

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 105/106 (1935)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Die Methode der Grundkoordinaten  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-47396>

### **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:** 27.01.2026

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

### C. Zusammenfassung.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass Pavillon-, Kamm-, Doppelblock- und Trabantensysteme zu relativ guter Endlösung führen können, wenn dabei der Geländeform und der Zufahrt genügend Rechnung getragen wird. Demgegenüber vermochten die Entwürfe in Block- und Mischsystem nicht vorzudringen.

Der Terraininformation und der freien Lage des Bauplatzes wird jedoch nur im Kammsystem mit talseitigen gestaffelten Bettenhäusern, wie im Doppelblock und im Trabantensystem mit schräger Staffelung der Pavillons genügend Rechnung getragen.

Bei Freihaltung der Einsenkung im südwestlichen Teil des Geländes wird für die Bettenhäuser dieser Entwürfe eine grösstmögliche freie Lage erzielt. Dabei wurde denjenigen Entwürfen der Vorzug gegeben, die bei gewisser Grossräumigkeit eine weitgehende Zusammenfassung der Freiflächen aufweisen.

Abgesehen von einer störenden Masstablosigkeit im Gebiet der offenen Bebauung ist zu den Hochhaus-Vorschlägen zu erwähnen, dass dem betrieblichen Vorteil grosser Konzentration mit zunehmender Höhe doch gewisse Nachteile gegenüberstehen. Bei dem vorhandenen Baugrund wirkt sich bereits bei acht Stockwerken eine erhebliche Vergrösserung der Fundamente aus. Bei zwölf Stockwerken fällt der Winddruck schon stark ins Gewicht. Betrieblich wachsen mit zunehmender Höhe durch Leerfahrten die Beförderungszeiten, während sich die Bettenzahl der im gleichen Geschoss der Behandlungsräume liegenden Abteilungen verringert. Andererseits ermöglicht die Horizontal-Entwicklung die Orientierung und die Uebersicht ohne technische Hilfsmittel.

Dem Wunsch nach einem vereinfachten System für Anfahrt, Zugang und Kontrolle durch Einfriedigung des gesamten Geländes wurde nur teilweise entsprochen. Wie sich aus der Ermittlung der horizontalen Weglängen ergibt, zeigt der Verkehr innerhalb des Spitals in den einzelnen Entwürfen grosse Unterschiede. Für einen reibungslosen raschen Verkehr sind jedoch nicht nur geringe Weglängen und kreuzungsfreie Führung der Verkehrsgänge, sondern auch deren schlanke, übersichtliche Führung ausschlaggebend. Längere, aber schlank geführte Wege ohne Gefälle sind solchen mit kürzeren, aber mehrfach gebrochener Führung und teilweisem Gefälle vorzuziehen. Besonders nachteilig sind solche Anordnungen, die hierbei zweimalige Liftbenützung voraussetzen und bei denen natürliche Belüftung und Belichtung ganz oder teilweise fehlen.

Aufnahme- und Verwaltungsabteilung haben nur in wenigen Entwürfen eine der Bedeutung dieser Abteilung entsprechende Lage und Durchbildung gefunden.

Die freie, individuelle Gestaltung der einzelnen Polikliniken, deren leichte Auffindbarkeit und direkte Zugängigkeit ist nicht in allen Entwürfen erreicht worden. Die Zusammenfassung der Polikliniken an einem gemeinschaftlichen Empfangsraum ist beachtenswert. Dabei sollte jedoch mindestens für die dermatologische und die Frauenklinik der besondere Zugang beibehalten werden.

Für die Gruppierung der verschiedenen Kliniken ist in erster Linie ihre Beziehung mit dem physikalisch-therapeutischen und mit dem Strahleninstitut massgebend, deren Anordnung deshalb ausschlaggebend ist. Die Verteilung ihrer einzelnen Behandlungsgruppen auf mehrere Stockwerke oder an langgestreckte Korridorsysteme ist ungünstig. Da künstliche Belüftung hier vorausgesetzt werden darf, ist die Anwendung von Oberlichtern gut möglich.

