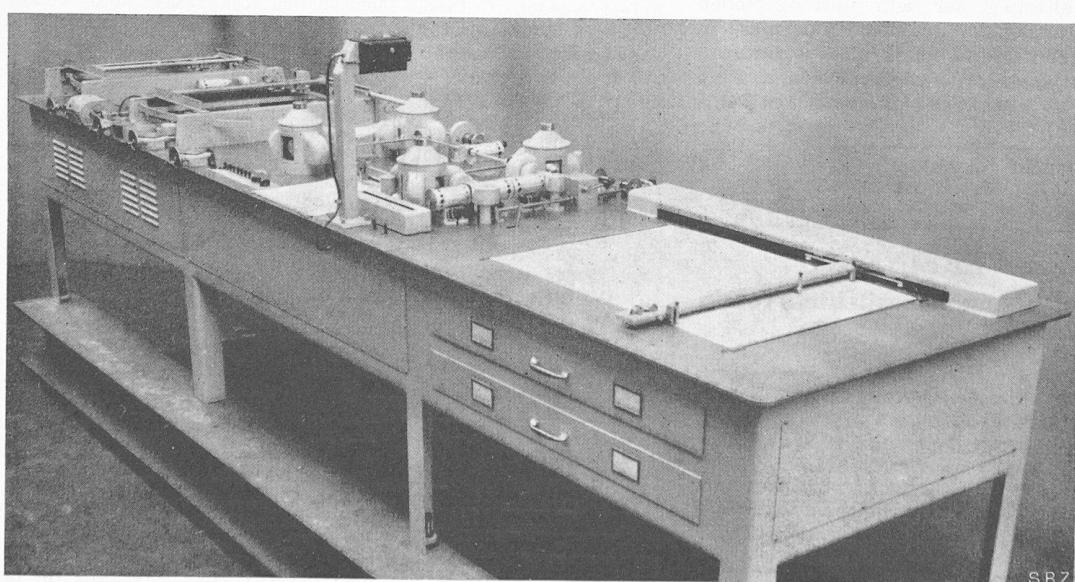


Bild 3. Integraph, im Vordergrund Teil rechts

halb der Zählwerkgruppe angebracht. Die Stromimpulse für Verschlussöffnung und Filmvorschub werden in regelmässigen t -, x - oder y -Abständen von Kontakten an den t -, x - oder y -Wellen ausgelöst.

d) Elektrische Hilfsvorrichtungen

Die erhaltenen v -, θ -, x - und y -Zuwächse werden zwecks genügenden Antriebsmomentes am Ausgang der Integratoren mittels elektrischer Nachlaufwerke den betreffenden Wellen zugeführt. Zur Speisung der Anlage dient gleichgerichteter Strom aus dem 220 V, 50 \sim Wechselstrom-Lichtnetz. Die Steuerung der Nachlaufmotoren erfolgt durch Elektronenröhren mit kontakt-beeinflussten Gittern. Transformatoren, Metalloxyd-Gleichrichter, Glättungs-Drosseln und -Kondensatoren, schliesslich die Elektronenröhren sind auf einer Anzahl Chassis unter dem linken Tischteil gruppiert.

Der beschriebene ausserballistische Integrator wurde vom ersten Verfasser bis und mit dem Getriebeplan, der Luftwiderstandsmechanismus vom zweiten entwickelt. Die Maschine wurde nach konstruktiven Entwürfen des zweiten Verfassers in der Maschinenfabrik Alfred J. Amsler & Co. in Schaffhausen ausgeführt.

*

Für grosse Geschwindigkeiten über 12000 m/s fällt das Geschoss nicht mehr auf die Erde zurück, sondern beschreibt als Trabant seine Bahn um den Zentralkörper. Für diesen Fall haben wir nach den gleichen Prinzipien einen Planeten-Integrator erdacht. Da aber die Astronomen die Planetenbahnen berechnen können, hat dieser zunächst wenig Aussicht auf Realisierung, interessant wird er erst bei Betrachtung der Störungen, wo der erste Trabant durch einen zweiten gestört wird und der zweite durch den ersten. Sobald dann bei diesem «Dreikörperproblem» die Massen der Trabanten gegenüber der Masse des Zentralkörpers nicht mehr vernachlässigt werden dürfen, ist die mechanische Lösung am Platze.

