

# Entwicklung der Spannungsmechanik mit neuen Messgeräten

Autor(en): **Moser, Alexander**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83 (1965)**

Heft 47

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68318>

## **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.

Von Alexander Moser, Ingenieur ETH, S.I.A., Zumikon-Zürich

Bei der üblichen Methode durch Aufkleben von Rosetten aus Dehnungsmesstreifen ist es mühsam, Richtung und Grösse der Hauptspannungen aus den drei gemessenen Dehnungen abzuleiten (Kleben, Anschliessen der Drähte, Anwenden des Mohr'schen Kreises, Berücksichtigung der Querdehnung). Die Untersuchung jedes einzelnen Messpunktes wird zeitraubend und kostspielig. In der Praxis führt es meistens dazu, dass nur wenig Punkte untersucht werden, von denen, oft zu Unrecht, angenommen wird, dass sie massgebend sind. Noch umständlicher wird es, wenn z.B. bei einer Platte oder Schale zugleich Biegemomente und Scheibenkräfte für verschiedene Belastungsfälle zu untersuchen sind.

Nur die Kenntnis der Verhältnisse in

einem sehr engmaschigen Netz von Messpunkten erlaubt das richtige Aufzeichnen von Trajektorien, das Finden der wirklich kritischen Stellen und gibt ein übersichtliches Bild des inneren Kräfteverlaufes.

Eine in meiner Praxis entwickelte, seit Jahren erprobte Apparatur ermöglicht ein sehr schnelles, müheloses und billiges Vorgehen. Sie besteht aus einer Doppelmessbrücke, mit welcher ein Spannungszustand unter Berücksichtigung der Querdehnung abgelesen werden kann, einem Tastgerät mit drehbaren elastischen Anpresskörpern und darauf montierten Rosetten mit einem zweckentsprechenden Schaltbrett.

Die *Doppelmessbrücke* enthält in einem Gehäuse zwei Messbrücken mit zwei zugehörigen Ampèremetern. An jede dieser Ein-

heiten kann in üblicher Weise ein mit Messwiderständen versehener Messkreis *A* bzw. *B* angeschlossen werden. Die Messbrücken sind innerlich so miteinander verbunden, dass die Ausschläge *a* bzw. *b* der Ampèremeter folgende Werte angeben:

$$a = k(dwA + n \cdot dwB)$$

$$b = k(dwB + n \cdot dwA)$$

$dwA, dwB$  = Widerstandsveränderungen in den Messkreisen *A* bzw. *B*

$n$  = stufenlos an einem Schalter einstellbarer Wert zwischen  $-1$  und  $+1$

$k$  = stufenlos einstellbare Eichkonstante

Bild 1 stellt den einfachsten Anschluss von Messwiderständen an den Apparat dar. Bei der Schalterstellung  $n = 0$  ist der Apparat mit zwei üblichen, getrennten Messbrücken, mit welchen Dehnungen gemessen werden,