Die Tatsache, dass die Augenklinik in der zweiten Baustage verlangt wurde, obschon sie ihrem Wesen nach in die erste Etappe zu Nasen-, Ohren- und Halsklinik gehört, hat verschiedene Verfasser dazu verleitet, diese zu weit entfernt von den Behandlungsabteilungen der ersten Baustage zu verlegen.

Die Institute ohne Bettenabteilungen sind vor allem nach ihrer Stellung innerhalb der Gesamtanlage zu beurteilen. Eine Trennung nach vorklinischen und klinischen Disziplinen ist naheliegend. Andererseits bietet die Stellung des physiologisch-chemischen Instituts neben dem Hygiene-Institut grosse Vorteile, da es wie dieses in regem Austausch mit den Forschungsabteilungen aller Kliniken steht. Darum liegen diese Institute am besten hinter oder neben den Behandlungstrakten. Das zahnärztliche Institut mit seiner grossen Frequenz gehört möglichst nahe an die Zufahrten, eventuell vor den Spitalbezirk. Die sich entgegenstehenden Bedingungen, die an das pathologische Institut gestellt werden müssen, nämlich enge Verbindung mit allen Kliniken und kurze Wege von allen Lehrabteilungen einerseits, abgesonderte, der Sicht entzogene Leichenabteilung andererseits, liessen nur in wenigen Fällen befriedigende Lösungen finden. Sezierhaus, Laboratorien und die dazwischenliegende Lehrabteilung müssen baulich klar getrennt sein. Das gerichtsmedizinische Institut

eignet sich für seine Nachbarschaft. Die Anatomie ist völlig unabhängig und selbständig. Allgemein ist die Lage der Institute im Süden oder Westen des Areals verfehlt.

Eine einwandfreie Verbindung der biologischen Laboratorien mit den einzelnen Forschungsabteilungen unter einem Dach ist nicht gefunden worden. Dagegen ist auf sehr gute Lösungen hinzuweisen, die sie in einem eigenen Gebäude abgelegen und doch leicht erreichbar zusammengefasst haben.

Die schwierige und für den Betrieb des Spitals lebenswichtige Küchenfrage wurde in mehreren Entwürfen einwandfrei durch zweckentsprechende Lage und Einbeziehung der Zentralküche gelöst. Dabei zeigt sich, dass grundsätzlich drei verschiedene Systeme gewählt worden sind, von denen das erste die Küche auf das Grundstück westlich der Lenggstrasse verweist, was zwangsläufig eine unterirdische Verlängerung des Verbindungsganges zur Folge hat. Ein zweites System ergibt sich aus der bergseitig gelegenen Küche, deren Höhenlage in Beziehung zu den Bettenhäusern einen Speiserversorgungsgang in einem der Hauptgeschosse erfordert, wie sie in Entwurf Nr. 77 zweckmässig durchgeführt ist. Ein drittes System geht von der talseitig tiefer gelegenen Küchenanlage im Nordwesten des Geländes aus. Die Vorteile dieser Anordnung ergeben sich aus der geringen Entfernung von den Bettenhäusern, aus der Möglichkeit der direkten Speiserverteilung in besonderem Geschoss und aus der vereinfachten Kontrolle des Wirtschaftsbetriebes durch Lage auf gleichem Areal. Gleichzeitig wird durch Terrassierung des Geländes eine gute Belichtung des Ganges ermöglicht. Ausserdem wird in einzelnen Entwürfen mit mehr oder weniger Erfolg versucht, die Küche in das Zentrum der Anlage unmittelbar über, unter oder neben den Bettenhäusern beider Etappen zu legen, um zu kürzesten Verpflegungswegen zu gelangen.

