

Anwendungstechnik
Licht- und Flüssigkeitsstrahloszillographen

Inhalt:

Einleitung

Registrieren von Kenngrößen in der Schweißtechnik

Messungen an Reibschweißmaschinen

Einsatz von Lichtstrahloszillographen an
Massenspektrometern

Einsatz von Lichtstrahloszillographen in
elektrischen Kraftwerken und Anlagen

Untersuchung dynamischer Vorgänge an geregelten
Antrieben mit Lichtstrahloszillographen

Einsatz von Lichtstrahloszillographen in
der Elektrotechnik und Leistungselektronik

Einsatz des OSCILLOMINK für TÜV-Abnahme-
messungen an Pipelines

Einsatz des OSCILLOMINK für Messungen
an Werkzeugmaschinen

Analoges Aufzeichnen schnell veränderlicher
Vorgänge: Die Messkette

Messung der Blechdicke mit OSCILLOMINK E

Aufzeichnung von Telegraphier-Impulstelegrammen
und schnellveränderlichen elektrischen Größen

OSCILLOMINK für automatische Einwiegemaschinen

E i n l e i t u n g

Die Bestimmung des augenblicklichen Zustandes von immer mehr physikalischen und technischen Meßgrößen bei immer schnelleren Zustandsänderungen verschafft den schnellregistrierenden Meßgeräten immer größere Bedeutung. Zum Beispiel ist die dynamische Meßtechnik Grundlage der Automatisierung.

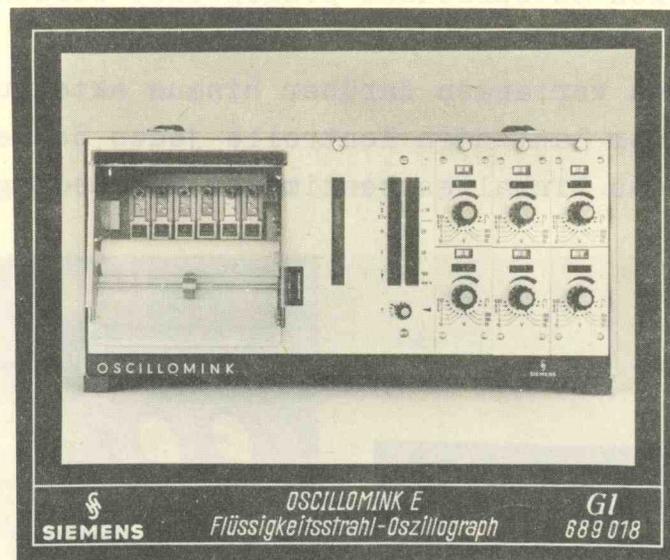
Die richtige Wahl der Meßeinrichtung ist sowohl für das Ergebnis der Messung als auch hinsichtlich der Kosten von großer Bedeutung. Die größere Kompliziertheit der dynamischen Messungen gegenüber statischen drückt sich in einer größeren Anzahl zu berücksichtigender Kenngrößen der Meßeinrichtung aus. Zu ihnen gehören z.B. Frequenzgang, Schreibgeschwindigkeit, Auflösungsvermögen (Papiergeschwindigkeit), Empfindlichkeit, Eingangsschaltung (Widerstand und evtl. Gleichtaktunterdrückung) usw. Da in den meisten Fällen die Meßeinrichtung aus mehreren Gliedern besteht (z.B. Meßwertaufnehmer, Verstärker und Oszillograph), ist ihr Zusammenwirken ebenfalls von entscheidender Bedeutung.

Der vorliegende Band mit Anwendungsbeispielen aus der dynamischen Meßtechnik soll die richtige Auswahl der Meßeinrichtung für möglichst viele Anwendungsbereiche erleichtern. Diesem ersten Band werden in Kürze weitere folgen. Alle Berichte resultieren aus der Zusammenarbeit unseres Hauses mit Anwendern aus allen Bereichen der Wissenschaft und Technik. Wir hoffen auch, daß diese Sammlung von Anwendungsbeispielen unseren grundsätzlichen Standpunkt unterstreicht, nicht nur Lieferant von Meßgeräten zu sein, sondern an der Lösung des Meßproblems mitzuarbeiten. Unseren Kunden, die inzwischen viele tausend Registriergeräte besitzen, sind wir für die Mitarbeit zu großem Dank verpflichtet.

Anwendungstechnik Licht- und
Flüssigkeitsstrahloszillographen

Februar 1969 Ms 7/1001

Registrieren von Kenngrößen mit Flüssigkeitsstrahl-
Oszillographen in der Schweißtechnik



