

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	66 (1948)
<b>Heft:</b>	47
<b>Artikel:</b>	Die Windkanalanlage der kriegstechnischen Abteilung in Emmen (Luzern)
<b>Autor:</b>	Hausammann, W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-56830">https://doi.org/10.5169/seals-56830</a>

### 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>**

### Installationen für die Kiesaufbereitung

Während den Aushubarbeiten wurden die Installationen für die Aufbereitung des Betonkieses und die Herstellung des Betons errichtet. Sie umfassen verschiedene grosse Objekte. Es handelt sich um total rd. 272 000 m<sup>3</sup> Beton, d.h. um den Abbau von total 326 000 m<sup>3</sup> Kies-Sand (gemessen im Transportgefäß).

Es möge uns gestattet sein, hier einige allgemeine Bemerkungen über die Installation von Grossbaustellen für Massenbeton einzustreuen. Es wird heute sehr viel über den Einsatz amerikanischen Gerätes und amerikanischer Baumethoden gesprochen und wir sind ganz der Ansicht, alle diese Methoden, Geräte und Erfahrungen, die uns nunmehr wieder zugänglich sind, zu studieren, zu analysieren und ihnen zu entnehmen, was unseren Verhältnissen und Masstäben entspricht.

Vergessen wir aber dabei nicht, dass wir hier eben andere Masstäbe besitzen. Wir bauen nicht Staumauern am laufenden Band wie in Amerika. Unsere Lösungen sollten immer den Stempel des Individuellen, auf den konkreten Fall Zugeschnittenen besitzen. Hier liegt unsere Stärke, im mühsamen Aufsuchen der bestmöglichen Lösung im Einzelfalle, nicht im Kolossalnen, Spektakulären. Wollten wir uns auf dieser Ebene mit dem Auslande messen, so müssten wir unterliegen. Zudem bedarf selbst eine amerikanische Erfahrung und Methode trotzdem unserer Prüfung. Wir wissen alle, was wir z.B. dem amerikanischen Gussbetonverfahren, das sich nach dem ersten Weltkrieg ebenfalls wellengleich in Europa ausbreitete, im Talsperrenbau verdanken.

In Rossens haben wir uns, ganz abgesehen davon, dass Projektierung und Erstellung der Installationen teilweise noch in die Kriegszeit oder unmittelbare Nachkriegszeit fiel, bemüht, eine den spezifischen Bedürfnissen bestmöglich angepasste Lösung zu finden unter weitestgehender Verwendung des Gerätelparkes der Gesellschaftspartner.

(Fortsetzung folgt)

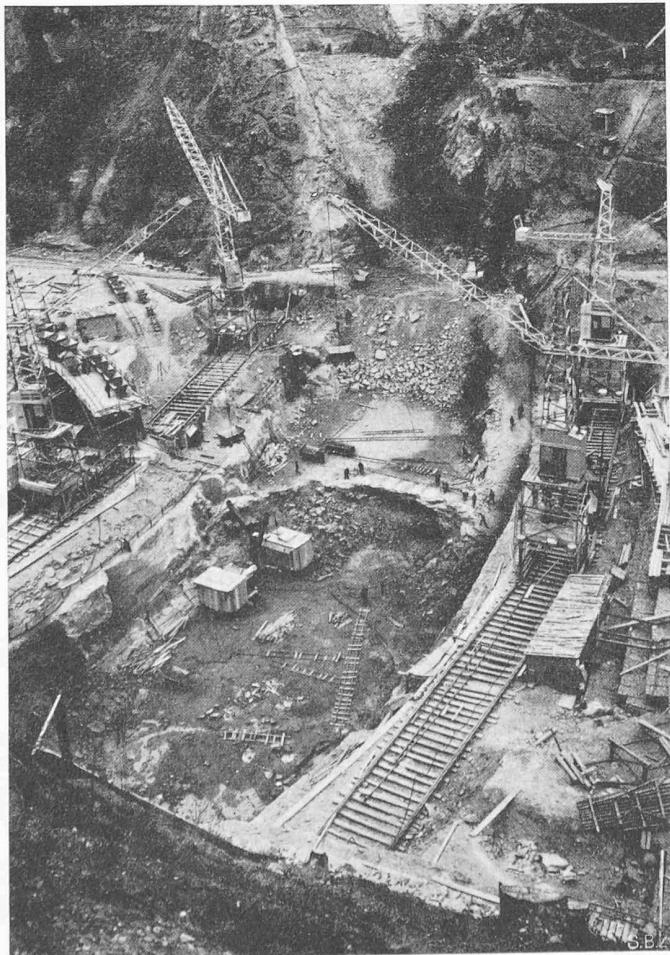


Bild 6. Aushub der Baugrube mit Turmdrehkranen

### Die Windkanalanlage der Kriegstechnischen Abteilung in Emmen (Luzern)

DK 533.6.07 (494)

#### IV. Die automatischen Sechskomponenten-Waagen

Von Dipl. Ing. B. GRAEMIGER, Zürich (Schluss von S. 634)

##### D. Fernsteuerungen, Zähl- und Schreibwerke

###### 1. Das System der Fernübertragung (Bild 46)

Besondere Sorgfalt musste auf die Ausführung der Schleifringe und der Bürsten verwendet werden. Nach Abklingen einer Bewegung wird zwischen Geber und Empfänger eine grösste Winkelverschiebung von etwa 3,6° stehen bleiben; dies bedeutet  $\frac{1}{100}$  Umgang der ersten Zählwerkwalze, was die Messung nicht spürbar beeinträchtigt. Über die Grenzen der Uebertragungsmöglichkeit sprechen wir im Teil E. Wir beschränken uns darauf, die Funktionen der Zählwerkseinrichtungen und einige der angewendeten Mittel aufzuzählen.

Die Zählwerke weisen je zwei Reihen von Zahlenwalzen auf; die eine gibt die positiven und die andere die negativen Anzeigen. Die nicht gültige Reihe ist durch eine Blende abgedeckt. Beim Durchgang durch Null wechselt die Blende ihre Stellung. Es war notwendig, für diese Schaltungen sehr robuste und in kürzester Zeit arbeitende Einrichtungen zu schaffen, weil der Durchgang durch Null sich bei Drehzahlen bis zu 1000 U/min vollzieht.

Die Zählwerke können durch Druck auf einen Knopf von der Verbindung mit dem Geber gelöst und dafür mit einem Nullstellungsmotor gekuppelt werden (Tarieren). Sobald Null erreicht ist, wird das Zählwerk selbsttätig wieder vom Nullstellungsmotor gelöst und mit dem Empfänger gekuppelt.

Die Waagenmotoren können vom Messpult aus ein- und ausgeschaltet werden; hierfür sind im Oelsystem Wechselschieber eingebaut, die vermöge einer einfachen hydraulischen Vorsteuerung durch Steuermagnete mit sehr kleinem Hub betätigt werden.