Bei der Anlage der Unterrichtsräume wurden die Zugänge für Studenten nicht durchwegs klar ausgebildet, um so mehr sind die Entwürfe hervorzuheben, in denen direkte, leicht auffindbare Zugänge mit guter räumlicher Gestaltung verbunden sind. Wärmewirtschaftliche und raumwirtschaftliche Gesichtspunkte haben bei den meisten Bearbeitern nicht die gebührende Beachtung gefunden. Das lassen zum Beispiel die übermässig gross bemessenen Räume (Tagräume, Vorplätze, Hallen, Gänge usw.) erkennen. Mangelhafte Berücksichtigung dieser Punkte müsste sich in der Wirtschaftlichkeit des Betriebes der Spitalanlage recht nachteilig auswirken. Bei der Kritik der einzelnen Projekte sind die Fensterdispositionen nicht besprochen worden. Zusammenfassend vertritt das Preisgericht die Ansicht, dass im allgemeinen von vorgelegten, beschattenden Balkonen Umgang zu nehmen sei und die Fenstersysteme derart gewählt werden sollten, dass zur Abblendung der Krankenzimmer Holzrolläden angebracht werden können.

Die gewünschte Freihaltung der Anstalt Burghölzli führte in einzelnen Entwürfen zu einer weitgehenden Unterteilung der Freiflächen, wobei der vor dem Burghölzli liegende Teil den Patienten des Spitals entzogen wird. Vorteilhaft sind die Vorschläge, in denen durch die völlige Freihaltung des westlichen Geländeteils die Anstalt Burghölzli wie auch die Spitalanlage in vollen Genuss der Freifläche gelangen.

(Schluss folgt.)

### Die Methode der Grundkoordinaten.

Von Dr. sc. techn. GUSTAV E. KRUCK, Ing. Zürich.

Abriss einer Deformationsmethode zur Berechnung ebener, biegunsfester Rahmenwerke mit geraden oder gekrümmten Stäben.

(Schluss von Seite 74.)

#### 5. Die Knoten- und Kettengleichungen.

Aus Gleichung (11) können wir die Bestimmungsgleichungen der Grundkoordinaten für jedes beliebige System von Grundkoordinaten herleiten.

Wir ersetzen die Stabkoordinaten  $\alpha_i$  und  $\alpha_k$  durch Grundkoordinaten nach (3), setzen

$$\delta = \Delta l_r \cos \gamma + e_i v_i + e_k v_k$$

und ersetzen darin  $\Delta l_r$  nach (4).

Für  $w_m = v_i = 1$  erhalten wir nach (9):

$$M_i^m = -\frac{z_{ii}}{d_r'}$$

$$M_k^m = -\frac{z_{ik}}{d_r'}$$

$$H^m = \frac{e_i}{\delta_H}$$

Gleichung (11) lautet:

$$\sum_{r=1}^s \left\{ \left( -\frac{z_{ii}}{d_{r'}} \right) \left[ -v_i - \sum_{m=1}^p (\lambda_m \vartheta_{rm}) - \vartheta_{r'} \right] + \left( -\frac{z_{ik}}{d_{r'}} \right) \left[ -v_k - \sum_{m=1}^p (\lambda_m \vartheta_{rm}) - \vartheta_{r'} \right] + \left( \frac{e_i}{d_{r'}} \right) \left[ e_i v_i + e_k v_k + \cos \gamma \left( \sum_{m=1}^p (\lambda_m \Delta l_{rm}) + \Delta l_{r'} \right) \right] \right\} = A^m + \sum_i \left[ \left( -\frac{z_{ii}}{d_{r'}} \right) \alpha_{it} + \left( -\frac{z_{ik}}{d_{r'}} \right) \alpha_{kt} + \left( \frac{e_i}{\delta_H} \right) \delta_{rt} \right]$$

Durch Ausschreiben der Doppelsummen und Umgruppierung nach den unbekannten Grundkoordinaten erhalten wir die *Knotengleichung i*:

$$a_{ii} v_i + \sum_i a_{ik} v_k + \sum_{m=1}^p b_{im} \lambda_m = L_i \quad (12)$$