Bild 2. Doppelmessbrücke mit Schaltbrett und Tastgerät während des Eichens

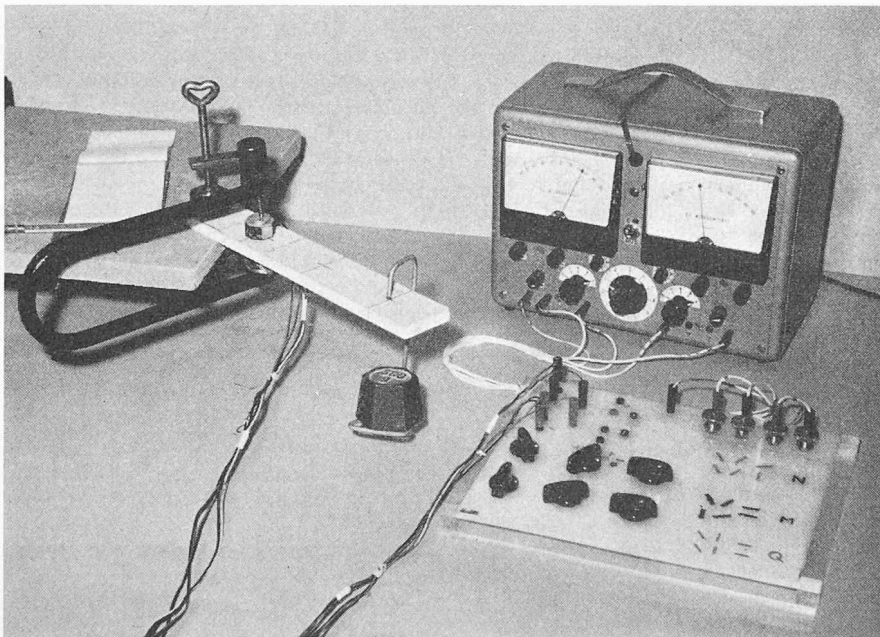


Bild 4. Messvorrichtung beim Prüfen eines Schalenmodells

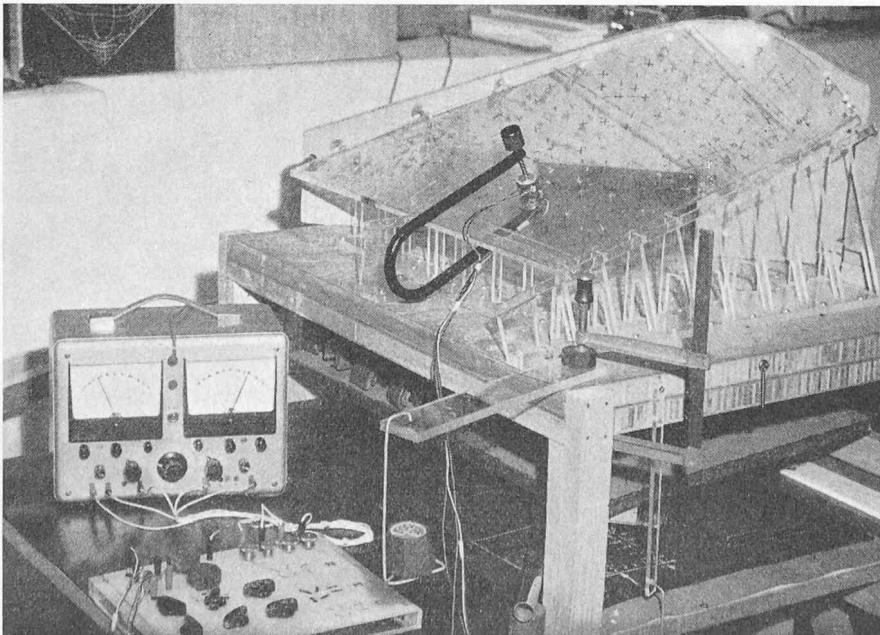


Bild 1. Schema der Doppelmessbrücke

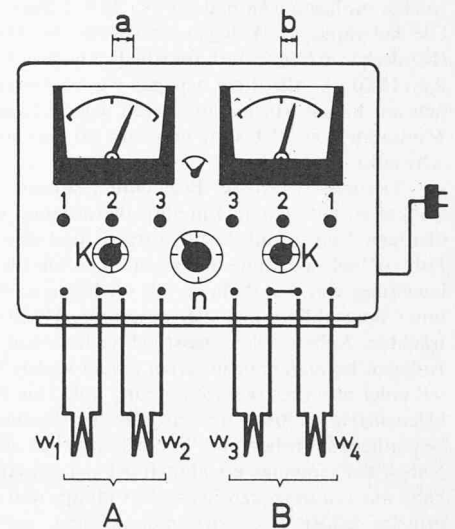
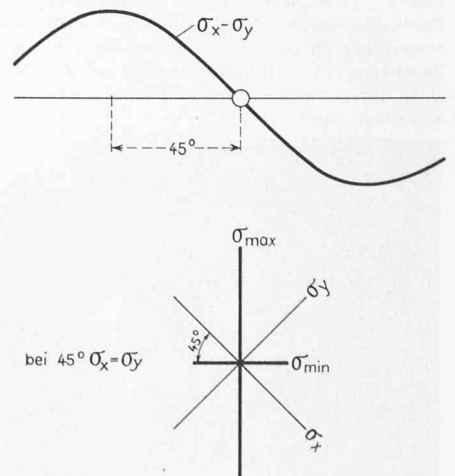


Bild 3. Lage der Hauptspannungen



gleichwertig (z. B. Dehnungen für zwei zueinander senkrechte Richtungen, wenn  $w_1$  und  $w_3$  eine Rosette bilden, oder auch Krümmungen einer Platte, wenn zugleich  $w_2$  und  $w_4$  an der gegenüberliegenden Seite befestigt werden).

