

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 69 (1951)  
**Heft:** 38

**Artikel:** Erfahrung in der Anwendung elektrischer Dehnungsgeber ("strain gages")  
**Autor:** Meier, J.H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-58922>

### **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:** 14.01.2026

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

0,1 ziemlich zuverlässig zu 0,1 ermittelt worden. Dieser Exponent, der der bisherigen Aufwertungsformel der VDI-Kreiselpumpen-Regeln (nach Pfeleiderer) 1943 zugrunde lag, dürfte im Mittel den Verhältnissen gut entsprechen. Es ist aber möglich, dass er bei ganz kleinen oder ganz grossen Maschinen noch eine Korrektur erfährt. Im übrigen ist interessant, dass auch die Aufwertungsformel nach Ackeret praktisch die gleichen Ergebnisse liefert, wie der Vergleich auf Tabelle 1 zeigt.

Es ist aber nochmals zu betonen, dass Aufwertungen allein auf Grund der Reynoldsschen Zahl und mit dem oben angegebenen Exponenten nur für Umrechnungen bei ein und der selben Maschine Gültigkeit haben. Bei Umrechnungen auf andere Maschinengrössen hat sich, wie erläutert, der Einfluss absoluter Grössen, gekennzeichnet durch den Saugmündendurchmesser  $D_1$ , als vorherrschend gezeigt. Der auf Bild 2 dargestellte Verlauf von  $f$  gilt für Kreiselpumpen, während er für Turbinen noch nachzuprüfen wäre. Es ist zu hoffen, dass sich Wissenschaft und Praxis auf Grund der vorliegenden Versuche, die in dieser Anzahl und Systematik

früher noch nie vorgenommen wurden, auf die neue Aufwertungsformel einigen, damit in Zukunft Wirkungsgrad-Garantien bereits am Modell anerkannt werden.

#### Literaturnachweis:

- [1] Dr. E. Mühlemann «Zur Aufwertung des Wirkungsgrades von Ueberdruck-Wasserturbinen», SBZ 1948, Nr. 24, S. 331\*.
- [2] K. Rüttschi «Die Normung von Kreiselpumpen», SBZ 1947, Nr. 4, S. 41\*.
- [3] «Schweizer Archiv f. angew. Wissensch. u. Techn.» 1951, Heft 2.
- [4] VDI-Kreiselpumpenregeln. Ausgabe 1943, oder C. Pfeleiderer: Die Kreiselpumpen, 3. Aufl. Verlag Springer, S. 174/175.
- [5] K. Rüttschi «Ueber den Wirkungsgrad von Kreiselpumpen», SBZ Bd. 109, S. 63\* (6. Febr. 1937).
- [6] R. Thommen: Die Speicherpumpenanlage des Etzelwerkes. «Wasser- und Energiewirtschaft» 1950, Nr. 6/7.
- [7] Nach einer privaten Zuschrift von Ing. Bela Petry, Weise Ltda., Sao Paulo.
- [8] Aus J. J. Holba, Kreiselpumpen-Handbuch, E. Vogel, Stockerau, siehe auch O. Kirschner «Die Wasserwirtschaft», 39. Jahrg., S. 137 bis 142 und S. 168 bis 174.
- [9] R. Dubs «Angewandte Hydraulik», Zürich 1947, Verlag Rascher, Seite 151.

## Erfahrungen in der Anwendung elektrischer Dehnungsgeber («strain gages»)

DK 531.781.2 : 621.879

Von Dr. sc. techn. J. H. MEIER, Dipl. Ing. ETH, Versuchs-Ingenieur der Bucyrus-Erie Company, South-Milwaukee, Wisconsin, USA

(Schluss von Seite 519)

### 8. Das Abtasten einzelner Geber

Wenn eine grosse Anzahl von Gebern wiederholt an einen «strain indicator» angeschlossen werden müssen, so sind besondere Schaltanlagen empfehlenswert. Für viele, sogar grössere Messobjekte, genügen selbsthergestellte Geräte vollkommen. Schaltbretter mit grossen Stöpseln erweisen sich als sehr praktisch; es muss aber genügend Federkraft auf die Stöpsel wirken, und die Stöpsel müssen peinlich sauber gehalten werden. Für solche Installationen ist es zweckmässig, etwa fünf Geber gemeinsam zu erden. Dabei darf eine der Zugangsleitungen nur nach jeder fünften Messung geschaltet werden. Der Verlust infolge gemeinsamer Erdung ist immer noch so klein, dass die Messung nicht ungünstig beeinflusst wird. Es ist auch leichter, etwaige Fehler zu finden, falls nicht zu viele Geber gemeinsam geerdet sind. Schaltbretter haben den Vorteil, dass die Stöpselöffnungen ähnlich angeordnet werden können wie die Dehnungsgeber auf dem Objekt, so dass einzelne Gebiete rasch gewählt und überprüft werden können. Wird auch die Tabelle zum Aufschreiben der Ablesungen in dieser Weise angeordnet, so lassen sich die Fehlermöglichkeiten stark verringern, und die Darstellung der Resultate ist so klar, dass man noch nach Jahren auf die Tabelle zurückgreifen kann und die gewünschten Werte sehr rasch erhält.