###### 2. Die automatische Protokollierung

Diese Einrichtung, die beim Gr.W. K. ausgeführt wurde, ist eine Kombination einer elektrischen Schreibmaschine mit den Zählwerken. Sobald nach Einstellung neuer Verhältnisse im Kanal oder am Modell die Zählwerke zur Ruhe gekommen sind, wird eine Steuercurbel betätigt, wodurch der Reihe nach folgende Funktionen ausgelöst werden: Stilllegen der Waagenmotoren und damit der Zählwerke; Ab- und Aufrunden an den Zählwerken auf  $\frac{1}{20}$  des Umfangs der ersten Walze; Bereitstellen einer Abtastvorrichtung; Ingangsetzen dieser Vorrichtung und der Schreibmaschine.

Wenn die letzte Komponente protokolliert ist, wird die Kurbel wieder in ihre Anfangsstellung gebracht und die Gesamtwaage ist wieder zum Wägen bereit. Die Schreibmaschine kann ohne Einschränkung zum Schreiben von Hand benutzt werden, so z.B. für Notizen im Protokoll.

###### 3. Die automatische Punktschreibung

Gleichzeitig mit der automatischen Protokollierung wird die automatische Punktschreibung durchgeführt. Hierfür dient eine zweite Schreibmaschine, die für jede Komponente eine ihr zugeordnete Type schlägt. Der Weg des Wagens dieser Maschine entspricht der Zählwerkzeige unter Zugrundlegung eines bestimmten Maßstabes. Man erhält so die Punkte eines Kurvenbildes der Messergebnisse. Der Zusammenhang zwischen Zählwerkstellung und Wagenweg ist durch Anwendung des Prinzips der Wheatstone'schen Brücke verwirklicht worden.

Man kann eine beliebige Komponente als Abszisse des Kurvenbildes wählen; vornehmlich kommen dafür der Staudruck, der Anstellwinkel und der Kurswinkel in Frage. Durch diese Punkt- oder Kurvenschreibung erhält der Versuchsleiter

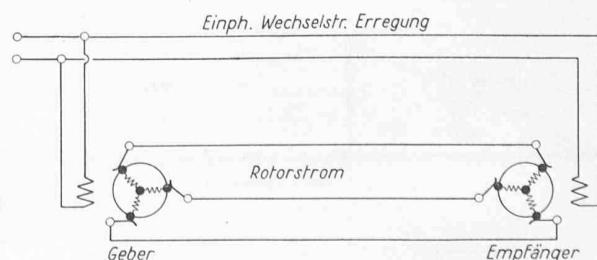


Bild 46. Prinzipschema der elektrischen Fernübertragung

sofort einen Ueberblick über die Messungen. Etwaige Abnormalitäten können während der Aufnahme einer Messreihe gleich festgestellt werden; dies bedeutet u. U. einen wertvollen Zeitgewinn.

Bild 47 zeigt das Messpult des Gr. W. K. Ausser den Zählwerken enthält es auch die Instrumente für die Kontrolle des Windkanals, wie z. B. die Kanaltemperatur, die Belastung und die Drehzahl des Gebläses, der Propellermotoren usw. Von hier aus wird die Maschinenanlage ferngesteuert und so kann ein einziger Ingenieur ohne Gehilfen die Versuchsreihen aufnehmen. Die beiden Schreibmaschinen für das «automatische Protokoll» und für die Kurvenschreibung sind hier nicht ersichtlich; sie können an einem beliebigen Ort aufgestellt werden.

#### E. Einige theoretische Betrachtungen

##### 1. Die Stabilität der Waage-Elemente

Die im Gleichgewicht stehende Waage erfahre eine plötzliche Belastung durch ein Moment  $M$ . Die Gleichgewichtsbedingung lautet dann:

$$(1) \quad \varphi'' J + k_1 \varphi' + k_2 \varphi + k_3 \int_0^t \varphi(t) dt = M$$

↓      ↓      ↓      ↓      ↓  
Trägheit   Dämpfung   Federung   Laufgew.-   Stör-  
versch.      moment

Die Bezeichnungen sind in der Legende zu Bild 48 gegeben. Vorausgesetzt ist noch, dass (mindestens in dem betrachteten Bereich) die Geschwindigkeit des Waagemotors und damit des Laufgewichtes der Waageauslenkung  $\varphi$  proportional sei. Wenn man Gl. (1) nach  $t$  ableitet und durch  $J$  dividiert, so entsteht

$$(2) \quad \varphi''' + a_1 \varphi'' + a_2 \varphi' + a_3 \varphi = 0$$

Das Trägheitsmoment  $J$  ist natürlich von der Stellung des Laufgewichtes abhängig; es kann indessen innerhalb eines kleinen Bereiches als konstant angesehen werden. Anderseits muss aber die Stabilität für verschiedene grosse Werte von  $J$  gesichert sein. Aus den Lösungen für Gl. (2) greifen wir die Form heraus, bei der die zugeordnete kubische Hauptgleichung eine reelle Wurzel  $\alpha$  und zwei konjugiert komplexe Wurzeln  $\beta + i\gamma$  und  $\beta - i\gamma$  hat. Die Bewegungsgleichung ist dann:

$$(3) \quad \varphi = A e^{\alpha t} + e^{\beta t} \{ B_1 \cos(\gamma t) + B_2 \sin(\gamma t) \}$$

Die Konstanten werden:  $A = +\frac{m}{N}$ ,  $B_1 = -\frac{m}{N}$

$$B_2 = \frac{m}{N} \frac{\beta - \alpha}{\gamma}, \quad \text{wobei } N = (\alpha - \beta)^2 + \gamma^2; \quad m = M/J$$

Wenn man mit  $U$  die in irgend einem Moment erreichte, der Laufgewichtverschiebung zugeordnete und mit  $U_{\text{soll}}$  die der neuen Gleichgewichtslage entsprechende Zahl der Umdrehungen des Waagemotors bezeichnet, so stellt  $U/U_{\text{soll}}$  das Bild der Schwingungen um die neue Gleichgewichtsstellung des Waagenmotors und des Zählwerkes oder des Laufgewichtes dar. Es ist:

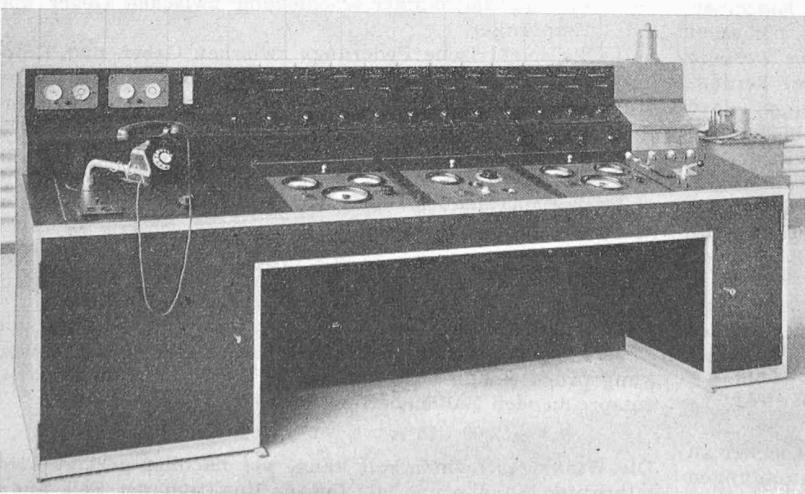


Bild 47. Messpult des grossen Windkanals mit in die Pultplatte eingelegten Steuerkästen nach Bild 19, Seite 564

$$(4) \quad U / U_{\text{soll}} = \frac{a_3}{m} \int_0^t \varphi(t) dt$$

$$= \frac{a_3}{\alpha N} e^{\alpha t} -$$

$$e^{\beta t} \times \left\{ \frac{\alpha(\alpha - 2\beta)}{N} \cos(\gamma t) + \frac{\alpha[\beta(\beta - \alpha) - \gamma^2]}{\gamma N} \sin(\gamma t) \right\} + 1$$

Die allgemeinen Stabilitätsbedingungen für eine Bewegung, der eine Differentialgleichung (2) zu Grunde liegt, lauten:

- I. Alle Koeffizienten müssen positiv sein, was in unserem Falle immer erfüllt ist, und
- II.  $a_1 a_2 - a_3 > 0$  oder  $k_1 k_2 - J k_3 > 0$

Auf die Lösungsform (3) bezogen, ergibt sich  $\alpha$  und  $\beta < 0$ .