OSCILLOMINK E

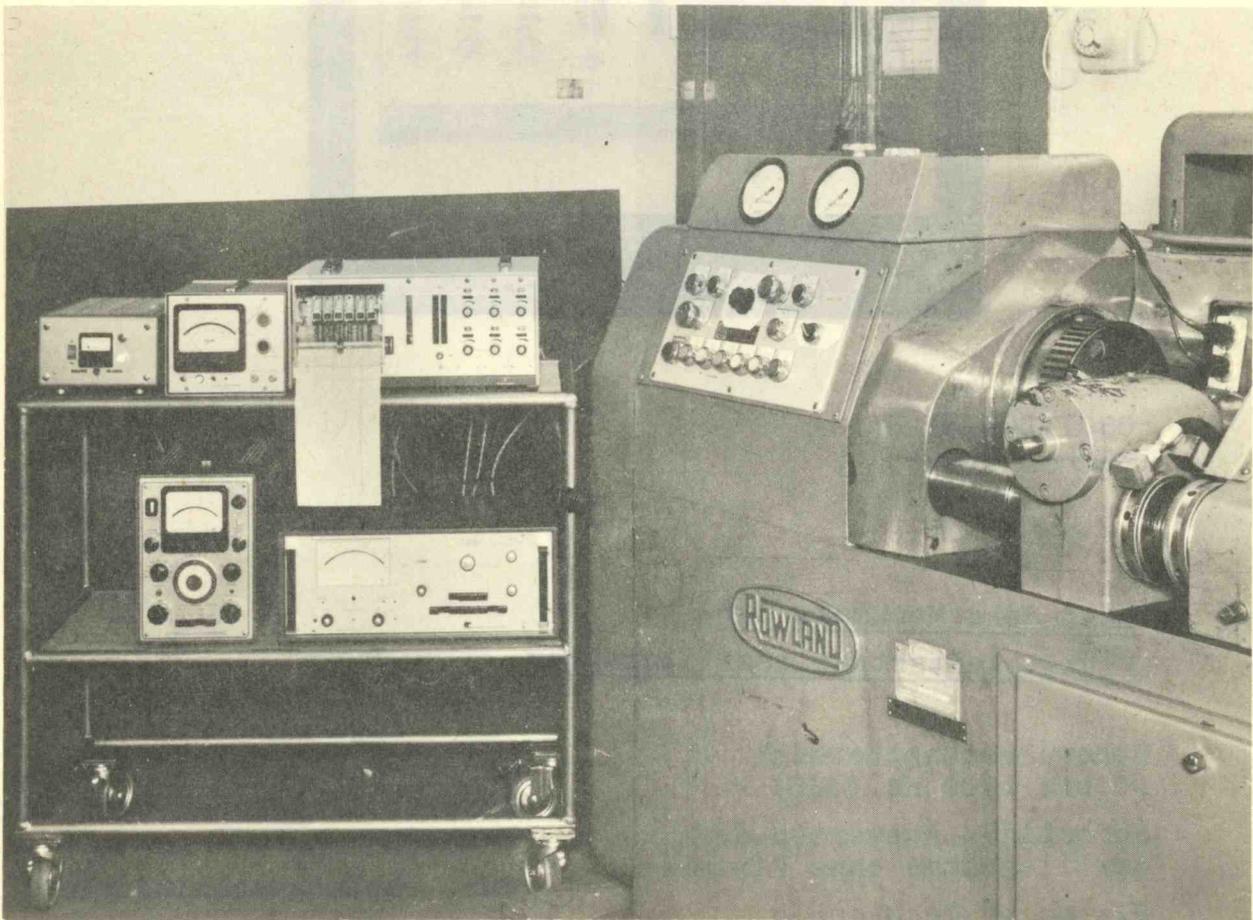
Besondere Merkmale der
Flüssigkeitsstrahloszillographen

Hoher Frequenzbereich
DC bis 1000 Hz (3dB)
Sofortiges Auswerten der
Oszillogramme ohne Fixieren
Bis zu 16 Messkanäle
Geringe Kosten für Registrier-
papier

Batterie und Netzanschluß
Referenzlinien und Oszillogramm-
Nummern
max. Papiergeschwindigkeit 1m/s
Faltenpackpapier mit großem
Vorrat

Zum Registrieren von Kenngrößen in der Schweißtechnik eignet sich besonders der Flüssigkeitsstrahloszillograph OSCILLOMINK. Mit dem Prinzip der Strahlschreiber-messwerke lassen sich Frequenzen bis zu ca. 1000 Hz mit einer ausreichenden Amplitude auf normalem unpräparierten Registrierpapier aufzeichnen und damit für die Technologie des Schweißvorganges wichtige Entscheidungen treffen. Bei den verschiedensten Versuchsreihen werden Kombinationen von Schweißstrom, Schweißzeit- bzw. -Takt, Elektrodenkraft und Elektrodenbewegung gefunden. Auf der Basis dieser Messergebnisse können dann die für den Schweißvorgang günstigsten Parameter ausgewählt und die Maschinen entsprechend eingestellt werden.

Viele Kunden verlangen darüber hinaus aktenkundige Unterlagen von der laufenden Kontrolle jedes Schweißvorganges und damit das Einhalten bestimmter Normbedingungen.



OSCILLOMINK E als Registriergerät eines Messplatzes.

Allgemein sind folgende charakteristischen Messgrößen von 3 verschiedenen Schweißverfahren von Interesse:

1. Punktschweißen (Widerstandsschweißen)

- 1.1 Netzspannung: Anschluß über den Eingangsabschwächer eingebaut im Verstärker des OSCILLOMINK. Direkte Verbindung.
- 1.2 Primärspannung: Ebenfalls Direktverbindung über Abschwächer.
- 1.3 Schweißstrom: Bei einphasigen Schweißmaschinen. Abnahme über Rogowskigürtel. Bei ein- oder dreiphasigen Maschinen. Aufnahme mit Hall-Sonde, da Gleichspannungskomponenten vom Rogowskigürtel nicht übertragen werden. Signalverstärkung mit Anpaßgerät WMA 622/623.
- 1.4 Elektrodenkraft: Aufnahme mit induktiver Kraftmessdose. Speisespannung wird von einem Anpassgerät bereit gestellt.
- 1.5 Elektrodenweg: Messumformer ist ein induktiver Wegaufnehmer mit eingebautem Trägerfrequenz-System mit Speisung aus Elektronikbaustein. Anschluß direkt an Verstärker OSCILLOMINK.

2. Stumpfschweißen (Widerstandsschweißen)

- 2.1 Netzspannung: Anschluß über Eingangsabschwächer, eingebaut im Verstärker des OSCILLOMINK. Direkte Verbindung.
- 2.2 Stauchweg: Registrieren über Potentiometergeber. Speisung über ein getrenntes Netzgerät.
- 2.3 Schweißstrom als Effektivwert: Aufnahme wie 1.3 entweder Rogowskigürtel oder Hallsonde.

2.4 Kontaktdruck: (Elektrodenkraft)

Aufnahme über Kraftmessdose.