Die auf Bild 9 dargestellte Doppelklammer eignet sich gut zum direkten Anstecken an die Geber-Zuleitungsdrähtchen. Wenn eine solche Doppelklammer gebraucht wird, müssen überhaupt keine Leitungen und Schalter installiert werden. Die Doppelklammer besteht aus zwei kleinen «Krokodil- und Klammern», die durch ein Stück isolierendes Kunstharz zusammengehalten werden. Silber-Kontaktstreifen verringern den Uebergangswiderstand zwischen Geber und Klammer auf ein sehr wohl zulässiges Mass. Die ganze Klammer ist so leicht, dass sie von den Geber-Zuleitungsdrähtchen leicht getragen werden kann. Es wird immerhin empfohlen, etwas Zelluloid-Zement an die Stelle zu streichen, wo die Zuleitungsdrähtchen das Papier verlassen, um ein Ablösen der Drähtchen vom Papier zu erschweren, falls einmal durch Unvorsichtigkeit am Kabel gezogen wird. Wenn die freien Griffe der Doppelklammer gegeneinander gepresst werden, öffnen sich beide Klammern gleichzeitig. Sie werden dann so über die Zuleitungsdrähtchen gehalten, dass beim Schliessen beide Drähtchen erfasst werden. Ein leichtes Bewegen der Klammer nach dem Aufsetzen bewirkt guten Kontakt. Mit wenig Übung kann man mit dieser Klammer Ablesungen beliebig wiederholen, wobei die Streuung weniger als  $\pm 3$  Millionstel cm/cm beträgt. Diese Doppelklammer ist so einfach in der Handhabung, dass sogar ein einarmiger Mann damit umgehen kann. Bei ihrem Gebrauch wird empfohlen, das Protokoll gleich anzuordnen wie die Geber auf dem Prüfstück, um Fehler möglichst zu vermeiden.

### 9. Messbrückenschaltungen und Aufzeichnungsgeräte

Bei der Auswahl der Instrumente zum Gebrauch mit Dehnungsgebern sollte Vielseitigkeit der Anwendung einer

der ersten Gesichtspunkte sein. Ausserdem sind Empfindlichkeit und verschwindend kleine Nullverschiebungen unbedingt erforderlich. Instrumente, die Dehnungsgebern genügen, eignen sich auch zum Gebrauch mit sozusagen allen anderen Arten von Gebern, besonders weil die meisten von ihnen grössere Ausgangssignale liefern als Dehnungsgeber. Wer einige Erfahrung hat mit Dehnungsgebern, wird die Vorteile anderer Geber rasch erkennen für Probleme, für die sich Dehnungsgeber nicht gut eignen.

Für den vielseitigen Gebrauch soll die Brückenschaltung so aufgebaut sein, dass Widerstand und Kapazität ins Gleichgewicht gebracht werden können, wie das z.B. bei der Schaltung nach Bild 1 der Fall ist. Eine solche Messbrücken-anordnung kann bei Widerstandsgebern mit Gleich- oder Wechselstromspeisung arbeiten; aber auch Geber, die auf Induktionsänderung beruhen, können angeschlossen werden. Bezugssignale, die durch parallele Widerstände hervorgerufen werden, genügen fast immer für die Eichung, da Induktionsgeber meistens direkt geeicht werden können. Die Brückenschaltung nach Bild 1 erlaubt die wahlweise Erdung des Stromkreises. Im Falle von Widerstandsgebern wird meistens eines der Ausgangssignale geerdet. Sollte es aber nötig werden, gleichzeitig verschiedene Spannungen aufzuzeichnen, die in einem komplizierten Netz vorkommen können, so werden die einzelnen Messbrücken nicht geerdet, um Kurzschluss zu vermeiden.

Die Wahl der Aufzeichnungsgeräte hängt sehr vom benötigten Frequenzbereich ab. Für schnelle Vorgänge ist photographische Aufzeichnung nicht zu umgehen; aber heute sind direktanschreibende Aufzeichnungsgeräte erhältlich, die einer grossen Anzahl von Aufgaben genügen. Für kompliziertere Versuche an grossen Maschinen im Freien, wo die Versuchsbedingungen nicht beliebig wiederholt werden können, sind direktanschreibende Geräte besonders vorteilhaft.

Für die Untersuchung der Arbeitsvorgänge bei grossen Baggern, mit denen sich der Verfasser meistens zu befassen hat, genügt in den meisten Fällen eine zuverlässige Frequenzwiedergabe von Null bis 35 Hertz. Bild 10 zeigt ein sechsfaches Aufschreibegerät mit diesem Frequenzbereich, das den besonderen Verhältnissen angepasst wurde<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Hersteller: Offner Electronic Inc., 5320 North Kedzie Avenue, Chicago.

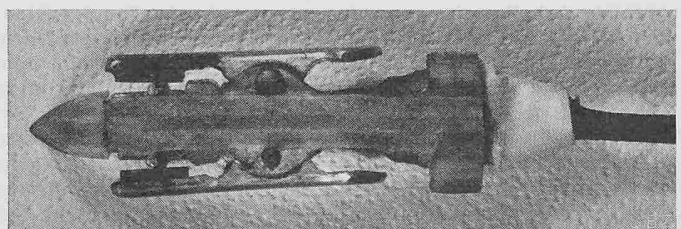


Bild 9. Doppelklammer für die Zuleitungsdrähtchen von Dehnungsgebern (Naturgrösse)