Für die Erfüllung von  $\beta < 0$  ist die Bedingung II wesentlich: Das Produkt aus Dämpfungs- und Federungsfaktor muss grösser sein als das Produkt aus Trägheitsmoment und Steuerungsfaktor. Der Steuerungsfaktor ist proportional dem Gradienten der Kurve der Steuergeschwindigkeit über der Waagenauslenkung als Abszisse. Rechnungen zeigen, dass

der erste aperiodische Teil  $A e^{\alpha t}$  unter den praktisch vorkommenden Verhältnissen immer sehr rasch abklingt. Das Hauptinteresse kommt dem Wert  $\beta$  zu. Anstatt aus gegebenen Werten  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$  die Wurzeln der kubischen Gleichung zu berechnen, betrachten wir  $\beta$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  als gegeben und berechnen daraus die übrigen Grössen. Hierbei bedient man sich mit Vorteil der Beziehungen zwischen den Wurzeln und den Koeffizienten einer algebraischen Gleichung, die Vieta abgeleitet hat. Man erhält fast mühelos:

$$\alpha = -a_1 - 2\beta; \quad \gamma^2 = -\frac{a_3}{\alpha} - \beta^2$$

$$(5) \quad a_1 = -\frac{1}{4\beta} \left\{ a_2^2 + 8\beta^2 \pm \sqrt{a_2^2 + 8a_3\beta} \right\}$$

Reelle Werte für  $a_1$  ergeben sich nur, wenn der Ausdruck unter der Wurzel positiv ist und, da  $\beta$  negativ sein muss, so ist der bestmögliche Wert

$$(6) \quad \beta_{\min} = -\frac{a_2^2}{8a_3}$$

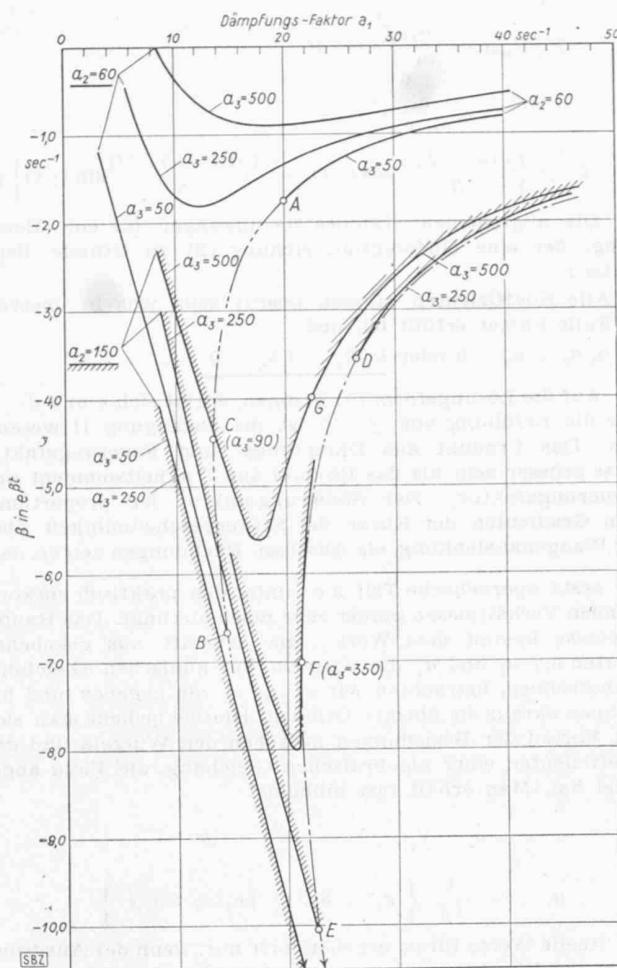
Wenn man diesen Wert in (5) einführt, so erhält man die günstigste Dämpfung:

$$(7) \quad a_1^* = 2 \frac{a_3}{a_2} + \frac{1}{4} \frac{a_2^2}{a_3}$$

In Bild 48 sind die  $\beta$ -Kurven über der Dämpfung  $a_1$  aufgetragen; sie haben als Parameter verschiedene Werte des Steuerungsfaktors  $a_3$ . Eine Federung  $a_2 = 60$  gehört zu einer ersten und eine Federung  $a_2 = 150$  zu einer zweiten  $\beta$ -Kurvenschar. Man erkennt die überragende Bedeutung der Federung für das Erreichen eines guten, absolut grossen  $\beta$ . Die Dicke der die Federung bestimmenden Bandgelenke, die den Waagebalken tragen, verhält sich für die beiden Fälle ( $a_2 = 60$  und  $a_2 = 150$ ) nur wie 1:1,36!

Wenn die kardanische Lösung der kubischen Hauptgleichung den casus irreducibilis erreicht, verschwinden die konjugiert komplexen Wurzeln. Die Bewegungsgleichung setzt sich dann nur aus aperiodischen Gliedern zusammen. Diese Grenze wird in der ersten  $\beta$ -Schar von der Kurve mit  $a_3 = 50$  bei A und B erreicht. Mit  $a_3 = 90$  wird diese Grenze bei C gerade noch berührt. Bei der zweiten  $\beta$ -Schar kommt schon die Kurve mit  $a_3 = 250$  in den Punkten D und E an die Grenze des aperiodischen Bereiches. Für die Kurve mit  $a_3 = 50$  liegt die Grenze außerhalb des Bildes. Die tatsächlichen Vorgänge spielen sich unter Bedingungen ab, die etwa durch den Punkt G gekennzeichnet sind. Sie liegen allen nachfolgenden Betrachtungen zu Grunde.

Bild 49 zeigt die Schwingung  $\varphi/m$  des Waagebalkens und seine Winkelgeschwindigkeit  $\varphi'/m$  (gestrichelte Kurve); ferner ist die Motor- oder Zählwerkschwingung  $U/U_{\text{soll}}$  aufgetragen. Annähernd plötzliche Belastungsänderungen kommen in Wirklichkeit bei Änderung des Anstell-



$\varphi(t)$  Waagenauslenkung  
 $J \text{ kg cm sec}^2$  Massen-Trägheitsmoment  
 $k_1 \text{ kg cm sec}$  Dämpfungsfaktor  
 $k_2 \text{ kg cm}$  Federungsfaktor  
 $k_3 \text{ kg cm/sec}^1$  Steuerfaktor

$J\varphi''$  kg cm Moment der trügen Massen  
 $k_1\varphi'$  kg cm Moment der Dämpfung  
 $k_2\varphi$  kg cm Moment der Federung  
 $k_3 \int_0^t \varphi dt$  kg cm Moment der Steuerung

$$\varphi = A e^{a_1 t} + e^{\beta_1 t} \{ B_1 \cos(\gamma t) + B_2 \sin(\gamma t) \}$$

winkels vor, wenn sich die Strömung am Modell ablöst. Es hat sich gezeigt, dass auch bei solchen instabilen Strömungen die Zählwerke gut abgelesen werden können. Dies konnte nicht gefordert, noch erwartet werden; umso grösser ist die Befriedigung über diesen Erfolg.