3. Reibschweißen:

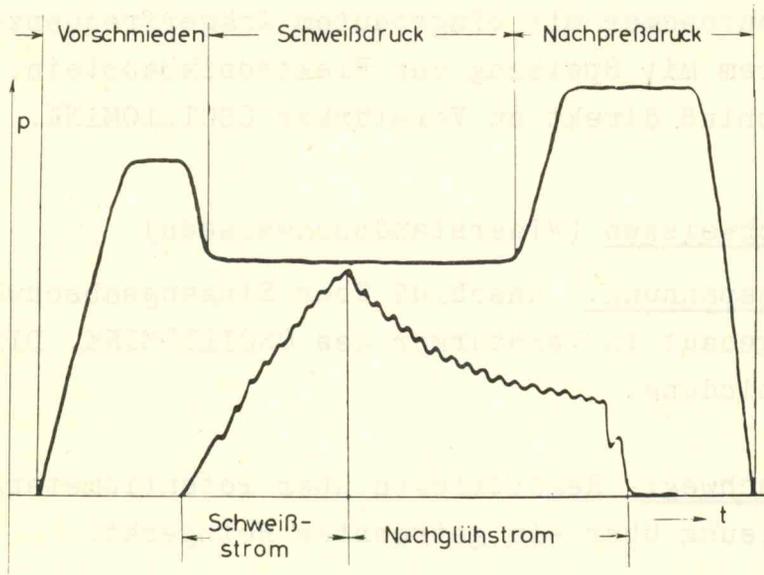
3.1 Drehzahl: Aufnahme kontaktlos über Fotozelle und Drehzahlmessgerät.

3.2 Axialkraft: Aufnahme über DMS an der Vorrichtung, die das Werkstück aufnimmt.
Anschluß an DMS-Brücke mit Speisespannung.

3.3 Axialweg: Aufnahme wie 1.5.

3.4 Reibmoment: Aufnahme wie 3.2.

3.5 Motorstrom: Aufnahme über einen Stromwandler, meistens eingebaut in der Maschine selbst.
Anschluß direkt über Eingangsabschwächer am OSCILLOMINK.



Verlauf des Schweißstromes und Schweißdruckes beim Blechschweißen

Für Messplätze zum Registrieren von Meßgrößen an
Schweißmaschinen führen wir folgende Geräte:

- Pos. 1) 1 OSCILLOMINK P
2 Kanäle mit Zeitmarke
Galvos und Verstärker
LNr. M 07621-A 1
Preis: DM 8.400,--
=====
- Pos. 2) 1 OSCILLOMINK E
mit Galvos, Verstärkern
6 Kanäle LNr. M 0769-A1/6 ...DM 16.250,--
4 Kanäle LNr. M 0769-A1/4 ...DM 13.539,--
2 Kanäle LNr. M 0769-A1/2 ...DM 10.398,--
- Pos. 3) 1 Rogowskigürtel
Typ WMG 582
Preis:DM 240,--
=====
- Pos. 4) 1 Kraftmessdose EBM
50 kp/cm²
Preis: DM 925,--
=====
- Pos. 5) 1 Kabel für Kraftmessdose
Preis: DM 53,--
=====
- Pos. 6) 1 Tragbares Anpassgerät
Typ WMA 622
für Einphasenbetrieb
Preis DM 3.400,--
=====
- Pos. 7) 1 Tragbares Anpassgerät
Typ WMA 623
für Ein- und Dreiphasenbetrieb
Preis: DM 4.450,--
=====

- Pos. 8) 1 Hallsonde in Gießharzform
mit Messleitung
Typ WMA 100
Preis: DM 570,--
=====
- Pos. 9) 1 Induktiver Wegaufnehmer
Bereich + 3,2mm mit
Elektronikbaustein
- Pos. 10) 1 Potentiometeraufnehmer
Preis: DM 850,--
=====
- Pos. 11) 1 Spannungskonstanthalter
für Pos. 10)
Preis: DM 300,--
=====
- Pos. 12) 1 Spannungskonstanthalter
für Kraftmessdosen
Preis: ca. DM 350,--
=====
- Pos. 13) 1 Drehzahlmessgerät
Typ ARI-1/A
Preis: DM 1.580,--
=====
- Pos. 14) 1 Fotoelektrischer Impulsgeber
Preis: DM 260,--
=====
- Pos. 15) 1 DMS-Brücke mit Verstärker
zum Anschluß an DMS
Preis: DM 1.400,--
=====
- Pos. 16) 1 Messleitung
zum Anschluß OSCILLOMINK
LNr. C 72 953-A96-A1
Preis: DM 36,--
=====

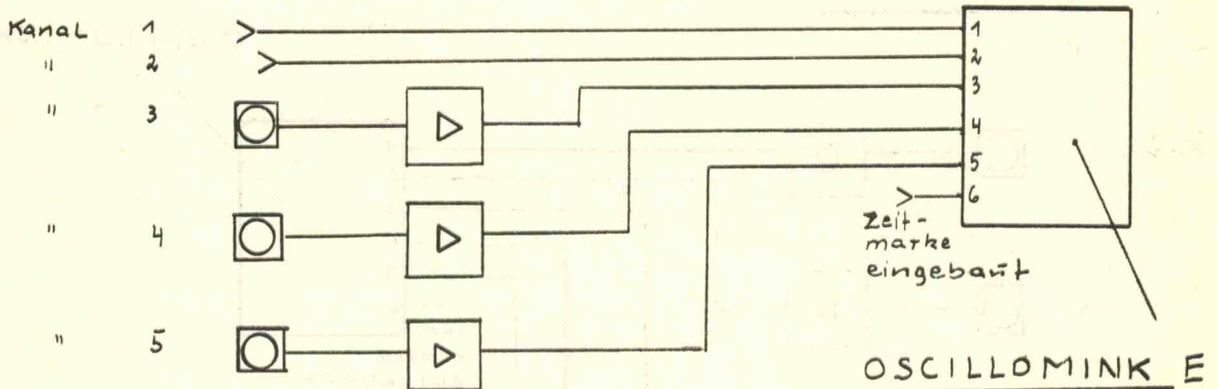
Pos. 17) 1 Löschrolle
für OSCILLOMINK
LNr. 274 120
Preis: DM 6,--
=====