Eidg. Technische Hochschule

DK 378.962

Die Professorenkonferenz hat am 8. Januar Prof. Dr. *Fritz Stüssi* zum Rektor gewählt. So fügt es sich, dass Präsident Rohn an seiner heutigen Abschiedsfeier seinen ehemaligen Schüler, Diplomanden und Assistenten, seinen späteren Nachfolger auf dem Lehrstuhl nun auch mit dem höchsten akademischen Amt betraut sieht, das er seinerzeit selber bekleidet hatte. Er darf Abschied nehmen in der Ueberzeugung, dass sein Lebenswerk auch fortan, mit wachem Geist und starken Händen geleitet, weiter gedeihen wird.

MITTEILUNGEN

Das Kraftwerk Wassen hat am 5. Januar 1949 den Betrieb mit einer Einheit aufgenommen. Der Bau dieses Werkes wurde im April 1946 beschlossen; mit den Bauarbeiten konnte im September begonnen werden; die Bauzeit betrug demnach nur 27 Monate. Die Bewältigung der sehr umfangreichen Arbeiten und die Ueberwindung der grossen Hindernisse in der Beschaffung von Material und Arbeitskräften erforderte von allen Beteiligten einen ausserordentlichen Einsatz. Eine eingehende Beschreibung, vor allem des bautechnischen Teils, wird hier demnächst folgen.

Für den Textteil verantwortliche Redaktion:

Dipl. Bau-Ing. W. JEGHER, Dipl. Masch.-Ing. A. OSTERTAG
Zürich, Dianastrasse 5 (Postfach Zürich 39). Telefon (051) 23 45 07

MITTEILUNGEN DER VEREINE

S.I.A. Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein Mitteilungen des Sekretariates

Beschlüsse der

Delegierten-Versammlung vom 23. Oktober 1948

in Neuchâtel (Auszug aus dem Protokoll).

a) Schweiz. Berufskammer für Technik und Architektur. Die Delegiertenversammlung des S.I.A. vom 23. Oktober 1948 in Neuchâtel hat den Entwurf der Titelschutzkommission des S.I.A. mehrheitlich abgelehnt. Die Delegierten haben folgende Resolution mit allen gegen eine Stimme angenommen:

«Die Delegiertenversammlung des S.I.A. begrüßt und anerkennt die verdienstvollen Anstrengungen zur Schaffung einer wirksamen und verbindlichen Ordnung, die dem

gegenwärtigen Missbrauch von Titeln und Berufsbezeichnung in der Technik und Baukunst klare Normen entgegensezten. Sie sieht in einer mit anderen interessierten Berufsverbänden vereinbarten Ordnung die für schweizerische Verhältnisse mögliche Lösung. Mit Rücksicht auf die von den beiden schweizerischen Technischen Hochschulen und von einigen Sektionen des S.I.A. zum gegenwärtig vorliegenden Ordnungsentwurf vorgebrachten Abänderungsbegehren wird das C.C. beauftragt, zu versuchen, in neuen Verhandlungen mit den interessierten Berufsverbänden Aenderungen im Ordnungsentwurf vorzunehmen und über das Resultat der Verhandlungen Bericht zu erstatten.»

b) Schweiz. Standeskommision. Als neue Mitglieder der Schweiz. Standeskommision werden als Ersatz für die zurückgetretenen Herren Ing. H. Conrad, Ing. A. Linder und Ing. Ph. Tripet folgende Herren gewählt: Dr. E. Jaquet, Ing., Basel, als Mitglied; Dr. R. A. Steiger, Ing., Luzern, und Ing. G. A. Madliger, Serrières, als Ersatzmitglieder.

c) Standesordnung. Die Revision der Standesordnung wird mit einigen kleinen Abänderungen genehmigt.

d) Revision der Hochbau-Normalien Nr. 118, 129, 134 und 137. Die Revision der nachstehenden Hochbau-Normalien des S.I.A. wird genehmigt: Form. 118 «Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten» Art. 10/6. Form. 129 «Bedingungen und Messvorschriften für Plattenarbeiten». Form. 134 «Bedingungen und Messvorschriften für fugenlose Unterlagsböden und für fertige Steinholzbodenbeläge». Form. 137 «Bedingungen für die Erstellung von elektrischen Hausinstallationen».