Bild 50 zeigt den Verlauf der sekundlichen Drehzahl  $n_s$  des Waagemotors über dem Steuerhub  $h$ , der der Eintauchtiefe  $\Delta z$  des Messers und der Waagenauslenkung  $\varphi$  proportional ist. Durch besondere Ausbildung der Durchflussbedingungen an der Steuerung (deren Beschreibung im Einzelnen hier zu weit führen würde), konnte dieser Verlauf, der auch durch Messungen nachgewiesen wurde, erzwungen werden. Er ist wie folgt charakterisiert: Aus der Null-Lage herausstretend, scharfer Anstieg der Geschwindigkeit, dann aber rasches Abbiegen auf praktisch konstante und kleine Geschwindigkeit (Langsamgang); auf dem letzten Teil des Steuerhubes rasches Ansteigen auf den Maximalwert der Geschwindigkeit (Schnellgang). Dieser letzte Teil spielt regeltechnisch keine Rolle mehr; er ist aber von Bedeutung für eine rasche Annäherung an die Gleichgewichtslage. Für den ersten, regeltechnisch wichtigen Teil, ist auch der Wert  $a_3$  aufgetragen worden. Man ging wohl nicht fehl, wenn man entsprechend Punkt G in Bild 48 für die Beurteilung der Regelvorgänge einen mittleren Wert von  $a_3 = 500$  annahm.

## 2. Die elektrische Federung zwischen Geber und Empfänger

Diese Federung musste untersucht werden, um sicher zu sein, dass ein Abreissen infolge grosser Beschleunigungen oder Verzögerungen nicht vorkommt. Das übertragungsfähige Moment ist in Bild 51 als Funktion des Verschiebungswinkels zwischen Geber und Empfänger aufgezeichnet. Damit ein Ab-

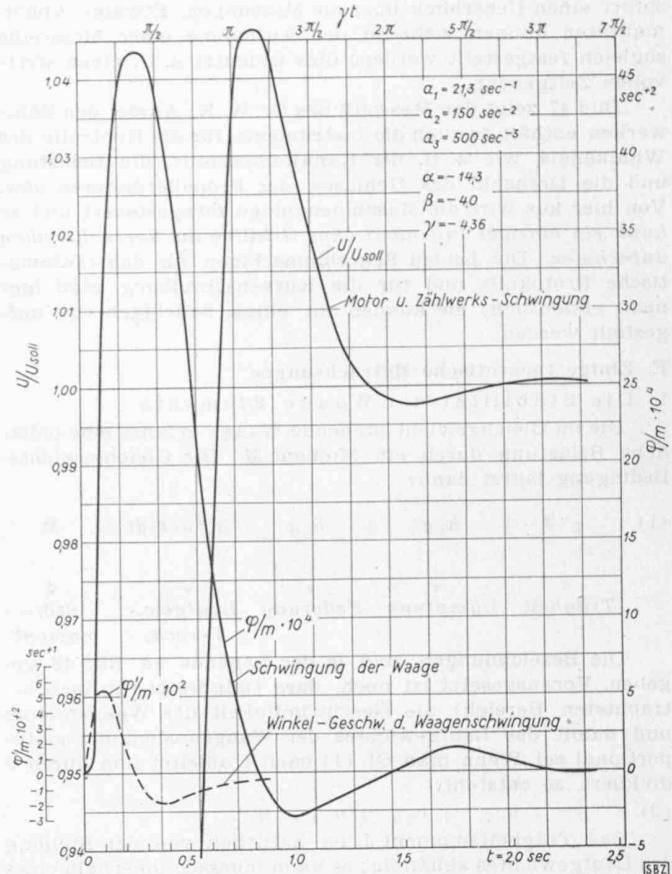


Bild 49. Schwingung des Waagebalkens  $\varphi/m$  mit seiner Winkelgeschwindigkeit  $\varphi'/m$  und Schwingung  $U/U_{\text{soll}}$  des Motors

Bild 48 (links).  $\beta$ -Kurven in Abhängigkeit der Dämpfung  $a_1$  der Federung  $a_2$  und des Steuerfaktors  $a_3$

$$\begin{aligned}
 a_1 &= k_1/J \text{ 1/sec}^1 \\
 a_2 &= k_2/J \text{ 1/sec}^2 \\
 a_3 &= k_3/J \text{ 1/sec}^3 \\
 \text{Störmoment} &= M \quad M/J = m
 \end{aligned}$$

schnappen nicht auftreten kann, sollte die Winkelverschiebung von  $60^\circ = \pi/3$  nicht überschritten werden.

Wir bezeichnen mit

- $\psi_1$  den Winkelweg des Gebers,
- $\psi_2$  den Winkelweg des Empfängers,
- $J_1$  das Trägheitsmoment des Gebers (einschliesslich reduzierte Massen der vorgesetzten Teile),
- $J_2$  das Trägheitsmoment des Empfängers (einschliesslich reduzierte Massen der nachgesetzten Teile),
- $\eta = \psi_1 - \psi_2$  die Winkelverschiebung zwischen Geber und Empfänger,
- $f\eta$  die «elektrische Federung» zwischen Geber und Empfänger,
- $M_1$  das Moment der mechanischen Widerstände auf Geberseite,
- $M_2$  das Moment der mechanischen Widerstände am Empfänger,
- $M_0$  das maximale Moment, das der Oelmotor geben kann.

Die Differentialgleichung der Bewegung lautet:

$$(8) \quad \eta'' + \frac{f}{J_2} \eta = \frac{M_0}{J_2} + \psi_1''$$

Die Winkelbeschleunigung  $\psi_1''$  des Waagemotors und Gebers ist der Winkelgeschwindigkeit  $\varphi'$  der Waagenauslenkung proportional, also  $\psi_1'' = k_3^* \varphi'$ . Mit den dem Punkt G entsprechenden Zahlenwerten wird

$$k_3^* = 2,09 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}$$

Die Winkelgeschwindigkeit kann, wie nachher gezeigt wird, mit guter Annäherung als lineare Funktion der Zeit angesehen werden, also

$$\varphi' = ct$$

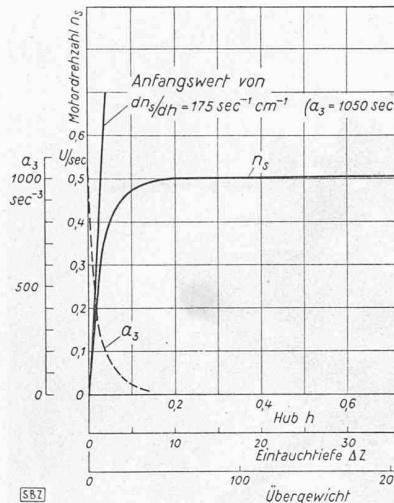


Bild 50. Drehzahlverlauf des Waagemotors in Abhängigkeit des Steuerventilhubes

Die Lösung der Differentialgleichung (8) lautet nach Bestimmung der Konstanten:

$$(9) \quad \eta = \frac{M_2}{f} + \frac{J_2}{f} k_3^* c t - \frac{M_2}{f} \cos\left(\sqrt{\frac{f}{J_2}} t\right) - \frac{J_2}{f} \sqrt{\frac{J_2}{f}} k_3^* c \sin\left(\sqrt{\frac{f}{J_2}} t\right)$$