Wenn gelegentlich höhere Frequenzen aufgenommen werden müssen, so geschieht das photographisch mit Hilfe eines Kathodenstrahlen-Apparates. Das direkt-schreibende Gerät hat sehr starke Aufzeichnungsmotoren von niedriger Impedanz. Die ungewöhnlich kräftigen Zentrierungsfedern können eine ziemlich grosse Reibung zwischen Schreibfeder und Papier überwinden. Diesem Umstand wurde viel Bedeutung beigemessen, da Teledeltos-Papier<sup>2)</sup> verwendet wird, das leider etwas rauh ist. Dieses Papier hat die Eigenschaft, dass es sich bei konzentriertem Stromdurchfluss schwarz färbt. Neben den Schreibfedern (die mit Tinte arbeiten, da sich bewegliche elektrische Stiften zu schnell abnutzen würden) sind zwölf stationäre Stiften angebracht, die mit entsprechenden Kontakten auf der Maschine verbunden werden. Diese Stiften zeichnen sogenannte Zeitfunktionen auf, wie z. B. Umdrehungen einer Welle, oder ob eine Kupplung ein- oder ausgerückt ist usw. Mit Hilfe der elektrischen Stiften können viele wichtige Angaben auf einem verhältnismässig kleinen Raum aufgezeichnet werden.

Normalerweise empfängt das Aufzeichnungsgerät ein Gleichstromsignal, das dann durch einen mechanischen Vibrator in eine rechteckige Welle umgewandelt wird. Diese rechteckige Welle geht durch einen Wechselstrom-Verstärker, dessen Ausgangstransformator eine Sekundärwindung mit sehr kleiner Impedanz aufweist. Bevor der Ausgangsstrom, der von grosser Stärke und relativ kleiner Spannung ist, zu den Schreibmotoren fliesst, wird er mechanisch gleichgerichtet durch spezielle Kontakte am Vibrator, der das Eingangssignal in eine rechteckige Welle umformt. Diese Art der Verstärkung erlaubt die Verwendung eines sehr empfindlichen und dennoch stabilen Aufzeichnungs-Gerätes. Der Frequenzbereich wird hauptsächlich durch die Frequenz des mechanischen Vibrators (gegenwärtig etwa 100 Hertz) begrenzt. Im jetzigen Zustand der Entwicklung beträgt die Ausschlagzeit einer Feder ungefähr  $\frac{1}{12}$  Sekunde.

Dieses Aufschreibegerät eignet sich auch gut für Induktionsgeber. Für diesen Fall wird der mechanische Vibrator so geschaltet, dass er die Gleichstrom-Speisespannung zerhackt und so den Geber mit einer rechteckigen Welle speist. Ein spezieller Integrations-Stromkreis in der ersten Verstärkerstufe macht die Phasenverschiebung der einzelnen Komponenten der rechteckigen Welle im Geber wett. Von diesem Punkt an ist der Stromkreis genau gleich wie bei Widerstandsgebern. Jeder der sechs Verstärker kann individuell auf Widerstands- oder Induktionsgeber eingestellt werden, so dass beide Arten gleichzeitig Verwendung finden können.

Bild 11 zeigt typische Kurven, die mit dieser Apparatur aufgenommen worden sind. Sie stammen von der Untersuchung der Vorschubmaschine eines mittelgrossen Baggers. Die Verschiedenheit der aufgezeichneten Grössen zeigt deutlich, wie vielseitig die Apparatur ist. Bild 12 stellt Aufzeichnungen dar, die bei der Untersuchung einer pneumatisch betriebenen Schlagbohrmaschine und der Bewegung ihres Fallmeissels gemacht wurden. Luftdruck im Steuersystem, Luftdruck im Arbeitszylinder, Lage der Ramme sowie Lage, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Meisselstange wurden aufgezeichnet, so dass ein genauer Ueberblick über die gesamte Arbeitsweise gewonnen werden konnte. Die Beschleunigung des Meissels während des Falles ist von besonderem Interesse. Natürlich ist es wichtig, dass der Meissel bis zum Moment des Aufstosses beschleunigt wird; andererseits muss ihn das Seil sofort nach dem Schlag hochziehen. Der Beschleunigungs-Massstab musste relativ klein gewählt werden, um den Ausschlag der Feder im Moment des Aufschlagens nicht allzu gross werden zu lassen. Die Vorgänge während des Aufschlagens waren bei dieser Untersuchung nicht von Bedeutung, da das Hauptinteresse der Maschine selbst und

<sup>2)</sup> Dieses Papier wird von der Western Union Telegraph Comp., 60 Hudson Street, New York 13, New York, hergestellt.