Wird aber für  $n$  die Zahl  $\mu$  (Querdehnungszahl) eingestellt, so zeigen die Ausschläge der beiden Ampèremeter nicht mehr Dehnungen oder Krümmungen, sondern es werden sofort Spannungen oder Biegemomente abgelesen, und zwar in jedem gewünschten Masstab, wenn die Konstante  $k$  entsprechend geeicht wird.

Für gewisse Materialien ist der Querdehnungseinfluss beträchtlich, so dass in der sekundären Richtung Dehnung und Spannung manchmal umgekehrte Vorzeichen haben können. Selbstverständlich können die Umrechnungen, die diese Doppelmessbrücke erspart, auch mit Hilfe von Rechenschieber und Tabellen erfolgen. Jedoch, wenn schnell viele Beobachtungen zu machen sind (und das ist mit dem weiter noch beschriebenen Tastgerät möglich), wird die Anwendung der Doppelmessbrücke von entscheidendem Wert, denn sie erlaubt eine unmittelbare Beobachtung.

Das Tastgerät (links im Bild 2) ist so gebaut, dass mit einer Stellschraube ein elastischer Körper, Träger von Dehnungsmesswiderständen oder Rosetten auf das Messobjekt aufgedrückt werden kann. Bei plattenförmigen Objekten werden gewöhnlich zugleich zwei elastische Körper auf beide Seiten der Platte gepresst. Die elastischen Körper sind drehbar, so dass die Richtung der Messwiderstände beliebig verändert werden kann. Die Belastung des Messobjektes durch das Gewicht des Tastgerätes ist konstant und beeinflusst die Messergebnisse nicht, bei welchen nur die Unterschiede von Dehnungen oder Spannungen eine Rolle spielen. Die Anpresskörper sind elastisch und erzeugen deshalb keine messbare örtliche Veränderung des Spannungszustandes am viel härteren Messobjekt.

Die mit diesem Gerät gemessenen Spannungen sind sehr genau. Die Dehnungen der Messwiderstände sind um einige Prozent geringer als bei geklebten Streifen, wobei aber der Unterschied konstant und praktisch vom Anpressdruck unabhängig ist, sofern letzterer ein gewisses Minimum nicht unterschreitet.

Bei gleichzeitiger Verwendung der beschriebenen Doppelmessbrücke wird das Tastgerät an einem Normstab geeicht und öfters kontrolliert, so dass, nachdem die Zahl « $k$ » entsprechend eingestellt ist, es nicht mehr nötig ist, sich um weitere Faktoren zu kümmern (Geberfaktor der Widerstände, Gleitmass des Anpresskörpers, Elastizitätsmodul, Umrechnungsfaktor  $1 / (1 - \mu^2)$ , Temperatureinfluss u. s. w. spielen keine Rolle, da sie bei der Eichung von selbst mitberücksichtigt sind).

Die zugehörige Schalttafel, als Bindeglied zwischen dem Tastgerät und der Doppelmessbrücke, ist so gebaut, dass nach Wunsch entweder Oberflächenspannungen, Schwerpunktspannungen von Platten, Biegemomente, Schubspannungen oder Torsionsmomente an beiden oder an einem der Ampèremeter abgelesen werden können.