Am wichtigsten erscheint im Rahmen dieser Untersuchung der Fall, bei dem die Störfunktion nicht ein plötzlich aufgebrachtes, sondern ein mit der Zeit linear zunehmendes Moment ist, also  $M = \lambda_3 t$  oder  $M/J = l_3 t$ . Die Lösung für  $\varphi$  entspricht im wesentlichen der Gleichung (3), der lediglich noch ein konstantes Glied  $l_3/a_3$  beizufügen ist. Wir beschränken uns darauf, in Bild 52 die Winkelgeschwindigkeit  $\varphi'$  zu zeigen.

Man kann mit guter Annäherung setzen:

$$\varphi' = 2,78 \cdot 10^{-2} l_3 t \quad \text{von } t = 0 \text{ bis } 0,27 \text{ s}$$

$\varphi' = (7,5 \cdot 10^{-3} - 2,78 \cdot 10^{-2}) l_3$  von  $t = 0,27$  bis etwa  $0,5$  s  
Wenn wir in (9)  $k_3^* c = 6300 \text{ s}^{-3}$  einsetzen, so erhalten wir die in Bild 53 aufgetragene Schwingung für  $\eta$ . Sie erreicht den als Grenze bezeichneten Wert  $\pi/3$  mit Sicherheit nicht; somit ist der gewählte Wert für  $k_3^* c$  zulässig. Man hat  $c = 6300/k_3^* = \varphi'/t = 2,78 \cdot 10^{-2} l_3$  und daraus  $l_3 \text{ zul.} = 1,08 \text{ s}^{-3}$  oder

$$l_3 \text{ zul.} = 87 \text{ kgcm/s}$$

Der maximale Wert von  $\psi_1''$ , der sich bei  $t = 0,27$  s einstellt, wird  $1200 \text{ s}^{-2}$ . Es ist die Frage, ob er überhaupt möglich sei. Aus dem maximalen Moment des Oelmotors und den am Geber herrschenden Bedingungen folgt:

$$\psi_1''_{\max} = \frac{M_0 - M_1}{J_1} = 1750 \text{ s}^{-2}$$

Man kommt also bei dem betrachteten Vorgang nur auf etwa  $\frac{2}{3}$  der maximal möglichen Beschleunigung heran.

Der totale Messbereich eines Waagelementes beträgt 840 cmkg; eine solche Laständerung dürfte sich

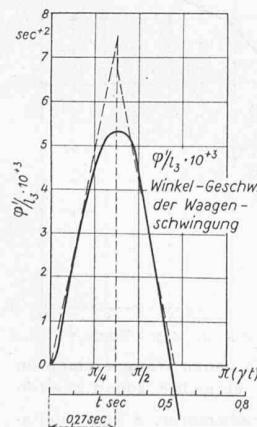


Bild 52. Winkelgeschwindigkeit der Waagebalkenschwungung bei linear zunehmendem Störmoment

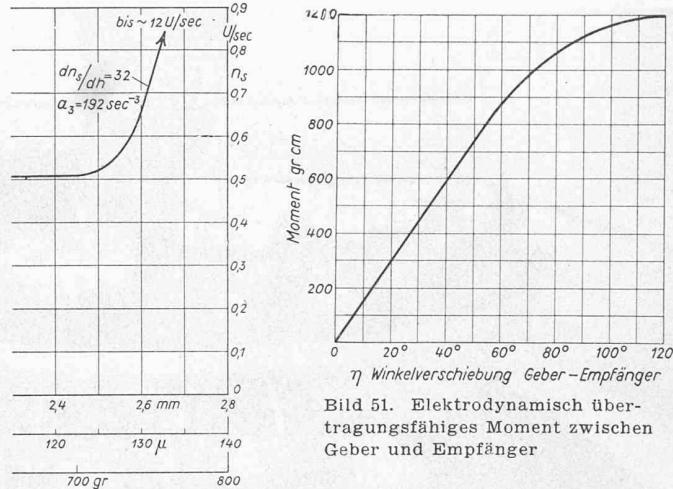


Bild 51. Elektrodynamisch übertragungsfähiges Moment zwischen Geber und Empfänger

also in  $840/87 = \text{rd. } 10 \text{ s}$  abspielen. Wenn bei maximalem Wind der Anstellwinkel um etwa  $16^\circ$  geändert wird, so kann diese maximale Laständerung auftreten. Die zulässige Verstellgeschwindigkeit für den Anstellwinkel wäre also  $1,6^\circ/\text{s}$  od.  $96^\circ/\text{min}$ . Die tatsächlich vorkommende Verstellung vollzieht sich aber höchstens mit einem Drittel dieser Geschwindigkeit. Man liegt also auf der sicheren Seite; indessen war doch eine solche Untersuchung am Platz.

Aus ähnlichen Überlegungen ergibt sich unter Berücksichtigung von  $\varphi'$  aus Bild 50 für ein plötzlich aufgebrachtes Störmoment eine Grenze von etwa 7,2 cmkg am Waagenelement, was z. B. für den Auftrieb beim Gr. W. K. eine zulässige plötzliche Belastung von 30 kg bedeutet.

Bild 54 zeigt den Verlauf von  $\varphi'$ , wenn ein mit der Zeit parabolisch veränderliches Moment wirkt. Dies tritt ein, wenn die Drehzahl des Windkanalgebläses mit der Zeit proportional steigt oder fällt. Es zeigt sich, dass man in dieser Weise in etwa 3,5 s von Null auf Vollast oder umgekehrt gehen darf. Die tatsächlichen An- und Ablaufzeiten sind aber viel länger.

\*

Die Bearbeitung des Projektes und eines Kostenvorschlags für die hier beschriebenen Messeinrichtungen hatte der Verfasser persönlich übernommen. Die Ausführung und Lieferung erfolgte durch die Firma Engler & Co. in Zürich, deren Teilhaber der Verfasser ist. Unsere wichtigsten Unterlieferanten waren:

Eisenbaugesellschaft Zürich: Messbühnen und Spinnen und deren Berechnung auf vorgeschriebene Deformationen.  
Schweiz. Lokomotiv- u. Maschinenfabrik Winterthur: Waagelemente als Ganzes und Übertragungshebel.

Spindel-, Motoren- und Maschinenfabrik vormals Weber & Co., Uster: Bandgelenke und Gestänge.

Escher Wyss Maschinenfabriken A.-G., Zürich: Ein Teil der hydraulischen Winkelverstellvorrichtungen, die profilierten Streben und Zurverfügungstellung der Monteure.