Pos. 18) 1 Registrierpapier für OSCILLOMINK
LNr. 274 110
Preis: DM 6,--
=====

Pos. 19) 1 Schreibflüssigkeit für OSCILLOMINK
LNr. 274 115
Preis: DM 7,--
=====

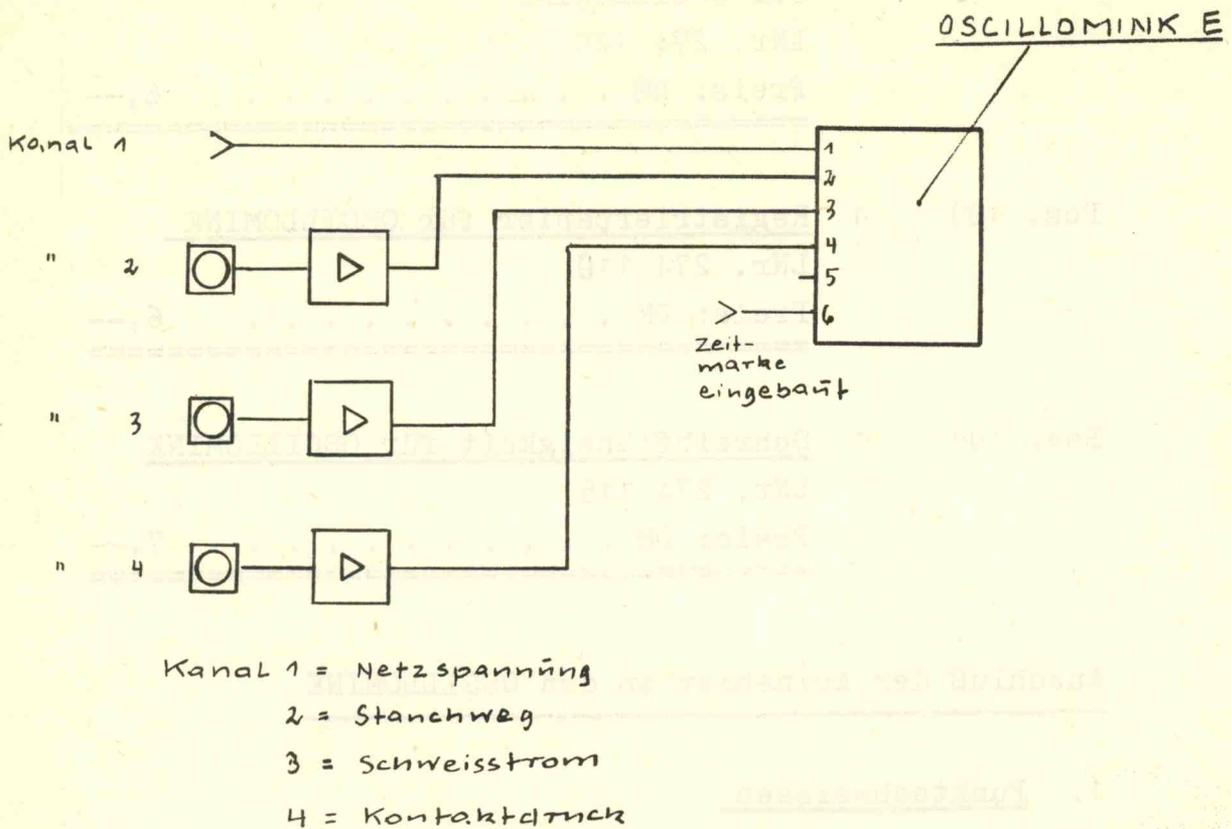
Anschluß der Aufnehmer an den OSCILLOMINK

1. Punktschweissen

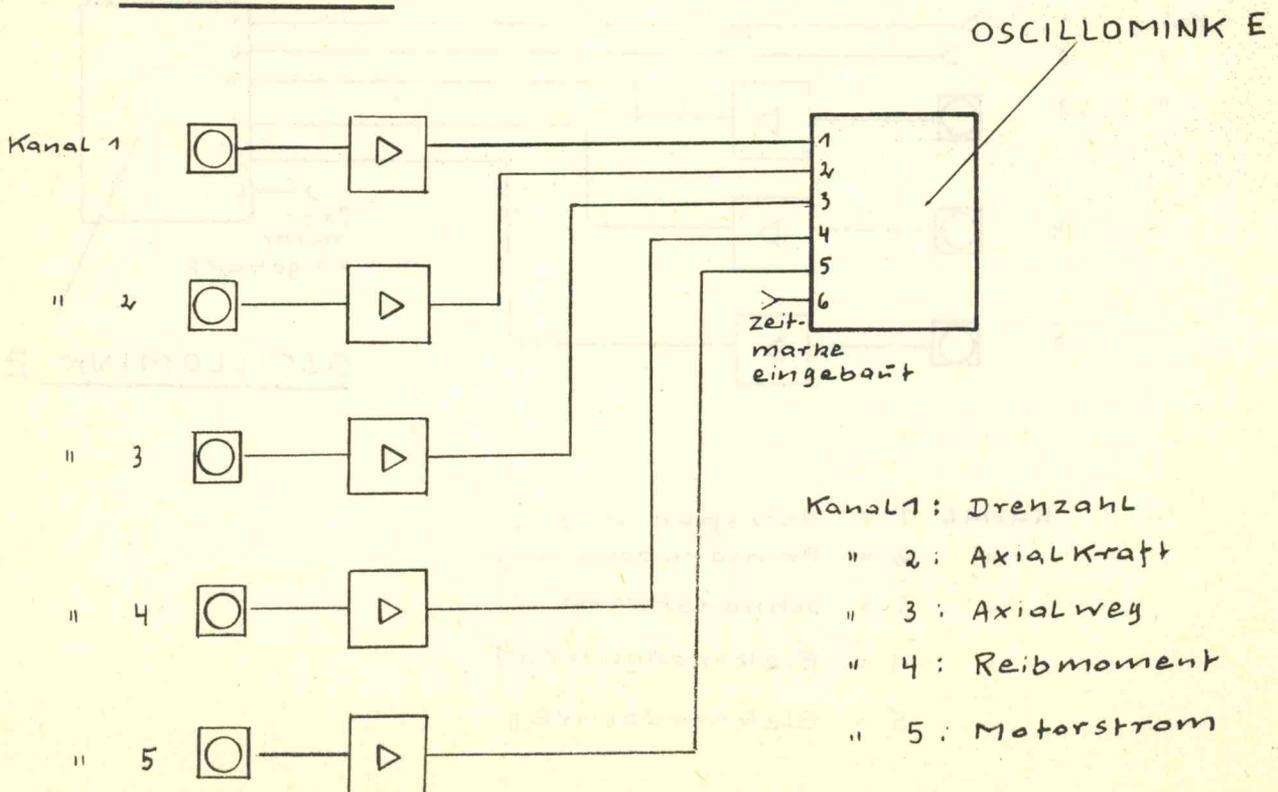


- Kanal 1 = Netzspannung
- " 2 = Primärspannung
- " 3 = Schweißstrom
- " 4 = Elektrodenkraft
- " 5 = Elektrodenweg