Die Richtung der Hauptspannungen wird dadurch gefunden, dass der Anpresskörper mit zwei senkrecht zueinander stehenden

Widerständen unter Wiederholung der Belastung gedreht wird, bis beide Widerstandsänderungen gleich gross sind. Dann befinden sich (aus Symmetriegründen) die Messwiderstände unter  $45^\circ$  zu den Hauptspannungsrichtungen (die auch diejenigen der Hauptdehnungen sind). Werden diese beiden Widerstände (Äste einer Doppelrosette) als aktiver und passiver Widerstand an eine der Messbrücken angeschlossen, so schlägt der Ampèremeter, wenn die gesuchte Lage gefunden ist, weder nach rechts noch nach links aus. Für diese Operation ist es weder nötig, den Apparat zu eichen noch ihn vor der Belastung auf 0 zu stellen. Da für den Wert

$$dw_1 - dw_2 = 0 \quad (\sigma_x = \sigma_y) \quad (\varepsilon_x = \varepsilon_y)$$

die Ableitung der Funktion am grössten ist, kann die Richtung rasch und mit grosser Präzision gefunden werden (Bild 3).

Anschliessend kann die Grösse der Hauptspannungen, nach Drehung des Anpresskörpers um  $45^\circ$  und entsprechender Umschaltung auf beide Ampèremeter der Doppelmessbrücke, an diesen direkt abgelesen wer-

den (mit Berücksichtigung des Querdehnungseinflusses).

Analog verhält es sich, wenn an Stelle der Oberflächenspannungen Normalspannungen oder Biegemomente untersucht werden, wobei man zwei gegenüberliegende Anpresskörper verwendet, die immer gleichzeitig gedreht werden. Die Schaltung ist, entsprechend jedem Fall, verschieden, mit oder ohne Verwendung von unbelasteten Kompensationswiderständen.

Der Zeitaufwand zur Bestimmung der Richtung und Grösse von Hauptspannungen oder Hauptmomenten beträgt bei einiger Übung nur wenige Minuten.

Der Materialaufwand kann vernachlässigt werden. Die Anpresskörper sind auswechselbar, können aber erfahrungsgemäss für Tausende von Messungen dienen, bevor sie ersetzt werden müssen. Die gleichen Anpresskörper können auf Tastgeräte verschiedener Form leicht montiert werden.

Die Prüfung von Materialeigenschaften im Labor. Elastizitätsmodul und Querdehnung

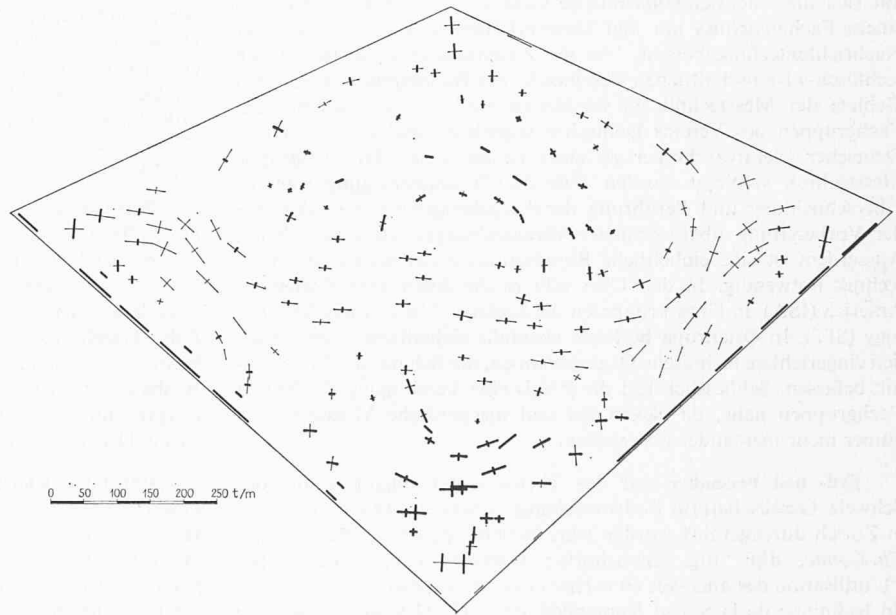
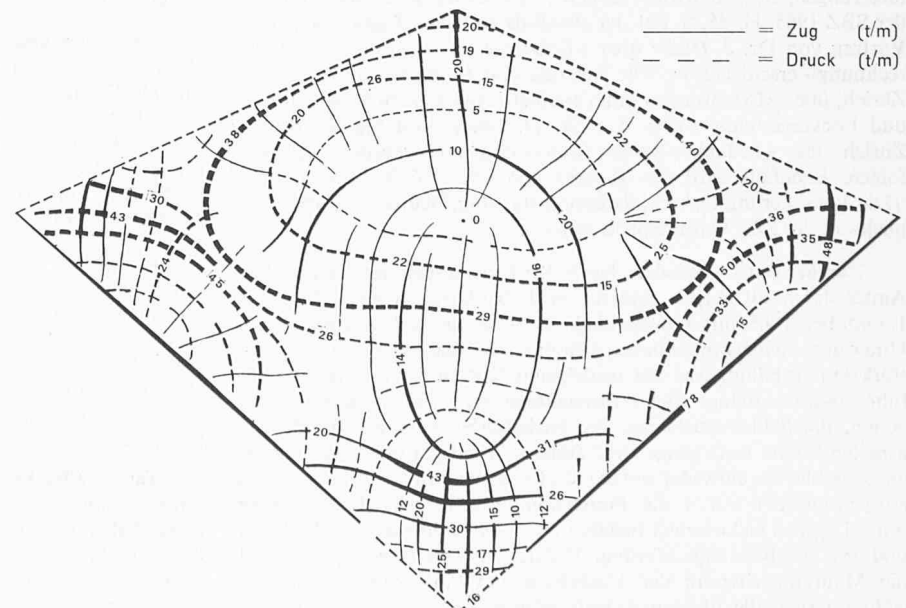