Maschinenbau und Schraubenfabrik A.-G., Rorschach: Ein Teil der hydraulischen Winkelverstellungen und Diverses.  
Vereinigte Drahtwerke A.-G., Biel: Das gezogene Grundmaterial für die profilierten Streben.

Maag-Zahnräder A.-G., Zürich: Die Präzisionsölmotoren und alle Pumpen.

Reishauer-Werkzeuge A.-G., Zürich: Die Präzisionsspindeln und Muttern zu den Waagenelementen.

Ing. E. Schiltknecht, Zürich: Die Zähl- und Schreibwerke, die Fernübertragungen und verschiedene Details.

In unserem Bureau wurden alle Werkstattzeichnungen erstellt, mit Ausnahme derjenigen für die vornehmlich elektrischen Teile. Allen Unterlieferanten haben wir für ihre loyale Mitarbeit verbindlich zu danken. Dem Chef des Wind-

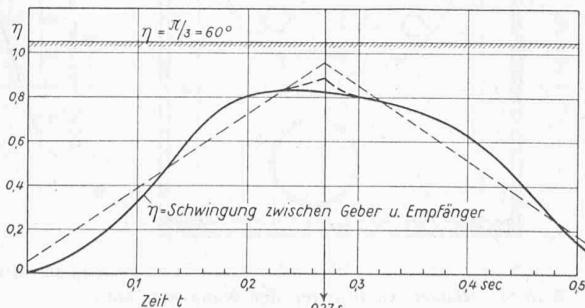


Bild 53. Schwingung zwischen Geber und Empfänger bei linear zunehmendem Störmoment

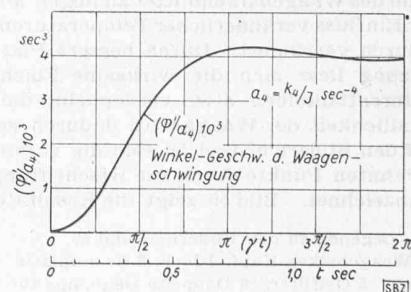


Bild 54. Winkelgeschwindigkeit der Waageverschiebung für ein parabolisches Störmoment

kanalbureaux in Emmen, Dipl. Ing. W. Hausamann danken wir für seine Unterstützung bei der Erörterung grundsätzlicher Fragen, bei der konstruktiven Gestaltung und bei der Inbetriebsetzung. Für die Betreuung der konstruktiven Arbeiten im einzelnen und für wertvolle Anregungen danken wir unserem Mitarbeiter Ing. Hans Orell.

#### Anhang

Als nach Erstellung der vorstehend beschriebenen Anlage eine Sechskomponentenwaage für einen ausländischen Windkanal bestellt wurde, konnte die Konstruktion der Waage-Elemente in einigen Punkten vereinfacht und auch noch etwas verbessert werden. Jedes Element hat nun seine eigene Pumpengruppe; es wird dadurch unabhängig von der zentralen Oelversorgung. Die bisher nötigen Rohrleitungen fallen weg, was die Montage erheblich vereinfacht. Die Elemente sind nun universell verwendbar.

So unentbehrlich die oben unter C3 erwähnte Einrichtung zur Veränderung der Zuordnung zwischen Stellung des Messers und des Steuerschiebers für die Erstausführung war, so konnte nun auf Grund der gewonnenen Erfahrungen darauf verzichtet werden. Demgemäß strömt jetzt im Differentialkolben der Steuerung ein Strahl mit unveränderlicher Schräglage. Der Anfangsgradient der Kurve, Bild 50, ist damit unveränderlich. Dafür kann jetzt durch einen einfachen Eingriff die im «Langsamgang» erreichbare Geschwindigkeit, also die Höhe des horizontalen Teiles der eben erwähnten Kurve beeinflusst werden. Auf eine Beschreibung dieser Einzelheit muss hier verzichtet werden.

Die Metallschläuche in den Leitungen zum und vom Oelmotor konnten ausgemerzt werden; das Übergangsstück zwischen beweglichem und unbeweglichem Teil in diesen Leitungen bildet nun einen Teil der den Waage-Balken tragenden Bandgelenke. Das Steuergehäuse ist nicht mehr auf der Waagengrundplatte montiert, sondern mit dem Joch so verbunden, dass der Regulierstrahl auf die Höhe des Waagebalkenmittels zu liegen kommt. Der Einfluss veränderlicher Temperaturen wird dadurch verringert. Durch bessere Platzausnutzung liess sich die wirksame Fläche am Differentialkolben etwa verdoppeln; die Empfindlichkeit der Waage wird dadurch erhöht. Auf den Bildern 57 und 58 sind die vorstehend erwähnten Punkte durch die Beschriftung gekennzeichnet. Bild 59 zeigt die Resultate.

Legende zu den Bildern 57 und 58:

- 1 Waagebalken-Kopf, 2 Joch, 3 Grundplatte, 4 Oeltank, 5 Oelfilter, 6 Doppelte Oelpumpe für Regulieröl und Betriebsöl, direkt mit Motor gekuppelt, 7 Pumpenantriebsmotor, 8 Sicherheitsventil, 9 Druckölzufuhr zum Steuerschieber, 10 Bandgelenke, 11 Betriebsöl-Zuleitung (elastisches Röhrchen), 12 Oelmotor, 13 fest mit dem Joch verbundenes Steuergehäuse, 14 Steuerschieber, 15 Differentialkolben, 16 Oelstrahl konst. Schräglage, 17 Sendedüse, 18 Empfangsdüse, 19 Messer, 20 Oelzufuhr über verstellbare laminare Drosselstrecke für den Langsamgang, 21 Eröffnungskanten für den Schnellgang