2. Stumpfschweissen



3. Reibschweissen



Selbstverständlich lösen wir auch andere Probleme, falls die obengenannten Aufnehmer und Anpassgeräte für Ihre Messaufgabe nicht ausreichen. Hierzu bitten wir um folgende Angaben:

Messgrösse und Messbereich
kleinster messbarer Messwert
Frequenzbereich
Einbauverhältnisse
Temperaturverhältnisse.

Außer der unter Pos. 1) bis 19) genannten Geräten mit Zubehör führen wir noch eine Reihe von Einzelmessgeräten für Messungen an Schweissmaschinen.

Die genannten Preise sind freibleibend, ohne Verpackung, ab Werk.

Folgende Literatur stellen wir gerne zur Verfügung:

Aufsatz Einsatz des Flüssigkeitsstrahl-
Oszillographen in der Schweißtechnik Ms7/205 Best.-Nr.2-2707-303
Siemens

Aufsatz Messung von Kenngrößen an
Schweissmaschinen (ohne Bestell-Nr.)

Ergänzung zum Aufsatz Einsatz des
Flüssigkeitsstrahl-
Oszillographen
Ms 7/205 (ohne Bestell-Nr.)

Aufsatz Einsatz von Registriergeräten an
Schweissmaschinen (ohne Bestell-Nr.)

Technische Daten Tragbare Anpassgeräte WMA 622/623
(ohne Bestell-Nr.)

Messgeräte für Einzelmessung an Schweissmaschinen
(ohne Bestell-Nr.)

Technische Daten Hallsonde WMA 100
(ohne Bestell-Nr.)

Anfragen richten Sie bitte an einer der
Siemens-Geschäftsstellen oder an das
Wernerwerk für Meßtechnik, 7500 Karlsruhe 21,
Rheinbrückenstrasse 50/Telefon (0721) 595 2495/Hn. Saur

Messungen an einer Reibschweissmaschine
mit Lichtstrahloszillographen

Für die Verschweissung verschiedener Materialien, besonders von Buntmetallen oder hochlegierten Stählen, die sich mit herkömmlichen Schweißverfahren nur sehr schwer oder überhaupt nicht verschweissen lassen, setzt man heute in zunehmendem Maße die Reibschweißmaschine ein.

Besonders geeignet ist dieses Verfahren, wenn mindestens ein Teil davon rotationssymmetrisch ist. Bei der Reibschweissung werden die beiden zu verbindenden Teile mit einer während des Schweißvorganges veränderlichen Kraft aneinandergepreßt. Dabei steht ein Teil still, währenddem der andere bewegt wird.

Die dadurch entstehende Reibungswärme in Verbindung mit der hohen Flächenpressung führt zur Verschweissung der beiden Teile.

Bei der Reibschweissung werden die zu verschweisenden Teile erheblich weniger erhitzt, als bei einer konventionellen Schweissung. Außerdem besteht während des gesamten Schweißvorganges eine innige Verbindung der beiden Teile. Dadurch bildet sich keine Oxydschicht, welche sonst die Verschweissung verhindert.

Aufgrund des Verfahrens eignet sich die Reibschweissung gut für teil- oder vollautomatischen Betrieb.

Bild 1 zeigt schematisch eine Reibschweißmaschine sowie ein an dieser Maschine aufgenommenes Oszillogramm.

Hauptbeurteilungspunkte für den Schweißablauf bzw. für die Qualität der Schweissung sind dabei

Presskraft der beiden Teile
Axialweg
in der Schweissung umgesetzte Leistung
Drehzahl der Spindel.

Drehzahl und Axialweg sind in dem Oszillogramm nicht aufzeichnet, weil es bei dieser Messung hauptsächlich um die Auslastung des Motors für den Spindelantrieb ging.

Das Leistungsoszillogramm (Kurve 1) zeigt die verhältnismässig große Blindleistung während des Leerlaufes des Motors. Während des Schweißvorganges nimmt der Motor praktisch nur Wirkleistung auf, und zwar entsprechend dem Schweißvorgang.

In der ersten Phase wird das Material durch Reibung erhitzt und teigig. Anschließend erfolgt der eigentliche Schweißvorgang (Pressen und Schweissen) und anschließend Nachpressen, währenddem gleichzeitig die Spindel stillgesetzt wird.

Die Presskraft der beiden Teile wird in der Hydraulik über einen induktiven Druckaufnehmer und einen Trägerfrequenz-Brückenverstärker gemessen.

Die Unregelmäßigkeit in der Druckkurve zwischen den einzelnen Schweißvorgängen rührt von anderen automatischen Abläufen in der Maschine her, die ebenfalls hydraulisch gesteuert sind, wie Einlegen der zu verschweissenden Teile, positionieren u.s.w.