Comité national suisse der «Conférence Technique Mondiale»

Das «Comité national suisse» hat in seiner letzten Sitzung vom 30. November 1948 die Ergebnisse der letzten Ausschusssitzung der C.T.M. in Paris besprochen und die Beteiligung der Schweiz am 2. Internat. Technischen Kongress der C.T.M. in Kairo einer eingehenden Prüfung unterzogen.

In der Ausschuss-Sitzung in Paris, an der Ing. E. Choisy und Ing. P. E. Soutter teilgenommen haben, ist die Aufnahme der Nationalausschüsse aus folgenden Ländern beschlossen worden: Uruguay, Libanon, Türkei, Columbien und Indien. Die Vereinigten Nationen und die UNESCO waren an der Sitzung vertreten. Die UNESCO hat dem Kongress in Kairo ihre Unterstützung gewährt und einen finanziellen Beitrag geleistet, damit u. a. die Kongressbeiträge ins Arabische übersetzt werden können. Es sind ferner Fragen des internationalen Austausches von Ingenieuren, der Erhältlichmachung und Verteilung von Studienstipendien für Ingenieure, der Herausgabe eines periodischen Mitteilungsblattes über die Tätigkeit aller internationalen technischen Fachinstitutionen usw. besprochen worden.

Anschliessend an diese Sitzung fand bei den Vereinigten Nationen im Palais de Chaillot ein Exposé des Direktors der Abteilung für Stabilität und wirtschaftliche Entwicklung der UNO über die Experten-Konferenz vom Juni 1949 in Lake Success über «La Conservation et l'Utilisation des Ressources naturelles» statt, welches Thema eine Weiterung der Verhandlungen im Kongress von Kairo bedeutet.

Das Comité suisse erachtet es als notwendig, dass von der Schweiz aus einige Beiträge für den Kongress in Kairo geliefert werden. Die drei Themen des Kongresses sind: 1. Les Matières Premières Industrielles et leur Utilisation rationnelle dans le Monde. 2. Aspect Social du Développement de la Technique et du Problème des Matières Premières. 3. Les Problèmes de l'Eau au Moyen Orient.

Nach den bisherigen Meldungen sind aus den verschiedenen Ländern etwa 70 Beiträge gemeldet. Es wird mit rd. 1000 Teilnehmern gerechnet. Eine Beteiligung von Schweizer Ingenieuren ist auch im Interesse der Geltendmachung der Schweizer Technik im Mittelorient unbedingt notwendig. Das Comité national suisse stellt fest, dass einige wertvolle Beiträge von Schweizer Fachleuten bereits geliefert bzw. zugesagt sind.

Weitere Auskünfte können beim Zentralsekretariat des S.I.A., Beethovenstr. 1, Zürich 2, eingeholt werden.

VORTRAGSKALENDER

19. Jan. (Mittwoch) S.I.A. Basel. 20.15 h im Restaurant Kunsthalle, I. Stock. Ing. E. Schmidt, EMPA, Zürich: «Beobachtungen und Messungen an Bauwerken und an Modellen».
21. Jan. (Freitag) S.I.A. Bern. 20.15 h im Hotel Bristol. Ing. C. Lucchini, Bau- und Betriebsdirektor der Generaldirektion SBB: «Das Zehnjahresbauprogramm der SBB».
22. Jan. (Samstag) Fachgruppe der Ingenieure für Brückenbau und Hochbau. 10.30 h im Auditorium I der E.T.H. Dott. Ing. Carlo Semenza, Venedig: «Les barrages de la Società Adriatica di Elettricità dans le Veneto».