Bild 5. Mit dem Messverfahren ermittelte Hauptspannungen (Bild 5a, oben) und Trajektorien (Bild 5b, unten) für eine Schale (Scheibenkräfte)



verschiedener Stäbe lassen sich schnell miteinander vergleichen. Die Querdehnung ergibt sich sehr genau, indem das Tastgerät auf einen Stab, der durch einfache Biegung beansprucht wird, aufgesetzt wird. Die Zahl  $n = \mu$  wird an der Doppelmessbrücke gefunden, wenn eines der beiden Ampèremeter nicht mehr reagiert.

Beispiele aus der Praxis der Modellversuche sind in den Bildern 4 und 5 gezeigt. Für ein sattelförmiges Schalendach (Bild 5) wurden die Hauptspannungen (Scheibenkräfte) in rd. 200 Punkten ermittelt und in Bild 5a auf-

gezeichnet (dicke Striche = Zugspannungen, dünne Striche = Druckspannungen). Die kurze Diagonale ist durchhängend, die lange Diagonale nach oben gewölbt, Auflager befinden sich entlang den vier Seiten. Die Trajektorien treten sichtbar in Erscheinung und konnten in Bild 5b dargestellt (punktiert = Druck) werden.

Die leichte Asymetrie ist einer (fast unvermeidbaren) Unregelmässigkeit des Modells zuzuschreiben. Um so mehr ist zu sehen, dass mit den vielen Messresultaten eine Gesetzmässigkeit sichtbar wird. Es ist wichtiger, die-

se zu erkennen, als allzu genaue Messwerte zu erhalten, denn diese ändern sich manchmal, wenn der Messpunkt auch nur sehr wenig verschoben wird.

(Das hier beschriebene Modell ist nicht mit dem in Bild 4 gezeigten Objekt identisch.) Die in diesem Bericht, der hier erstmals veröffentlicht wird, beschriebenen Geräte sind in der Schweiz zum Patent angemeldet.

Adresse des Verfassers: Alexander Moser, Ing. ETH, S. I. A., 8126 Zumikon.