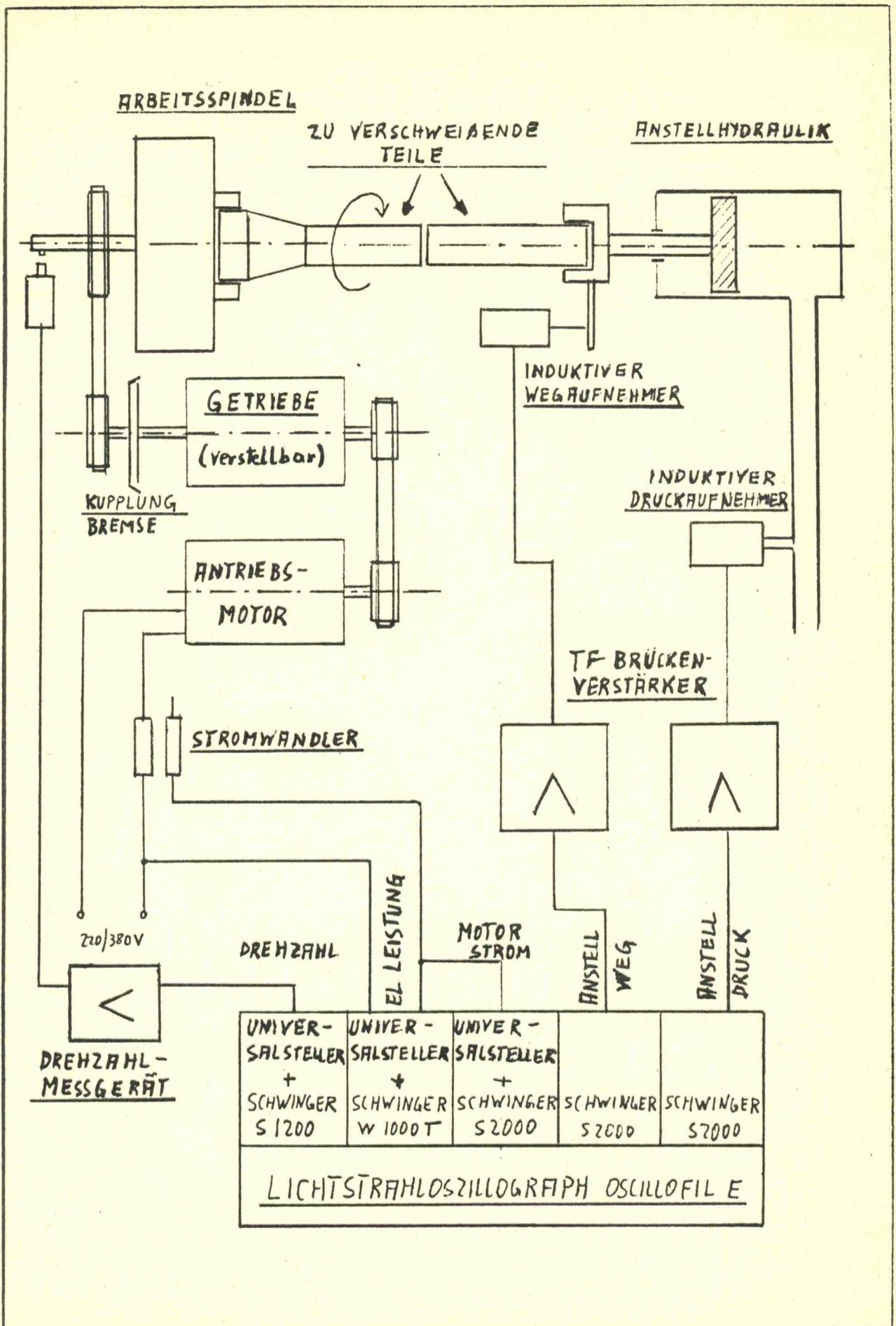
Bei dieser Messung wurde zusätzlich noch der vom Spindel-
motor aufgenommene Strom mitregistriert.

Grund für die Auswahl eines Lichtstrahloszillographen
waren:

1. Die einfache Möglichkeit der Leistungsmessung
über einen wattmetrischen Schwinger.
2. Die geforderte große Schreibbreite von ≥ 100 mm
für die Aufzeichnung des Axialdruckes und des
Axialweges.

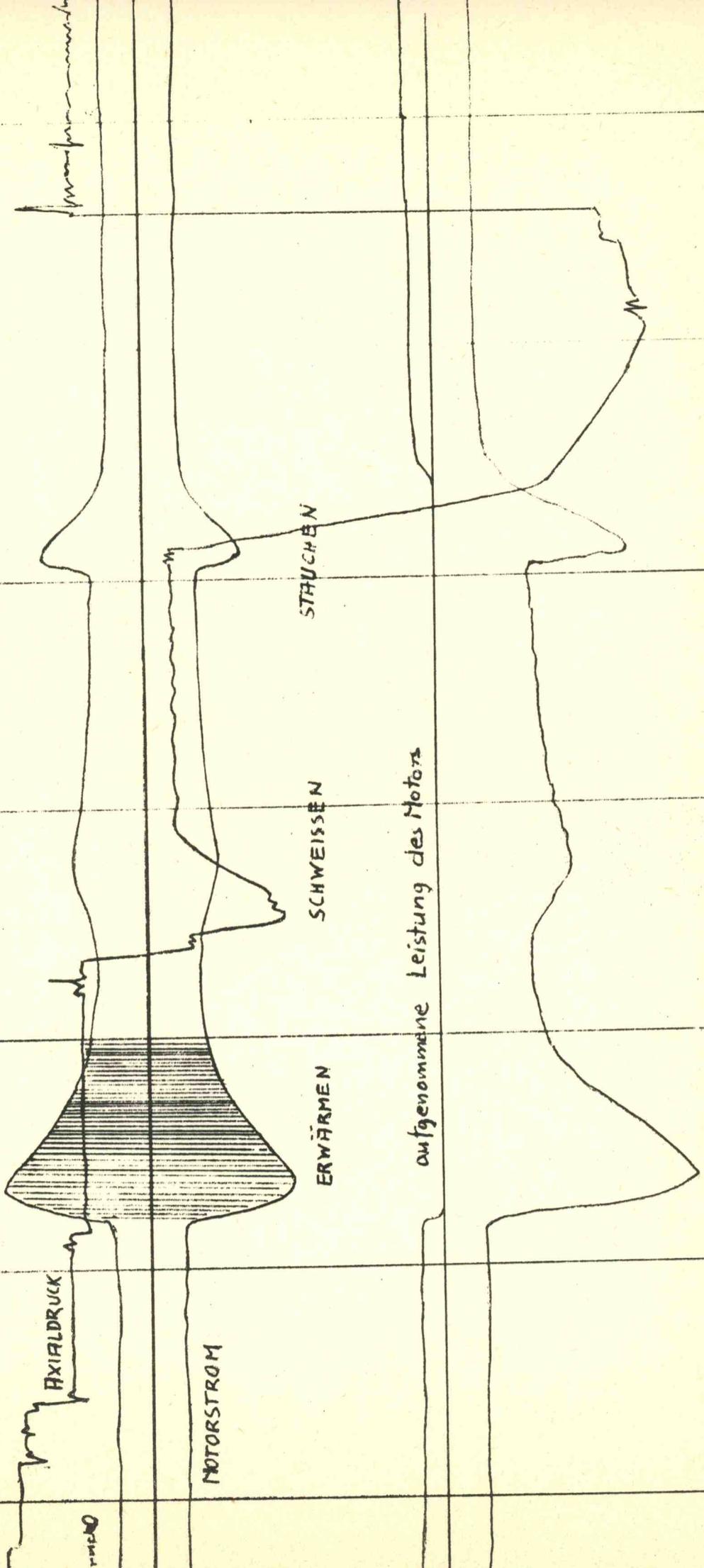
Als Lichtstrahloszillograph wurde ein OSCILLOFIL E bei
einer Papiergeschwindigkeit von $V_p = 40$ mm/sek verwendet.