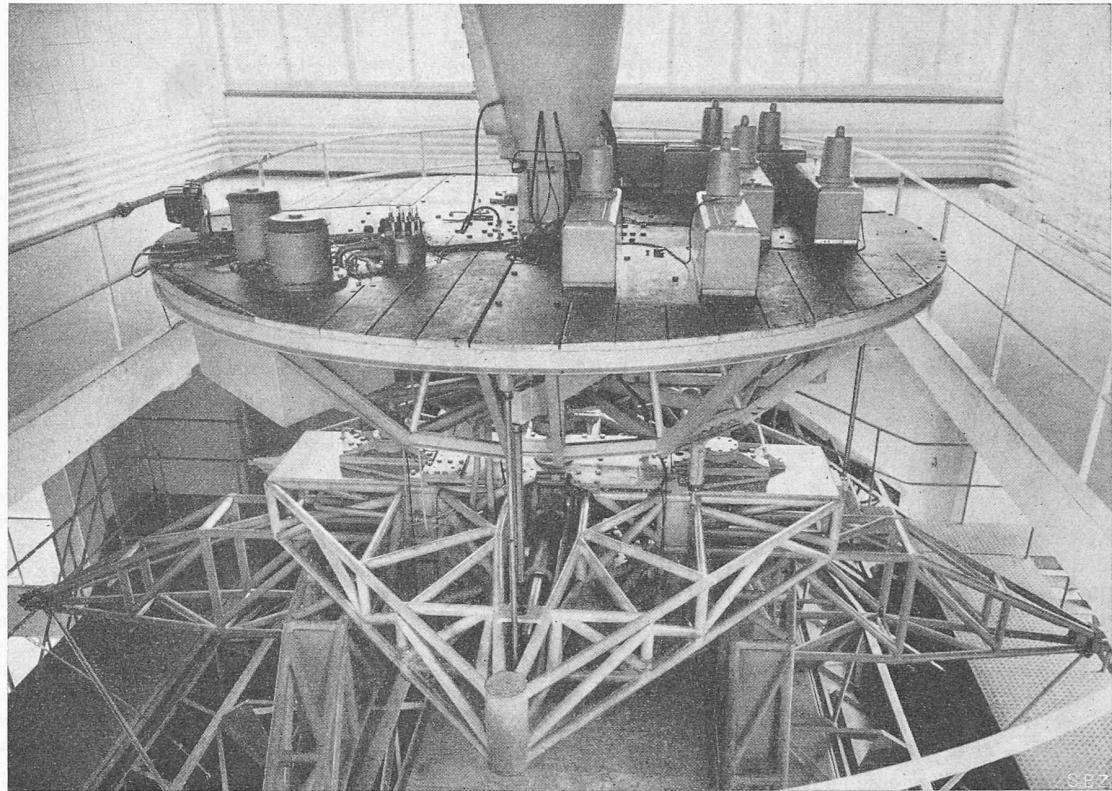


Bild 55. Blick auf Messbühne und Spinne von oben

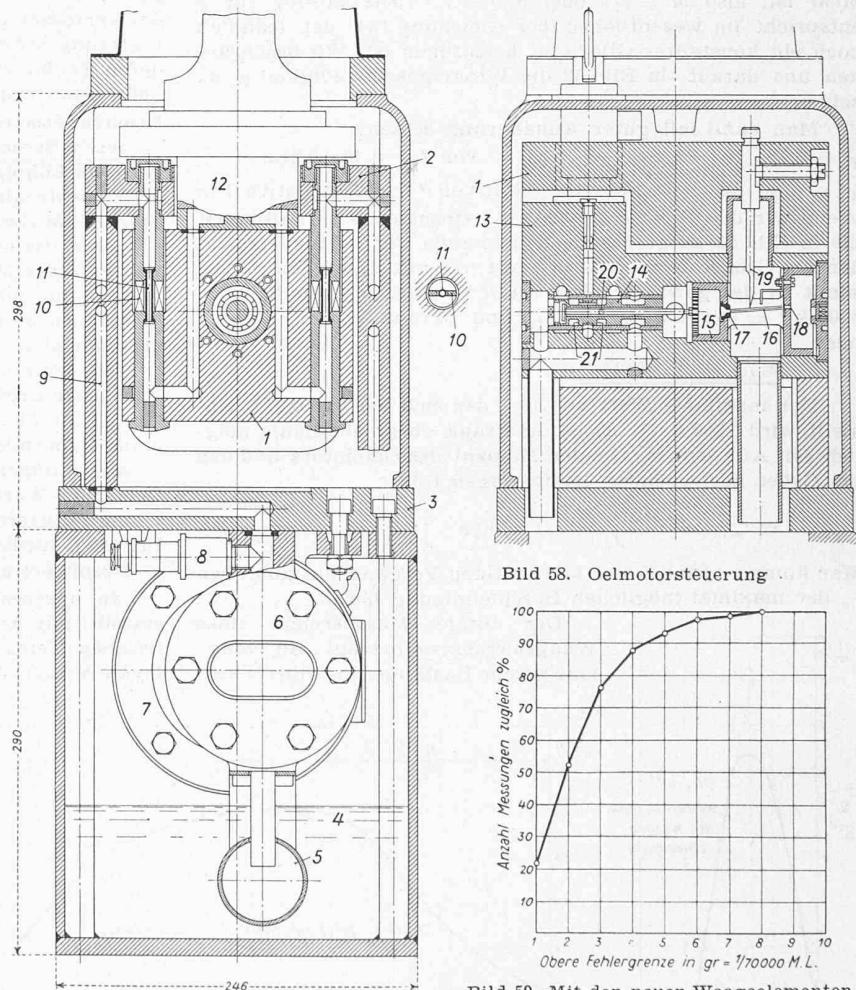


Bild 57. Neuere Ausführung der Waageelemente

Bild 58. Oelmotorsteuerung

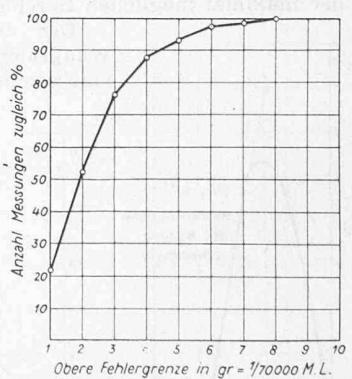


Bild 59. Mit den neuen Waagelementen erreichte Genauigkeiten

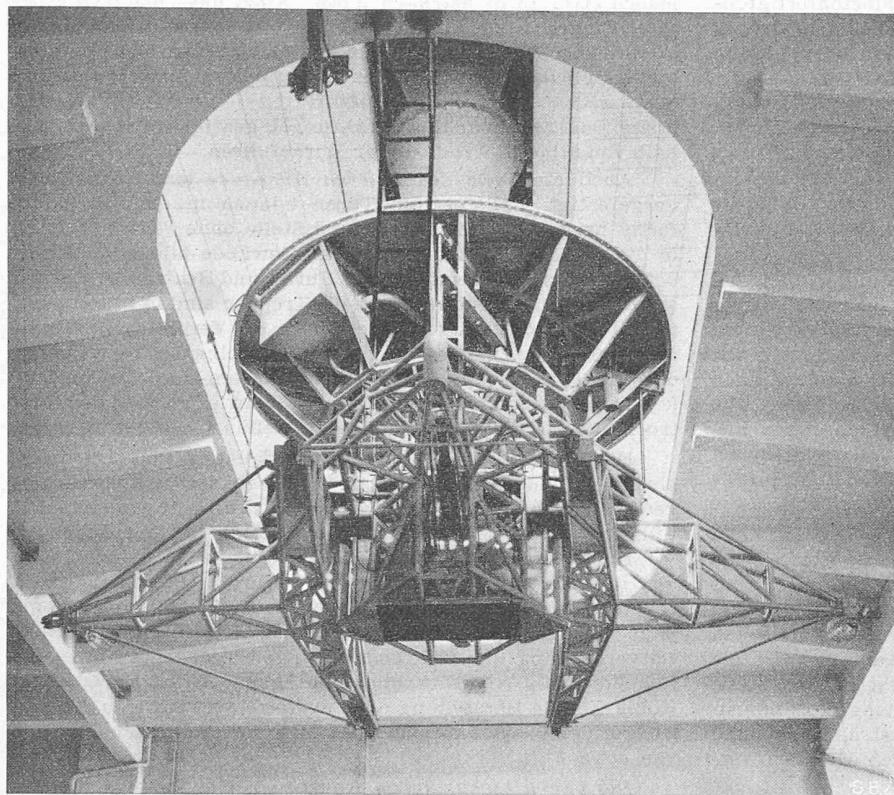


Bild 56. Blick auf Messbühne und Spinne von unten (grosser Windkanal)

## Wohnbauten System „Balser-Hochtie“

Von Arch. ERNST BALSER, Frankfurt am Main DK 69.002.22

*Der Wohnungsbedarf in Deutschland.* Wenn Deutschland seine durch Kriegs- und Nachkriegswirkungen verlorenen Wohnungen durch Reparatur und Neubauten ersetzen und den Wohnungsstand von 1939 wieder erreichen will, muss es etwa 6 Millionen Wohnungen bauen. Vor dem Kriege hat Deutschland mit einer unbeschädigten und arbeitsteilig funktionierenden Bauwirtschaft etwa 200 000 Wohnungen im Jahr neu bauen können. Das würde bedeuten, dass wir 30 Jahre oder den Zeitabschnitt einer ganzen Generation benötigen, um alle unsere obdachlosen Menschen wieder mit einem Heim zu versehen (vgl. W. Strickler in SBZ 1947, Nr. 46, S. 629).