## Mitteilungen

**Neugründung der VDE/VDI-Fachgruppe Messtechnik.** Auf dem Gebiet des Messwesens waren, abgesehen von den Fachgruppen und Organisationen, die sich mit der Messtechnik als Hilfsmittel für andere Aufgaben befassten, bisher vornehmlich die VDE/VDI-Fachgruppe Messen und Prüfen tätig. Die zuerst genannte Fachgruppe beschäftigte sich mit der Messtechnik in der Verfahrensindustrie, der Eisenhüttenindustrie und der Energieumwandlung und -verteilung; die andere Fachgruppe bearbeitete die gesamte Fertigungstechnik. Ausserdem hat sich die Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG) im VDE in einem Fachausschuss mit den Messverfahren und Messgeräten der Nachrichtentechnik befasst. Um die Zusammenarbeit zwischen den technisch-wissenschaftlichen Vereinen in der Bundesrepublik auf dem Gebiete der Messtechnik zu verstärken, sind jetzt die bestehenden Fachgruppen des Vereins Deutscher Ingenieure und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu einer neuen VDE/VDI-Fachgruppe Messtechnik vereinigt worden. Für die Zusammenlegung war die Überschneidung und Berührung der Aufgabengebiete vor allem bei der Vorbereitung übergeordneter Veranstaltungen ausschlaggebend. Ausserdem ist eine einheitliche Repräsentation der deutschen Messtechnik notwendig. In den USA gibt es die Instrument Society of America (ISA), in Grossbritannien die Society of Instrument Technology (SIT). In Osteuropa bestehen ebenfalls einheitliche, meist staatlich eingerichtete technische Organisationen, die sich mit der Messtechnik befassen. Schliesslich legt die Praxis eine Vereinigung der beiden Fachgruppen nahe, da elektrische und mechanische Messverfahren immer mehr ineinander übergreifen.

**Erd- und Felsanker** war das Thema der Frühjahrstagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik, welche am 14./15. Mai 1965 in Zürich durchgeführt worden war. Neuerdings ist das Referat von Ch. Comte, dipl. Ing., Swissboring Overseas Co., Zürich, über «L'utilisation des ancrages en rocher et en terrain meuble» im «Bulletin technique de la Suisse Romande» 1965, H. 22 vom 30. Oktober erschienen. Der Artikel ist in französischer Sprache abgefasst und mit 24 Abbildungen illustriert, welche zahlreiche Anwendungen von Verankerungen, System BBRV, zeigen. – Es sei daran erinnert, dass in der SBZ 1965, H. 35, S. 601 der ebenfalls an dieser Tagung gehaltene Vortrag von Dr. J. Huder über «Erdanker, Wirkungsweise und Berechnung» erschienen ist. Die Referate von H. R. Müller, dipl. Ing., Zürich, über «Erfahrungen mit Verankerungen System BBRV in Fels und Lockergestein» sowie von Dr. H. Bendel und Ing. E. Weber, Zürich, über «Erdanker System Stump Bohr AG» werden nächstens folgen. Ebenfalls wird das Referat von Dr. B. Gilg, Zürich, über «Die Verankerungstechnik, Zusammenfassung, Beurteilung und Ausblick» in der SBZ veröffentlicht werden.

**Zürcher Baukostenindex.** Nach den Erhebungen des Statistischen Amtes der Stadt Zürich sind die Wohnbaukosten vom 1. April bis 1. Oktober 1965 nur unwesentlich, nämlich um 0,2%, angestiegen. Unter den Rohbaukosten haben sich die Aushubarbeiten um 3,1% am stärksten verbilligt, was mit niedrigeren Kosten für die Materialabfuhr zusammenhängt. Beim Innenausbau verzeichnen die Gipserarbeiten, die Schlosserarbeiten, die Parkettarbeiten sowie die Malerarbeiten leichte Rückgänge. Alle andern Arbeitsgattungen des Innenausbau blieben entweder unverändert oder stiegen weiterhin an. Am ausgeprägtesten waren die Preiserhöhungen bei der Baureinigung mit 4,1%, den elektrischen Installationen, den Jalousie- und Rolläden und bei der Beschlägelfieferung. Unter den «Übrigen Kosten» sind die Maurerarbeiten in der Umgebung um 0,6% zurückgegangen, während sich alle übrigen Arbeitsgattungen etwas verteuerten. Mit

4,8% fällt der Anstieg bei den Gärtnerarbeiten am stärksten ins Gewicht. Die nach den Normen des S. I. A. ermittelten Kosten pro Kubikmeter umbauten Raumes beliefen sich für die Indexhäuser im Oktober 1965 auf Fr. 151.70.