Koeffizienten:

$$a_{ii} = \sum_i \left( \frac{z_{ii}}{d_{r'}} + \frac{e_i^2}{\delta_H} \right); \quad a_{ik} = \frac{z_{ik}}{d_{r'}} + \frac{e_i e_k}{\delta_H}$$

$$b_{im} = \sum_i \left[ \left( \frac{z_{ii}}{d_{r'}} \right) \vartheta_{rm} + \left( \frac{\cos \gamma e_i}{\delta_H} \right) \Delta l_{rm} \right]$$

Lastglied:

$$L_i = \sum_i M_i^0 - \sum_i \left\{ \frac{1}{d_{r'}} [z_{ii} \alpha_{it} + z_{ik} \alpha_{kt} + \zeta_i \vartheta_{r'}] + \left( \frac{e_i}{\delta_H} \right) [\Delta l_{r'} - \delta_{rt}] \right\}$$

$\Sigma$  bedeutet Summe über alle am Knoten *i* angeschlossenen Stäbe.

Die Gleichung heisst Knotengleichung, weil sie ausagt, dass die auf den Knoten *i* einwirkende Momente im Gleichgewicht sind.

Für  $w_m = \lambda_{\varrho} = 1$  wird analog:

$$M_i^0 = - \frac{\zeta_i}{d_{r'}} \vartheta_{r\varrho}$$

$$M_k^0 = - \frac{\zeta_k}{d_{r'}} \vartheta_{r\varrho}$$

$$H^0 = \frac{\cos \gamma}{\delta_H} \Delta l_{r\varrho}$$

Aus Gleichung (11) erhalten wir so die *Kettengleichung n + \varrho*:

$$\sum_{i=1}^n b_{i\varrho} v_i + \sum_{m=1}^p c_{m\varrho} \lambda_m = L_{n+\varrho} \quad (13)$$

Koeffizienten:

$$c_{m\varrho} = \sum_{r=1}^s \left( \frac{\zeta_r \vartheta_{r\varrho} \vartheta_{rm}}{d_{r'}} + \frac{\cos \gamma^2 \Delta l_{r\varrho} \Delta l_{rm}}{\delta_H} \right)$$

Lastglied:

$$L_{n+\varrho} = \sum_{i=1}^n R_i^0 v_i^0 \cos \alpha - \sum_{r=1}^s \left\{ \left( \frac{\vartheta_{r\varrho}}{d_{r'}} \right) [\zeta_i \alpha_{it} + \zeta_k \alpha_{kt} + \zeta_r \vartheta_{r'}] + \left( \frac{\cos \gamma \Delta l_{r\varrho}}{\delta_H} \right) [\cos \gamma \Delta l_{r'} - \vartheta_{rt}] \right\}$$

Wir nennen diese Gl. nach Mann Kettengleichungen, weil sie das Gleichgewicht der kinematischen Kette *G* ausdrücken.

Für *gerade Stäbe* vereinfachen sich die Koeffizienten in den Knoten- und Kettengleichungen:

$$\gamma = e_i = e_k = 0;$$

$$a_{ii} = \sum_i \frac{z_{ii}}{l_{r'}}; \quad a_{ik} = \frac{z_{ik}}{l_{r'}};$$

$$b_{im} = \sum_i \frac{\zeta_i}{l_{r'}} \vartheta_{rm}; \quad c_{m\varrho} = \sum_{r=1}^s \left( \frac{\zeta_r \vartheta_{r\varrho} \vartheta_{rm}}{l_{r'}} + \frac{\Delta l_{r\varrho} \Delta l_{rm}}{\delta_H} \right)$$

$$L_i = \sum_i M_i^0 - \sum_i \left[ \frac{1}{l_{r'}} (z_{ii} \alpha_{it} + z_{ik} \alpha_{kt} + \zeta_i \vartheta_{r'}) \right]$$

$$L_{n+\varrho} = \sum_{i=1}^n R_i^0 v_i^0 \cos \alpha - \sum_{r=1}^s \left\{ \left( \frac{\vartheta_{r\varrho}}{l_{r'}} \right) [\zeta_i \alpha_{it} + \zeta_k \alpha_{kt} + \zeta_r \vartheta_{r'}] + \left( \frac{\Delta l_{r\varrho}}{\delta_H} \right) [\Delta l_{r'} - \Delta l_{rt}] \right\}$$