Als Schwinger für die Messung der mechanischen Größen
wurde der Typ S 2000 ausgewählt, weil dieser Schwinger
optimal an den Ausgang der Trägerfrequenz-Brückenverstärker
angepaßt ist.



MESSUNG AN REIBSCHWEIßMASCHINEN

1 Sekunde



Anwendungstechnik Licht- und
Flüssigkeitsstrahloszillographen

Ms 7/1003

Einsatz von Lichtstrahloszillographen
an Massenspektrometern



Besondere Merkmale der
Lichtstrahloszillographen

Hoher Frequenzbereich
DC bis 15 000 Hz(3dB)

Große Papierbreite und
große Strahlauslenkung

Kompaktbauweise

leichte Bedienbarkeit
und servicefreundlich

Zahlreiches Zubehör

Große Papierablaufgeschwindig-
keiten bis 15m/s

Steuer- und Fernbedienein-
richtung

Für Schwarzweiß- und
UV-Direktschrift

Für 19"-Einbau

Geräte mit eingebauten
Verstärkern

mit automatischer Entwicklung

Ein in letzter Zeit neu erschlossenes Einsatzgebiet von Lichtstrahloszillographen ist deren Verwendung als Ausgabegerät an Massenspektrometern.

Massenspektrometer werden heute viel für die quantitative Analyse organischer und anorganischer Substanzen eingesetzt, wobei diese Substanzen in allen 3 Aggregatzuständen vorhanden sein können.

Ein typisches Spektrogramm zeigt das Bild 1, mit dem Prinzip eines Massenspektrometers.

Um eine möglichst wirkungsvolle Ausnützung des Spektrometers zu erzielen, wird eine kurze Messzeit pro Analyse angestrebt. In der Praxis beträgt diese Zeit 1 - 600 Sekunden/Massendekade, bei einem allgemeinen Umfang von ca. 3 Dekaden. Dabei wird vom Spektrometer je nach Typ eine Auflösung von bis zu 1 000 erreicht. Das Meßsignal tritt hierbei bei den einzelnen Massezahlen als entsprechend steiler Impuls auf, wobei die Amplitude ein Maß für die Menge des analysierten Stoffes ist.

In der Amplitude erzielt das Massenspektrometer eine Auflösung von 1‰ (1 : 1000).

Um diese Auflösung auch im Oszillogramm entsprechend darstellen zu können, wird folgender Weg beschritten:

Das Ausgangssignal des Detektorverstärkers des Massenspektrometers wird parallel auf 3 oder mehr Oszillographenkanäle gegeben, wobei meist nochmals ein Verstärker pro Kanal zwischengeschaltet wird.

Die Empfindlichkeit der einzelnen Messkanäle wird dabei so eingestellt, daß z.B. Kanal 1 bei 10 %

Kanal 2 bei 30 %

Kanal 3 bei 100 %

des Massenspektrometer-Nenn-Ausgangssignals angesteuert wird. Bei einer zugrundegelegten Schreibbreite pro Kanal von 100 mm und einer Ablesegenauigkeit von 1 mm kommt man dadurch bezogen auf das Gesamt-Spektrogramm auf eine Auflösung von 1 %.

Tritt z.B. ein Meßsignal in der Größe von 70 % des Maximalwertes auf, so wird dieses in Kanal 3 amplitudenrichtig dargestellt, währenddem die Kanäle 1 und 2 übersteuert werden.