**Eidg. Technische Hochschule.** Auf den 1. April 1966 wurde Dr. Max Jeger, von Meltingen, zum ausserordentlichen Professor für Mathematik und insbesondere Elementarmathematik gewählt. Ferner hat der Bundesrat Dr. Fritz Heinrich, von Thalwil, zurzeit Assistenzprofessor für Experimentalphysik an der ETH, zum ausserordentlichen Professor ad personam für das gleiche Fachgebiet befördert. Schliesslich hat der Bundesrat den Rücktrittsbegehren folgender Mitglieder des Lehrkörpers, unter Verdankung der geleisteten Dienste, entsprochen: Prof. Dr. Heinz Ellenberg, ausserordentlicher Professor für Geobotanik, auf Ende Februar 1966; Prof. Dr. iur. Walther Hug, ordentlicher Professor für Rechtswissenschaft, und Prof. Dr. Walter Saxer, ordentlicher Professor für Mathematik, je auf den 30. September 1966.

**Persönliches.** Die Technische Hochschule Wien verlieh anlässlich ihrer 150-Jahr-Feierlichkeiten die Doktorwürde ehrenhalber an Pierre Leyvraz, dipl. Ing. EPUL, Oberingenieur und Leiter des Studienbüros für elektrische Traktion der Maschinenfabrik Oerlikon. Der Geehrte erwarb sich grosse Verdienste um die Entwicklung der schweizerischen Bahn-Triebfahrzeuge, besonders auch für deren elektrische Nutzbremmung. Sodann ist er massgebend an der Entwicklung und am Ausbau der 50-Hz-Traktion beteiligt, die heute in allen Erdteilen Eingang findet. Auch an der Entwicklung der vollelektrischen Vierstrom-TEE-Züge hatte er grossen Anteil.

**100 Jahre Klöckner-Humboldt-Deutz AG.** Im Anschluss an die Festlichkeiten dieser bestbekanntesten Firma, über welche in SBZ 1964, H. 46, S. 810, berichtet worden war, hat die Jubilarin die beim Festakt vom 19. Oktober 1964 gehaltenen Reden in einem schmucken, reichbebilderten Heft veröffentlicht. Besondere Beachtung verdienen die tiefeschürfenden Betrachtungen, die Prof. Dr. Wilhelm Walcher, Direktor des Physikalischen Institutes der Universität Marburg, in seinem Vortrag: «Die Freiheit des Forschers und ihre Grenzen» angestellt hat.

**Das Technikum Brugg-Windisch,** Höhere Technische Lehranstalt (HTL), hat am 2. Nov. 1965 den Unterricht aufgenommen, und zwar mit 140 Schülern der Richtungen Maschinenbau, Hochbau, Tiefbau und Elektronik. Zehn Haupt- und sieben Hilfslehrern steht Direktor Dr. W. Winkler vor. Der Unterricht wird in provisorischen Räumen erteilt, weil die im Bau begriffene Anlage (vgl. 1. Preis im Wettbewerb, SBZ 1961, H. 29, S. 516; Arch. Bruno und Fritz Haller) erst 1967 fertig wird.

**«Alusuisse»-Busse in Kopenhagen.** Die Dansk Automobil Byggeri A/S, Silkeborg, baut im Auftrag der Verkehrsbetriebe der Stadt Kopenhagen eine erste Serie von 300 Autobussen mit Alusuisse-Aufbau und Leyland-Aggregaten. Die Autobusse bieten 36+1 Sitzplätze und 55 Stehplätze. Die Wahl fiel auf eine Aluminium-Konstruktion, da das geringe Gewicht und die äusserst niedrigen Unterhaltskosten ganz wesentlich zur Wirtschaftlichkeit dieser Fahrzeuge beitragen.

**Tankschiffe.** Der rasch zunehmende Ölbedarf der Kulturländer erfordert immer grössere Tankschiffe. So stieg die Tragfähigkeit nach einer Mitteilung in «VDI-Z.» 107 (1965) Nr. 32, S. 1559, von 16 000 tdw im Jahre 1944 auf 47 000 tdw in 1954 und auf 90 000 tdw in 1963. Neuerdings erhielten zwei deutsche Werften Aufträge für den Bau eines Tankers von 170 800 tdw bzw. von 151 800 tdw. Den grössten