Für  $EI = \text{konstant}$  ist:

$$c_{m\varrho} = \sum_{r=1}^s \left( \frac{\zeta_r \vartheta_{r\varrho} \vartheta_{rm}}{l_{r'}} + \frac{\Delta l_{r\varrho} \Delta l_{rm}}{l_{r''}} \right); \quad l_{r''} = \frac{l_r}{EI}$$

## 6. Berechnungsbeispiel.

Zur Veranschaulichung der Methode soll kurz die Berechnung eines zweifachen Bogens durchgeführt werden (Abb. 14). Die Bogen haben gleiche Abmessungen. Wir vernachlässigen die Zusammendrückbarkeit des Pfeilers. Dann ist die Verzerrung des Systems durch den Knotendrehwinkel  $v_1$  und die Horizontalverschiebung  $\lambda_1$  des Knoten 1 bestimmt. Die Bestimmungsgleichungen dieser beiden Grundkoordinaten lauten in allgemeiner Form:

$$\text{Knotengleichung 1: } a_{11} v_1 + b_{11} \lambda_1 = L_1$$

$$\text{Kettengleichung 1: } b_{11} v_1 + c_{11} \lambda_1 = L_2$$

Statt der wirklichen Formänderungen  $v$  und  $\lambda$  bestimmen wir ihre  $EJ_k$ -fachen Werte  $\bar{v}$  und  $\bar{\lambda}$  um einfache Zahlen zu erhalten. Wir erreichen dies, indem wir alle  $d_{r'}$  und  $\delta_H$  mit  $EJ_k$  multiplizieren und diese Werte in die Gleichungen einführen.  $J_k$  ist ein beliebiges konstantes Trägheitsmoment.

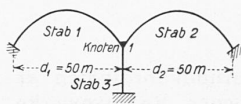


Abb. 14

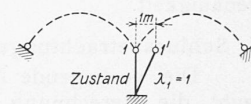


Abb. 15

In einer Voruntersuchung wird der starr eingespannte Bogen berechnet. Als konstanten Wert  $J_k$  wählen wir das Trägheitsmoment des Scheitelquerschnittes  $J_k = 0,120 \text{ m}^4$ ,  $EJ_k = 240\,000 \text{ tm}^2$ . Es habe sich ergeben:

$$\int \xi^2 dw = \int \xi'^2 dw = 0,180, \quad \int \xi \xi' dw = 0,108, \quad \bar{d}' = 50 \text{ m},$$

$$\bar{\delta}_H = 550 \text{ m}^3, \quad e = 16,00 \text{ m}$$

Daraus:

$$a = b = 8,680, \quad c = 5,208.$$

Der 20 m hohe Pfeiler habe konstanten Querschnitt.

$$J_{Pf} = 3,00 \text{ m}^4, \quad \bar{h}_3' = \frac{20}{EJ_{Pf}} EJ_k = 0,80 \text{ m'}$$

Infolge  $\lambda_1 = 1 \text{ m}$  (Abb. 15) entstehen:

$$\vartheta_{11} = \vartheta_{21} = 0, \quad \vartheta_{31} = -\frac{1}{h} = -0,050$$

$$\Delta l_{11} = +1, \quad \Delta l_{21} = -1, \quad \Delta l_{31} = 0$$

Wir erhalten die Gleichungskoeffizienten:

$$a_{11} = \left[ \frac{a}{d_{r'}} + \frac{e^2}{\delta_H} \right]_{\text{Stab 1}} + \left[ \frac{a}{d_{r'}} + \frac{e^2}{\delta_H} \right]_{\text{Stab 2}} + \left[ \frac{4}{h'} \right]_{\text{Pfeiler}} = 6,278$$