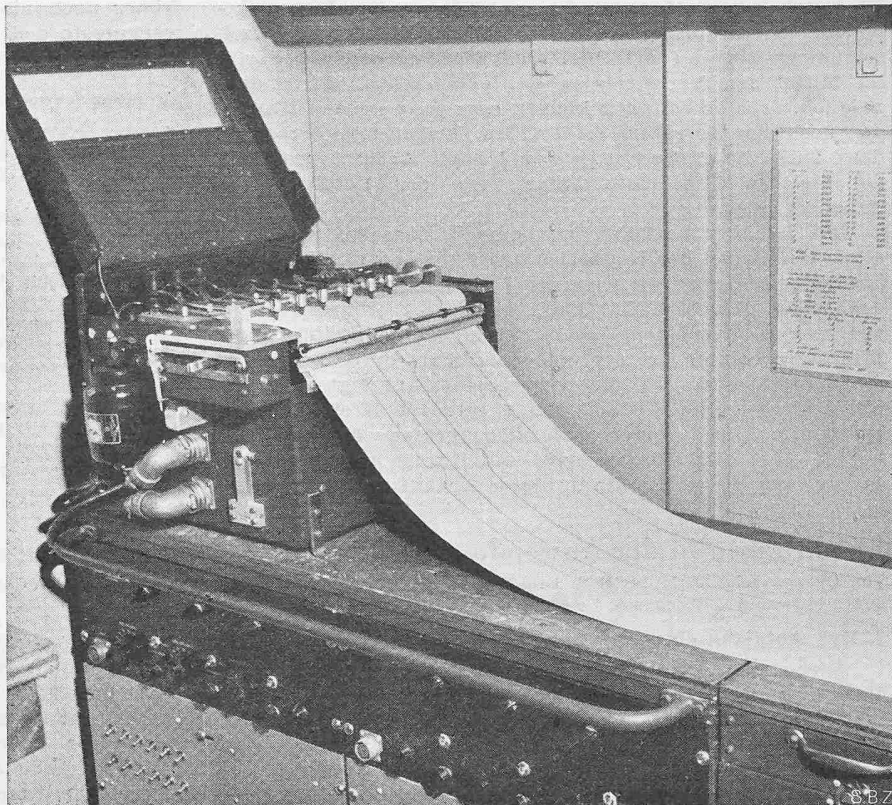


Bild 10. Direktschreibendes Aufzeichnungsgerät nach Offner

den auf das Schlagseil ausgeübten Kräften galt. Dagegen ist die Geschwindigkeit des Fallmeissels unmittelbar vor dem Aufschlag von grosser Wichtigkeit.

Bild 13 zeigt die Anordnung der Geber für die Untersuchung der Fallmeissel-Bewegung. Ein zweiteiliger Ring, der den inneren Teil eines Kugellagers trägt, wurde auf dem Meissel festgeklemmt, und am äusseren Ring des Kugellagers wurde ein endloses Kabel befestigt. Während sich also der Fallmeissel auf und ab bewegen und gleichzeitig um seine Axe drehen kann, überträgt das endlose Kabel nur die Auf- und Ab-Bewegung. Dieses Kabel dreht eine Trommel, durch die die gradlinige Bewegung in eine Drehung umgewandelt wird. Damit können Geber für die Messung des Rotationswinkels, der Rotationsgeschwindigkeit und der Rotationsbeschleunigung verwendet werden.

Gegenwärtig sind elektrische Geber für eine ganze Reihe von Grössen auf dem Markt erhältlich, und beinahe alle können an Aufzeichnungsgeräte für Dehnungsgeber angeschlossen werden. Unter ihnen gibt es Geber, die bereits aus Literatur und Reklame hinreichend bekannt sind; auf sie wird hier nicht näher eingetreten. Dagegen sollen nachfolgend einige sehr einfache Geber, die noch wenig verbreitet sind und sich doch gut bewährt haben, beschrieben werden. In vielen Fällen liefern selbstgebaute Geber alle nötigen Angaben für wenig Geld.

Als z. B. die Öffnungs- und Schliessdauer eines ferngesteuerten Ventils bestimmt werden musste, wurde eine kleine Verlängerung an die Ventilstange angebracht, die dann je nach der Ventilstellung mehr oder weniger tief in eine im Ventilkörper verankerte elektrische Spule hineinragte. Diese Spule wurde in den einen Arm einer Messbrücke geschaltet, während eine ähnliche Spule mit einem der anstossenden Brückenarme verbunden wurde. Die zweite Spule diente dazu, die Messbrücke dem Gleichgewichtszustand nahe zu bringen, indem ein kleines Eisenstäbchen soweit hineingeschoben wurde, bis das Ausgangssignal der Brücke ein Minimum erreichte. Alsdann wurde die Brücke ganz ins Gleichgewicht gebracht durch entsprechendes Einstellen des Potentiometers und der Kondensatoren, die nach dem Schema von Bild 1 geschaltet waren. Die zwei Endpunkte der Ventilstangen-Verschiebung wurden direkt aufgezeichnet, indem das Ventil von Hand geöffnet und geschlossen wurde. Die Bewegungszeit des ferngesteuerten Ventils konnte so sehr genau ermittelt werden. Eine gewisse Abweichung vom linearen Zusammenhang zwischen Ventilstellung und der aufgezeichneten

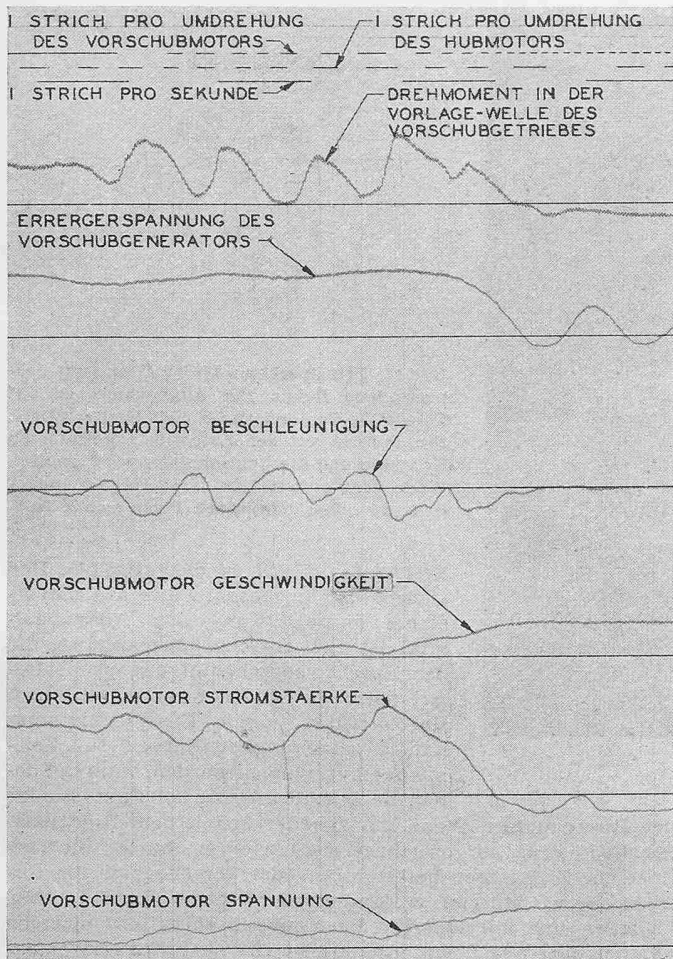


Bild 11. Mit dem Offnergerät aufgenommene Kurven zur Untersuchung der Vorschubmaschine eines Baggers