Die Rechnung wird noch ungünstiger, weil die Schäden und die Neubaubedürfnisse sich nicht gleichmäßig über das ganze Land verteilen, sondern sich in den grossen Städten konzentrieren. Die in den Städten jetzt verfügbare Bauwirtschaft würde ein Vielfaches des genannten Zeitraumes benötigen, um den entstandenen Schaden zu beheben. Wenn schliesslich berücksichtigt wird, dass nicht nur der Wohnungsbau Aufgabe der Bauwirtschaft ist, sondern schätzungsweise im gleichen Umfang auch Bauten für die Oeffentlichkeit, für die Industrie, den Verkehr und die Landwirtschaft durchzuführen sind, dann wird ersichtlich, dass der Umfang aller dieser Aufgaben für eine Bauwirtschaft von der bisherigen Leistungsfähigkeit unbezwingerbar ist.

*Die Bauwirtschaft in Deutschland.* Bei diesen Ueberlegungen war von einer vollfunktionierenden Bauwirtschaft aus gegangen. Durch die kriegsverursachten Verkehrsschäden, durch die zerstörten und demontierten Industrieanlagen ist aber die Sicherung von Zulieferungen und Grundstoffen verloren gegangen. Dies wirkt sich aus in einem unüberbrückbaren Mangel an den wichtigsten Baustoffen. Die während und nach dem Kriege aus den deutschen Wäldern entnommenen Holzmengen machen es unmöglich, künftig mit dem Baustoff Holz überhaupt noch zu rechnen. Auch der Stahl wird wegen der Beschränkung der deutschen Stahlproduktion nur noch ungenügend und bestimmt nicht für den Wohnungsbau zur Verfügung stehen. Und sämtliche mit Verwendung von Kohle erzeugten Baustoffe (z. B. Ziegelsteine) werden aus diesen Gründen für den Baumarkt nicht mehr ausreichend verfügbar sein. Eine ähnliche Situation finden wir auf dem Arbeitsmarkt vor. 50% der vor dem Kriege vorhandenen Bau-

arbeiter sind durch Kriegsverluste, durch Ueberalterung oder Abwanderung ausgestorben. Auch der Nachwuchs ist infolge der Kriegsverluste gering.

*Die Aufgabe der Bautechnik.* Alle vorgenannten Umstände ergeben zwangsläufig, dass die einzige Möglichkeit, trotzdem die für das allgemeine Wohl erforderlichen Bauaufgaben durchzuführen, in einer revolutionierenden Umstellung der herkömmlichen Baumethoden besteht. So sehr die heutige Welt auch berechtigt ist, den Segen der Technik zu bezweifeln, so unumstösslich ist doch die Notwendigkeit, dass die Technik, die die beklagten Wunden geschlagen hat, sie nun auch wieder heilen muss. Auf unserem Gebiete bedeutet das, das Bauwesen zu industrialisieren.

Eine der zahlreichen Möglichkeiten für diese Umstellung ist die Montagebauweise. Eine solche hat der Verfasser nach jahrelanger sorgfältiger Forschungsarbeit in Gemeinschaft mit dem Ingenieur und der Bauindustrie entwickelt. Ausgehend von den zuvor erläuterten Notwendigkeiten, Bauholz, Stahl, Kohle, Facharbeiter und Bauzeit einzusparen, ist das im Nachstehenden erläuterte Montage-System entstanden.

*Das Montage-System «Balser-Hochtie»* beruht auf der Anwendung des Skelettbaues aus Stahlbeton- und Betonfertigteilen. Das Skelett ist auf einen Grundrissraster gestellt. Als Raster-

mass ist in diesem Falle das in Deutschland während des Krieges vielfach als das günstigste festgestellte Mass von 1,25 m gewählt (Bild 1). Die Stahlbetonstützen in einem Abstand von dem entsprechend 1,25 m erfüllen die tragende Funktion, während die aus Leichtbetonplatten bestehenden Wände lediglich der Raumumschliessung und der Wärme- und Schalldämmung dienen. Die Stützen des einen Geschosses, die Deckenbalken und die Stützen des anderen Geschosses sind mittels eines am Bau gegossenen Stahlbetonbalkens in Höhe der Decke (Bild 2) zu einem biegsamen Rahmensystem vereinigt.

Die Wände bestehen aus 8 cm starken Leichtbetonplatten die, beiderseits der Stützen gestellt, zwischen sich einen Luftraum von 20 cm Stärke freilassen (Bild 2, rechts hinten). Mit Rücksicht auf die Wärmedämmung der Wände und zur Verhinderung der Luftbewegung in den Wandhohlräumen sind diese in ihrer Höhe durch waagerecht liegende Binderplatten begrenzt. Auf ein 31 cm hohes Wandplattenpaar folgt jeweils die 5 cm starke Binderplatte, die, in Mörtel verlegt, sich mit dreieckförmigen Verzahnungen in entsprechend geformten Längsnuten der Stützen verkeilt.

Die inneren Platten werden bereits bei der Herstellung innenseitig mit einer Holzfaser- oder Heraklithplatte versehen, die ihrerseits den vorgefertigten Innenputz trägt. Dies hat bei der Herstellung den Vorteil, dass Unterlagsplatten gespart und durch die Heraklithplatten ersetzt werden. Die derartig ausgebildete Wand entspricht in wärmetechnischer Hinsicht durchschnittlich einer 51 cm starken Ziegelwand, wobei selbst die durch die Stützen gebildeten Kältebrücken infolge des beiderseitigen Vorbeiführrens der Wandplatten noch eine Wärmedämmung entsprechend einer 38 cm starken Ziegelwand aufweisen.

Die Mittelwände sind aus den gleichen Wandplatten je nach ihrem Zweck in 8 cm oder doppelter Stärke ausgeführt. Die Beschränkung der Wandplattenfunktionen auf die Dämmung ermöglicht, diese nur nach den Erfordernissen des Transportes auszubilden. Sie brauchen deshalb nicht armiert zu sein und können mit dem geringst möglichen Zementzusatz hergestellt werden. Als Zuschlagstoffe kommen Bims, Schlacken oder Ziegelsplitt in Frage. Es ist jedoch vorgesehen, diese Platten, sobald die deutschen Fabrikationsmöglichkeiten es erlauben, aus dampfgehärtetem Porenbeton (entsprechend dem schwedischen Siporex, s. SBZ Bd. 128, S. 13) herzustellen