$$b_{11} = \left[ \frac{(+e) \cdot (+1)}{\delta_H} \right]_{\text{Stab 1}} + \left[ \frac{(-e) \cdot (-1)}{\delta_H} \right]_{\text{Stab 2}} + \left[ \left( \frac{6}{h'} \right) \cdot (-0,050) \right]_{\text{Pfeiler}} = -0,317$$

$$c_{11} = \left[ \frac{(+1) \cdot (+1)}{\delta_H} \right]_{\text{Stab 1}} + \left[ \frac{(-1) \cdot (-1)}{\delta_H} \right]_{\text{Stab 2}} + \left[ \frac{12 \cdot (-0,050) \cdot (-0,050)}{h'} \right]_{\text{Pfeiler}} = +0,0411$$

Für unsere Abmessungen erhalten wir die Bestimmungsgleichungen:

$$6,278 \bar{v}_1 - 0,317 \bar{\lambda}_1 = L_1$$

$$-0,317 \bar{v}_1 + 0,0411 \bar{\lambda}_1 = L_2$$

Die Auflösung ergibt:

$$\bar{v}_1 = 0,261 L_1 + 2,01 L_2$$

$$\bar{\lambda}_1 = 2,01 L_1 + 39,84 L_2$$

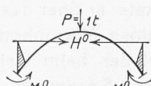


Abb. 16

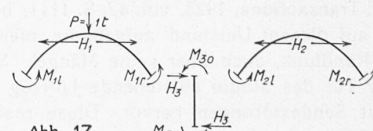


Abb. 17

Für die Last  $P = 1 \text{ t}$  im Scheitel (Abb. 16) entstehen im starr eingespannten Bogen die Einspannmomente  $M_0^0 = 7,65 \text{ mt}$  und der Horizontalschub  $H_0^0 = 0,673 \text{ t}$ . Für  $P = 1 \text{ t}$  im Scheitel des Bogens links erhalten wir als Belastung des starr gehaltenen Knotens 1:

$$M_1^0 = -7,65 + 16,00 \cdot 0,673 = +3,12 \text{ mt} = L_1$$

$$H_1^0 = +0,673 \text{ t} = L_2.$$

Wir erhalten für diesen Lastfall:

$$\bar{v}_1 = 2,168, \quad \bar{\lambda}_1 = 33,08; \quad \bar{\vartheta}_3 = -0,050, \quad \bar{\lambda}_1 = -1,654.$$



Die wirklichen Formänderungen sind um  $EJ_k$  kleiner.

$$\nu_1 = 9,03 \cdot 10^{-6}, \lambda_1 = 0,138 \text{ mm.}$$

Aus den Formänderungen erhalten wir nach (12) die Momente und Normalkräfte (Abb. 17):

$$\begin{aligned} M_{1l} &= 7,65 - \frac{1}{50} \cdot 5,208 \cdot 2,168 = +7,42 \text{ mt,} \\ M_{1r} &= -8,03 \text{ mt, } H_1 = -0,550 \text{ t} \\ M_{2l} &= -\frac{1}{50} \cdot 8,680 \cdot 2,168 = -0,38 \text{ mt,} \\ M_{2r} &= -0,23 \text{ mt, } H_2 = -0,123 \text{ t} \\ M_{3o} &= +1,56 \text{ mt, } M_{3u} = +6,98 \text{ mt,} \\ H_3 &= \frac{M_{3o} + M_{3u}}{h} = +0,427 \text{ t} \end{aligned}$$

Zur Kontrolle bilden wir  $\Sigma M = 0$  und  $\Sigma H = 0$ . Diese einfachen Rechenkontrollen schützen vor groben Fehlern, geben aber auch Aufschluss über die erreichte Rechengenauigkeit.

## 7. Schlussbetrachtungen.

Die vorliegende Methode der Grundkoordinaten erlaubt die Berechnung beliebiger ebener Rahmenwerke, ohne in jedem einzelnen Fall auf das Prinzip, die Aufstellung von Gleichungen statischen Inhaltes, zurückgreifen zu müssen. Sie gleicht darin der Berechnung des durchlaufenden Balkens mit Hilfe von Clapeyron'schen Gleichungen. Bei der Ableitung der Bestimmungsgleichungen der Grundkoordinaten wurden neben den unbekannten Grundkoordinaten auch als bekannt vorausgesetzte Formänderungsgrößen berücksichtigt. Die Methode kann daher sowohl für Näherungslösungen als auch für genaue Berechnungen verwendet werden.