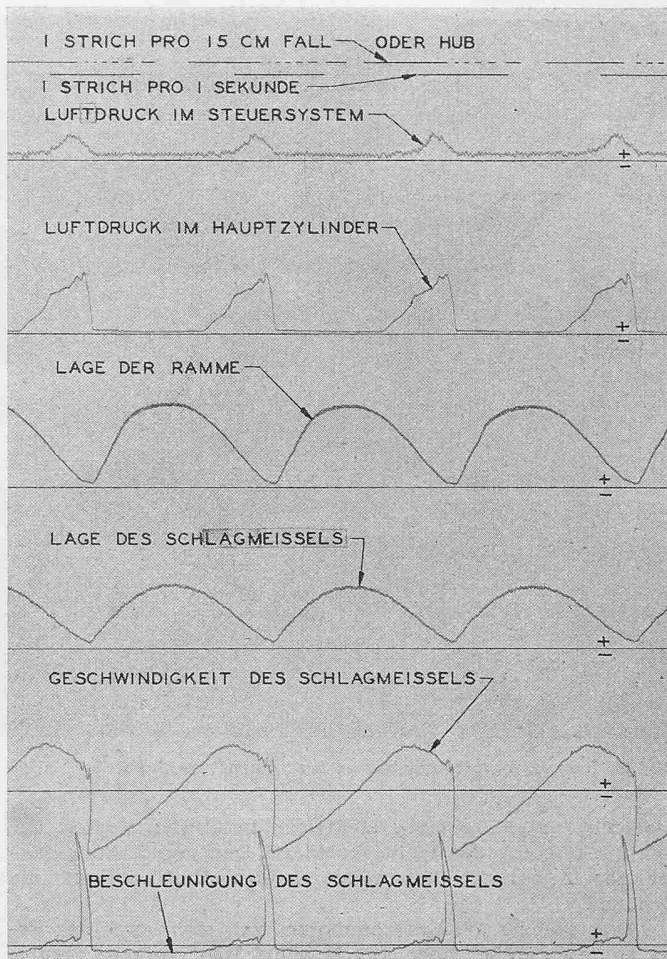
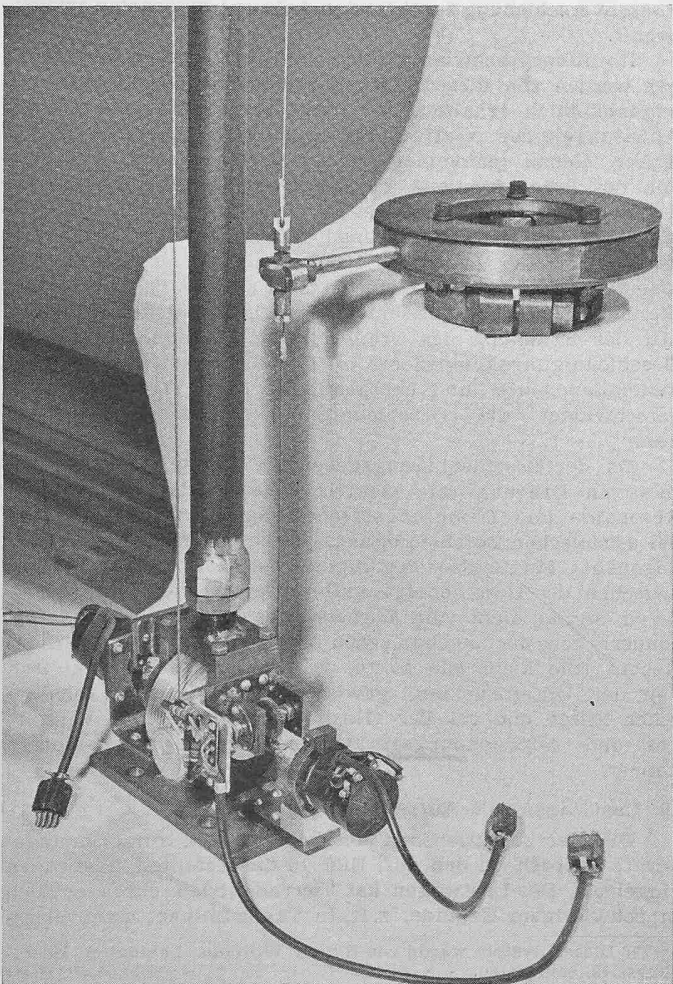


Bild 12. Mit dem Offnergerät aufgenommene Kurven zur Untersuchung einer Schlagbohrmaschine



ten Kurve, die bei einem so einfachen Geber denkbar ist, hatte in diesem Falle keine Bedeutung. Eine sehr ähnliche Methode wurde angewendet bei der Untersuchung der Verstellgeschwindigkeit des Reglersystems eines Dieselmotors. Hier wurde die Regulierstange an der Brennstoffpumpe verlängert; das Ende des Verlängerungs-Stäbchens ragte wiederum in eine elektrische Spule hinein.