In Rahmenwerken mit steifen Knoten ist die Methode der Grundkoordinaten der allgemeinen Kräftemethode nicht nur durch die einfachere Bestimmung der Koeffizienten und Lastglieder, sondern meist auch durch die geringere Zahl der Unbekannten überlegen. Sehr wertvoll für die praktische Anwendung sind die einfachen Rechenkontrollen. Bei symmetrischen Bauwerken lassen sich die Unbekannten leicht in kleinere Gruppen trennen.

Die Berechnung ebener Rahmenwerke wird häufig mit Hilfe der graphischen Fixpunktmethode durchgeführt. Sie ist anschaulich und einfach für Systeme mit festgehaltenen Knotenpunkten, wird aber sehr kompliziert, wo diese Voraussetzungen fehlen. In diesen Fällen wird die Methode der Grundkoordinaten gute Dienste leisten; sie eignet sich vor allem für Systeme mit gebogenen Stäben.

Die Grundideen, auf denen die Methode der Grundkoordinaten aufgebaut ist, sind einfach, sodass die vollständige Anwendung der hergeleiteten Formeln keine Schwierigkeiten bereiten kann.

## MITTEILUNGEN.

**Glimmentladungs-Anemometer.** Phillips Thomas bemerkte, dass der Einfall von Schallwellen auf einen von einer Glimmentladung durchquerten Luftspalt Schwankungen von entsprechenden Frequenzen im Spannungsabfall längs des Spalts hervorruft. In den AIEE Transactions, 1923, vol. 42, S. 1111, berichtete er über das von ihm auf diesem Umstand aufgebaute membranlose Mikrophon für den Rundfunk, auch über seine Mängel. So rief der beim Öffnen einer Tür des Studio entstehende Luftzug enorme Spannungs- und damit Sendestörungen hervor. Diese rasche Reaktionsbereitschaft der Glimmentladung ist nun im Guggenheim-Laboratorium für Luftschiffahrt am California Institute of Technology dem Studium der Turbulenz dienstbar gemacht worden. F. C. Lindvall, Pasadena, gibt hierüber in Electrical Engineering vom Juli 1934 genauen Aufschluss. Die Turbulenz, deren Einfluss auf Messungen im Windkanal gefürchtet ist, lässt sich weder theoretisch noch experimentell leicht fassen. Den durch dieses Wort umschriebenen regellosen Geschwindigkeitsschwankungen von nach Hunderten von Hz zu zählenden Frequenzen suchte man bisher mit dem Hitzdraht-Anemometer beizukommen, einem feinen, elektrisch geheizten Draht, dessen Widerstand die wechselnde Kühlwirkung und damit Geschwindigkeit der

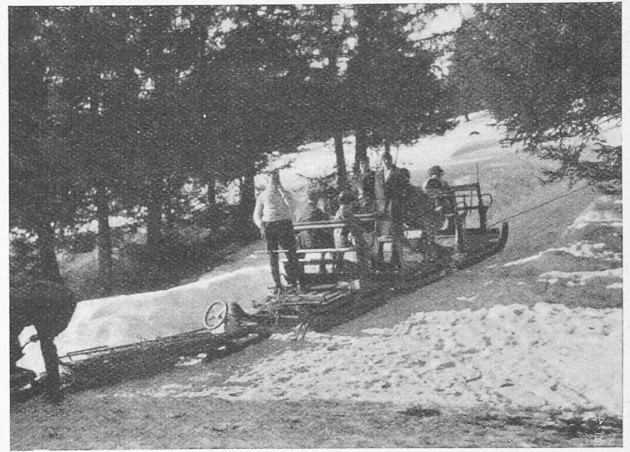


Abb. 1. Transportschlitten für Seilförderung von Oehler & Cie., Aarau.