Rotationsgeschwindigkeiten von Wellen können mittels gewöhnlicher Tachometer-Generatoren aufgezeichnet werden. Die vom Kollektor eines solchen Generators hervorgerufenen überlagerten Wellen von relativ hoher Frequenz, die manchmal sehr störend wirken, können in den meisten Fällen mittels eines Induktions-Kapazitätsfilters genügend gedämpft werden. Bei niedriger Drehzahl der Welle kann aber eine ernsthafte Störung durch den Kollektor nicht verhindert werden. In diesem Falle wird ein Wirbelstrom-Motor mit Leichtmetallanker als Geber benützt. (Diese Art Geber arbeitet übrigens auch gut bei hohen Drehzahlen). Das eine Paar der Windungen wird einer Wechselstromquelle (sinusförmige oder rechteckige Wellen) angeschlossen. Das Ausgangssignal des anderen Windungspaares ist eine der Drehzahl proportionale Wechselstromspannung von konstanter Quellen-Frequenz. Die Eichung der Geschwindigkeitskurve

Bild 13 (links). Geber zur Messung von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Fallmeissels

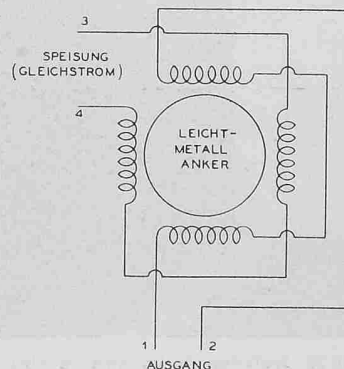


Bild 14 (rechts). Schaltschema für den Gebrauch eines Wirbelstrom-Motors als Rotationsbeschleunigungs-Geber



Bild 15. Lastwagen mit eingebauter Instrumenten-Anlage

geschieht mit Hilfe eines elektrisch betätigten Stiftes, der jede Umdrehung der Welle markiert. Der Verstärkungsfaktor der Apparatur hat somit keinen Einfluss auf die Eichung.

Der gleiche Wirbelstrommotor hat sich auch als Beschleunigungsgeber sehr gut bewährt; der einfache Strom-



Bild 16. Instrumente im vordern Abteil des Lastwagens von Bild 15

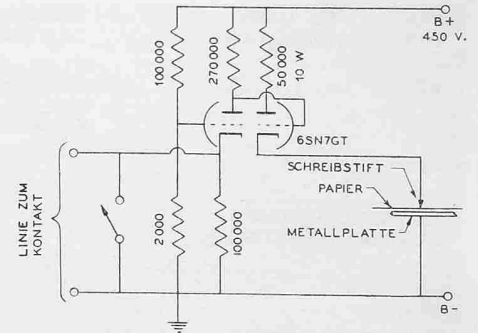


Bild 17. Prinzipschema der Schaltung mit elektronischem Relais für Aufzeichnungen auf Teledeltos-Papier mittels elektrischer Stiftes. Ein Pol des auf der Maschine angeordneten Kontakts und die Schreibplatte sind geerdet. Wenn der Kontakt offen ist, beträgt die Spannung zwischen den beiden Polen nur 80 Volt

kreis ist auf Bild 14 dargestellt<sup>3)</sup>. Der Geber wird in diesem Falle mit Gleichstrom gespeist, und das Ausgangssignal ist eine Gleichstromspannung, die der Rotationsbeschleunigung proportional ist. Die Eichung wird praktisch durchgeführt, indem Beschleunigungs- und Geschwindigkeitskurven für Zeitspannen verglichen werden, während denen die Beschleunigung konstant ist oder sich linear ändert. Wenn nur die durchschnittliche Rotationsbeschleunigung aufgezeichnet werden muss und der Einfluss einzelner Zündungen bei Motoren oder der Eingriff von Getriebebezähnen störend wirken würden (diese kleinen, aber schnellen und überlagerten Bewegungen enthalten meistens ziemlich hohe Beschleunigungen), so wird ein Filter verwendet. Gewöhnlich genügt ein Filter, der aus einer Induktion und einer Kapazität besteht; der Filter muss natürlich so abgestimmt sein, dass er die gewünschten Frequenzen ohne allzu grosse Phasenverschiebung durchlässt und die unerwünschten zurückbehält.

Rotationsgeschwindigkeiten und Rotationsbeschleunigungen werden von diesen Wirbelstromgebern unmittelbar und augenblicklich erhalten, und zwar als elektrisch ermittelte Ableitungen der relativen Bewegung zwischen Gehäuse und Anker. Genau genommen ist das Ausgangssignal abhängig von der Trägerfrequenz, der relativen Geschwindigkeit und der relativen Beschleunigung. Falls die Trägerfrequenz gleich Null ist (Gleichstromspeisung), so hängt das Ausgangssignal nur von der relativen Beschleunigung ab. Für verhältnismässig niedrige Trägerfrequenzen enthält das Ausgangssignal Beschleunigungs- und Geschwindigkeitskomponenten. Mit der Erhöhung der Trägerfrequenz vermindert sich die Beschleunigungskomponente im Verhältnis zur Geschwindigkeitskomponente, und bei genügend hoher Trägerfrequenz verschwindet die Beschleunigungskomponente praktisch ganz.

Da der Beschleunigungsgeber die zweite Ableitung der relativen Drehung rein elektrisch liefert, ist er nicht mit Resonanz- und Dämpfungserscheinungen behaftet, wie das bei seismischen Beschleunigungsgebern der Fall ist. Für eine gegebene Maximalbeschleunigung ist der Zusammenhang zwischen der Beschleunigungsfrequenz und dem aufzeichneten Signal nicht vom Wirbelstromgeber selbst abhängig, sondern von der mechanischen Verzerrung im Antrieb des Gebers (die klein sein sollte, da der Geber sehr leicht ist), von der Unterdrückung gewisser Frequenzen im elektrischen Filter und von der Geschwindigkeit, mit der Verstärker und Aufzeichnungsgerät dem Eingangssignal folgen können.

#### 10. Lastwagen mit Aufzeichnungsgeräten

Die hier beschriebenen Messbrücken und Aufzeichnungsgeräte wurden in den auf Bild 15 dargestellten Lastwagen eingebaut. Der Lastwagen hat Vierradantrieb, damit er auch in schwierigem Gelände, z.B. in Tagbauminen, manövrieren

<sup>3)</sup> Dieses System wurde von Sidney Williams, Lexington, Massachusetts, empfohlen.

bar ist. Das hintere Abteil des Lastwagens enthält einen von einem Benzinmotor angetriebenen Generator von 115 V, der für die Versuche auf festen Boden gestellt wird, sowie die Kabelrollen. Wenn Aufzeichnungen gemacht werden, steht der Lastwagen still. Vor den Versuchen wird jeweils genügend Kabel von den Rollen abgewickelt, und dann werden die Stecker der Instrumenten-Zuleitungen seitlich in die Rollen eingesteckt; die Rollen brauchen also keine Schleifringe.

Bild 16 zeigt einen Teil der Instrumente im vorderen Teil des Lastwagens. Oben sind acht Messbrücken-Kontrollen (sechs für das direktschreibende Gerät und zwei für die photographische Aufzeichnungs-Apparatur). In der Mitte, auf dem Tisch, befindet sich das direktschreibende Gerät (Bild 10). Unter dem Tisch sind die Speisung und die Verstärker für das direktschreibende Gerät, sowie die Gleichstrom-Speisung für die elektrischen Schreibstiften und die dazugehörenden elektronischen Relais. Die elektronischen Relais erlauben auf der Maschine selbst mit nur kleinen Spannungen zu arbeiten, während beim Schliessen von Kontakten die Stiften mit genügender Spannung beliefert werden können. Ebenfalls unter dem Tisch, rechts unten, sind Speisung und Kontroll-Apparatur für das photographische Aufzeichnungsgerät, das gleichzeitig zwei Kurven aufnehmen kann, sowie die Gleichstromspeisung und die elektronischen Relais für zwölf sehr rasch aufleuchtende Neon-Lämpchen, die dem gleichen Zweck dienen wie die elektrischen Stiften beim direktschreibenden Gerät. Die photographische Aufzeichnungs-Apparatur ist ganz rechts auf Bild 16 ersichtlich; oben ist der elektrisch betriebene Film-Aufnahmeapparat, der mit dem darunterliegenden Gehäuse für die Kathodenstrahl-Röhre und die Neon-Lämpchen durch ein lichtdichtes Gehäuse verbunden ist.

Der Lastwagen mit den darin eingebauten Instrumenten

hat sich bei einer Anzahl von Versuchen im Freien als sehr praktisch erwiesen. Versuche werden im allgemeinen innerhalb einer Distanz von 500 km im Umkreis der Fabrik durchgeführt; gelegentlich muss man aber bis zu 1000 km weit fahren, um spezielle Maschinen in Minengebieten zu prüfen. Alle Instrumente haben bisher die langen Fahrten gut überstanden; Röhren und andere empfindliche Bestandteile müssen nicht besonders häufig ersetzt werden. Dagegen bedarf es nach einer langen Fahrt einer genauen Prüfung der Apparatur, da sich Röhren gelegentlich etwas aus dem Sockel herausarbeiten und dann nicht mehr einwandfrei funktionieren.

Drei gut ausgebildete Techniker können gewöhnlich einen sehr komplizierten Versuch innerhalb einer Woche bewältigen. Die Vorbereitungen (Vorversuche, Anpassvorrichtungen und Antrieb für die Geber, Schleifringe, Messglieder usw.) und namentlich die Auswertung der Versuchskurven erfordern aber bedeutend mehr Zeit.

#### Literaturverzeichnis

- [1] D. M. Cunningham and G. W. Brown: «Two Devices for Measuring the Forces acting on a Human Body during Walking», Vortrag, gehalten vor der «Society for Experimental Stress Analysis», 29. November 1950 in New York. Dieser Vortrag wird in den «Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis» veröffentlicht werden.
- [2] J. H. Meier: «Some Aspects of Observing the Performance of Large Machines under Operating Conditions», «Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis», Bd. I, Nr. II, S. 11—17.
- [3] R. Baumberger and F. Hines, «Practical Reduction Formulas for Use on Bonded Wire Strain Gages in Two-Dimensional Stress Fields», «Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis», Bd. II, Nr. I, S. 113—127.

Die Bibliothek der Eidgenössischen Technischen Hochschule besitzt alle Bände der «Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis».

## Die «Constructa» in Hannover

In der Zeit vom 3. Juli bis 12. August 1951 fand in Hannover die grosse Bauausstellung «Constructa» statt. Sie nahm die Tradition der internationalen Bauausstellung 1913 in Leipzig und der grossen deutschen Bauausstellung 1931 in Berlin wieder auf und zeigte in einer wirklich umfassenden Schau die Entwicklung und den Stand des gesamten Bauwesens.