vorbeigestrichenen Luftströmung, obzwar nicht ganz ohne, übrigens frequenzabhängige, Verspätung und Verzerrung einer Verstärkerröhre anzeigt. Dieses heikle, kompensationsbedürftige Instrument galt es durch ein getreueres und einfacheres zu ersetzen. Eine Glimmentladung über Platin-Elektroden durch einen Luftspalt von etwa 0,15 mm Breite leistet den gewünschten Dienst: Der — bei 10 bis 15 mA rd. 350 V betragende — Spannungsabfall des in den Luftstrom gestellten Spalts wächst mit wachsender Luftgeschwindigkeit, und zwar kann dieser Anstieg durch geeignete Wahl der Stromstärke und Spaltbreite nach Wunsch für niedrigere oder höhere Geschwindigkeiten steiler gewählt werden, um die grösste Empfindlichkeit bei der im Windkanal herrschenden Durchschnittsgeschwindigkeit zu erhalten. Beträgt diese z. B. 50 m/sec, so kann eine Empfindlichkeit von rd. 2 V pro m/sec eingestellt werden. Der Anstieg der Glimmspannung mit der Windgeschwindigkeit ist aus der durch den Luftstrom bewirkten Verzerrung, d. h. Verlängerung der Glimmstrecke zu erklären. Die Mittel zum Einstellen und Konstanthalten des Glimmstromes hat schon Thomas angegeben. Die Spannungsschwankungen infolge Turbulenz werden verstärkt einem Oszillographen und einem den Effektivwert anzeigenden Ampèremeter mitgeteilt. Zur Eichung dieses Ampèremeters wird der Effektivwert derjenigen Wechselspannung von beispielsweise 500 Hz bestimmt, die, der Glimmstrecke aufgeprägt, einen gegebenen Skalenausschlag erzeugt. Diesem Spannungswert entspricht in der Eichkurve der Glimmstrecke, die den Zusammenhang zwischen Spannungszuwachs und Windgeschwindigkeit liefert, der zu dem Skalenausschlag gehörige Effektivwert der Geschwindigkeitsschwankungen um den herrschenden Mittelwert. Eine genauere Art der Eichung ist wohl deshalb nicht möglich, weil die Turbulenz ihrer Natur nach ein ungenaues Phänomen ist, das einer Standardisierung spottet.

**Kleinseilbahnen für Wintersportbetrieb.** Im Anschluss an unsere Mitteilung in letzter Nr. zeigen wir hier eine einfache Einrichtung für die Bergwärtsförderung von Skifahrern, Bobsleighs und Schlitten der A.-G. Oehler & Cie., Eisen- und Stahlwerke in Aarau.

Die Anlage setzt sich zusammen aus einer Winde, einem Drahtseil, den für die richtige Seilführung nötigen Rollen und einem Transportschlitten (Abb. 1), der durch die Winde hochgezogen und hinuntergelassen wird. Bedingung für diese Betriebsart ist, dass die Bahn gerade ist und durchgehend ein genügend starkes Gefälle, für das selbsttätige Niedergleiten des Schlittens besitzt (Abb. 2). Ausser den Plätzen, die der eigentliche Transportschlitten aufweist, können auch die hinaufziehenden Anhängeschlitten (Bobsleighs und Davoser) durch Personen besetzt werden. In Montana (Wallis) sind zwei solcher Anlagen seit Jahren im Betrieb und funktionieren zur vollen Zufriedenheit; ihre hauptsächlichsten Daten sind folgende:

Anlage	I	II
Länge	440 m	700 m
Höhenunterschied	92 m	140 m
Sitzplätze auf dem Schlitten	15	15
Maximale Zugkraft der Winde	1000 kg	1500 kg
Motorstärke	15 PS	30 PS
Dauer der Bergfahrt (bei 1,5 m/sec)	rd. 5 min	rd. 8 min
Dauer der Talfahrt (bei 2,5 m/sec)	3 min	5 min