Nach dem Verlust von 20 bis 25 % des Wohnungsbestandes durch Kriegezerstörungen und nach der Zuwanderung von über neun Millionen Flüchtlingen aus dem Osten ist heute in Deutschland die wichtigste Aufgabe der Wohnungsbau. Sechs Millionen Wohnungen müssen gebaut werden, um die Wohnungsnot zu überwinden. Ein besonders grosser Teil der Ausstellung war deshalb den architektonischen, technischen und finanziellen Fragen des Wohnungsbaues in Stadt und Land gewidmet. Eine grosse Zahl von Wohnungstypen war mit voller Möblierung aufgebaut, um die Weiterentwicklung und Verbesserung der bisherigen Typen zu zeigen. Bei der herrschenden Armut und dem grossen Kapitalmangel kommt es auf möglichst billige Ausführungen an. Eine Kleinstwohnung, die in Hamburg bereits ausgeführt ist, besteht z. B. aus Wohnraum, Kochnische, Waschkraum, WC, Eltern- und Kinderschlafräum und hat mit vier Betten, wovon zwei Kinderbetten übereinander angeordnet sind, eine Nutzfläche von 33 m<sup>2</sup>, also 8 m<sup>2</sup> pro Kopf. Eine Ausstellungssiedlung, die im Endzustand 10 000 Menschen in 3000 Wohnungen aufnehmen soll, zeigte Beispiele für wirtschaftlichen Wohnungsbau im städtebaulichen Rahmen.

Aus dem grossen Gebiet des Ingenieurbauwesens wurde eine Auslese neuer Bauten, neuer Konstruktionen und neuer Entwicklungen vorgeführt. Im einzelnen waren die wirtschaftliche Bedeutung der Bauindustrie, die Bodenmechanik, der Erdbau, die Gründungen (u. a. Baugrundforschung mit Hilfe elektrischer Messungen, Schwingungsuntersuchungen und Erschütterungsmessungen), der Strassenbau, der Brückenbau und der konstruktive Ingenieurbau (z. B. Freivorbau mit Fertigteilen in vorgespanntem Stahlbeton, und die neue Strassenbrücke über den Rhein in Köln), die Siedlungswasserwirtschaft und der Wasserbau dargestellt. In übersichtlicher Weise wurde über alle Einzelfragen des Bauens, über Baustoffe, Materialprüfung, Bauteile und Baumaschinen berichtet.

Die Ausstellung beschränkte sich aber nicht auf die Fragen der Bautechnik, der Baukunst und der Bauwirtschaft, sondern stellte das Bauen in den grossen Zusammenhang der

Stadt- und Landesplanung hinein. Die vielseitigen Darstellungen aus diesen Gebieten brachten dem Fachmann viele Anregungen und teilweise ganz neues Material. Gleichzeitig waren sie aber so gehalten, dass sie auch bei Laien das Verständnis für Aufgaben und Notwendigkeit der Landesplanung wecken konnten. Unter anderem wurden folgende Probleme behandelt: In der Landwirtschaft können durch Be- und Entwässerungen, durch Umlegungen grossen Umfanges, durch Technisierung der Betriebe usw. erhebliche Ertragssteigerungen erzielt werden. In der Energiewirtschaft wird der Bedarf in den nächsten Jahren infolge des Aufbaus der Industrie schwer zu decken sein. Mit den verfügbaren Energiemengen an schwarzer und weisser Kohle muss haushälterisch umgegangen werden. Erweiterungen des Ferngas- und Hochspannungsnetzes sind geplant. Die Verkehrswirtschaft ist von besonderer Bedeutung. Die Schiene wird trotz ihrer finanziell schwierigen Lage der Hauptträger des festländischen Verkehrs bleiben. Die Bundesbahn will in grossem Massstab elektrifizieren, um den Schienenverkehr zu verbessern. Im Strassenwesen zeigen sich verschiedene Mängel der Autobahnen. Als Hauptgerippe des Strassennetzes weisen sie teilweise zu grosse Steigungen auf; zum Teil führen sie durch wenig erschlossene Gebiete; häufig haben die Autobahnen schlechte Anschlüsse an die Städte; sie sind nicht auf das allgemeine Strassennetz abgestimmt. Das Wasser wird ein immer wertvollerer Rohstoff, der schonend bewirtschaftet werden muss. Die Einwohnerzahl ist stark gestiegen, gleichzeitig hat aber auch der Wasserverbrauch je Kopf der Bevölkerung erheblich zugenommen. Zwischen Wasser-Mangel- und -Überschussgebieten muss oft auf grosse Entfernungen ein Ausgleich herbeigeführt werden. Besonders eingehend wurden die Bevölkerungs- und Flüchtlingsfragen behandelt. Das Flüchtlingsproblem ist heute das Kardinalproblem in Deutschland. Es wurde systematisch in seinen einzelnen Auswirkungen untersucht. Neben der bisherigen Entwicklung wurden auch die Massnahmen dargestellt, die ergriffen werden müssen, um diesen Menschen endlich wieder eine geordnete Arbeits- und Heimstätte zu geben. Gründliche soziologische Studien zeigen Not und Elend der Flüchtlinge, die sie trotz erstaunlichen Leistungen der Selbsthilfe nicht allein überwinden können.

Sehr übersichtlich war die Ausstellungshalle «Städtebau und Ortgestaltung» aufgebaut. Hier wurden mit wissenschaftlicher Systematik die einzelnen Gebiete des mo-