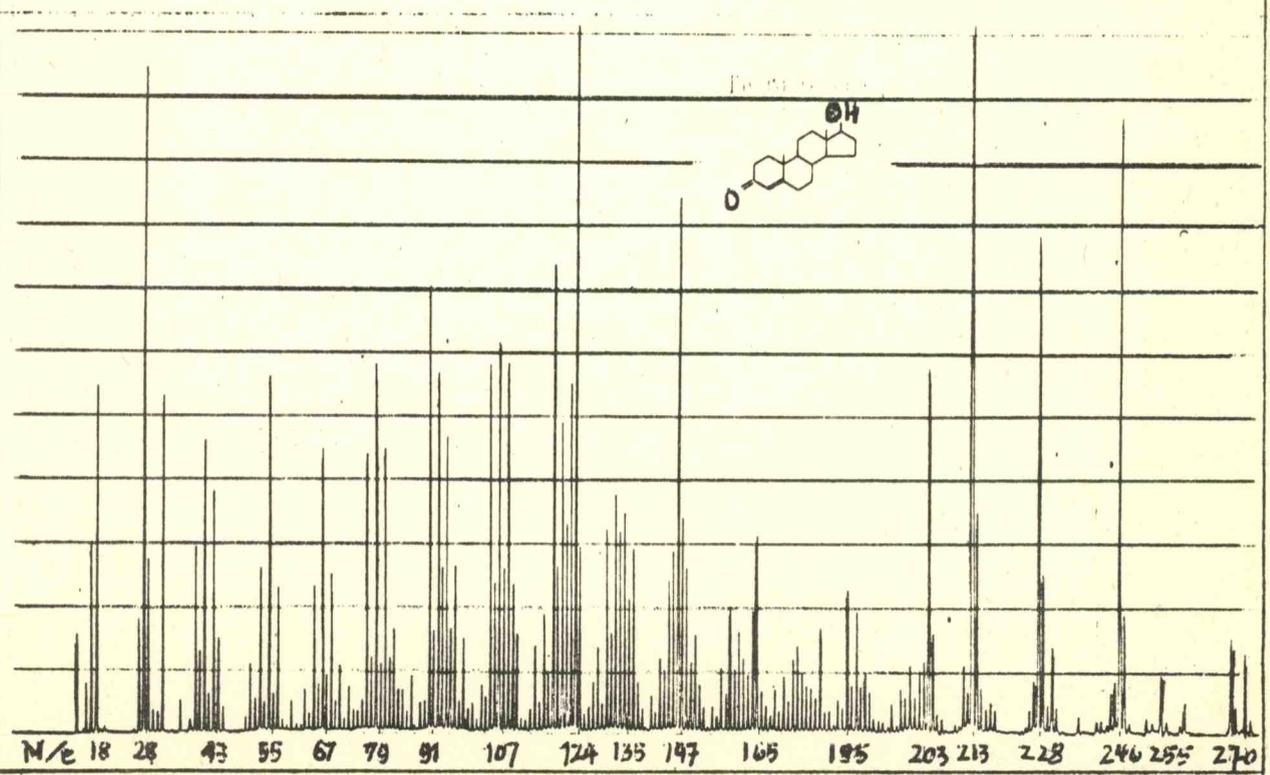
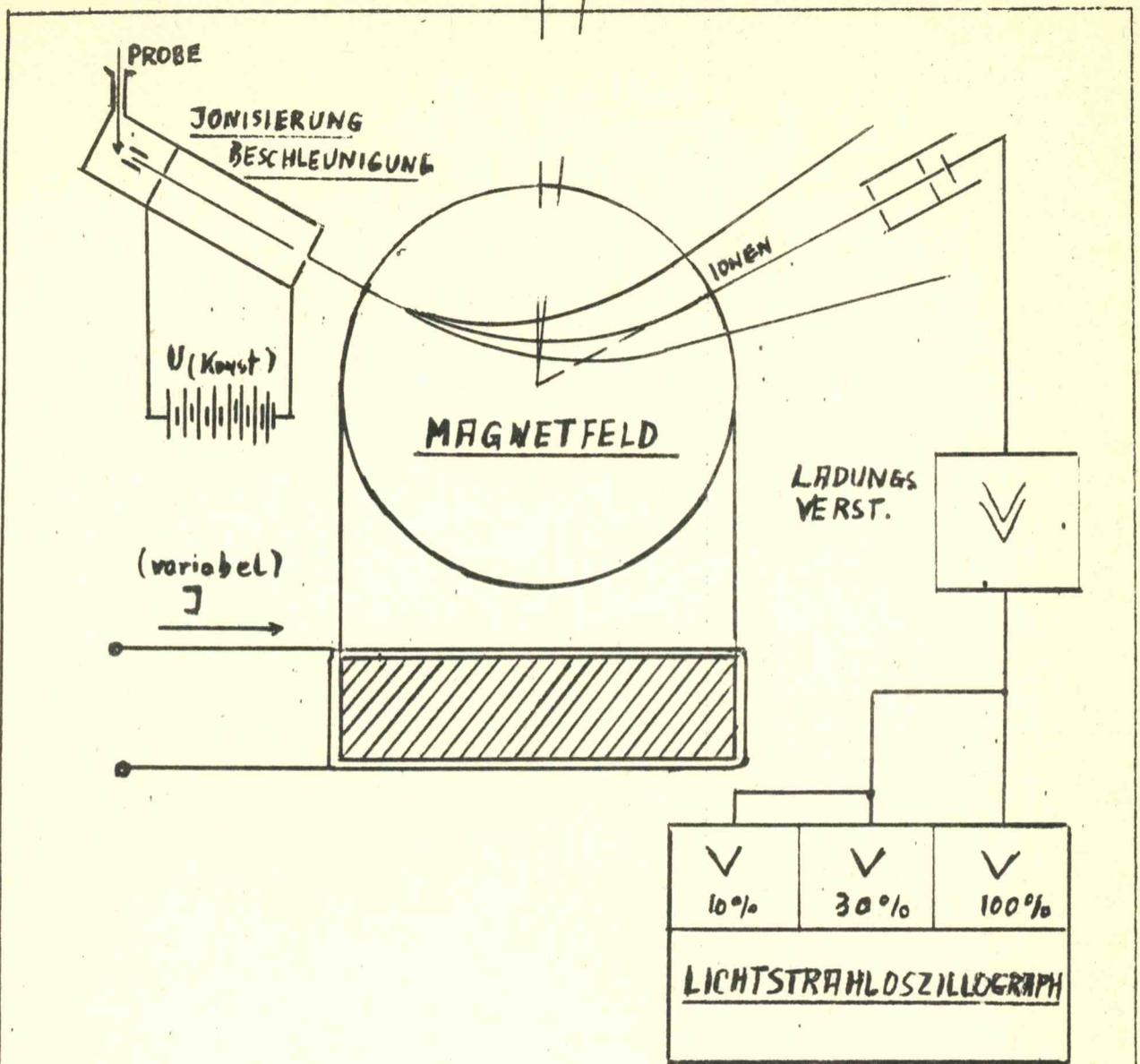
Die Verstärker sind so ausgelegt, daß sie im Begrenzungsbereich den nachgeschalteten Schwinger vor Überlast schützen.

Tritt dagegen ein Meßsignal von 0,5 % des Endwertes auf, so wird dieses in Kanal 1 mit 5 % $\hat{=}$ 5mm Amplitude dargestellt, in den beiden anderen Kanälen jedoch wegen der zu geringen Empfindlichkeit nicht registriert.

Die Notwendigkeit des Einsatzes eines Lichtstrahloszillographen für diesen Anwendungsfall ist durch die geforderte Schreibbreite von \geq 100mm pro Kanal bei einer ohne Amplitudenfehler dazustellenden Messfrequenz von ca. 500 bis 1000 Hz gegeben. Als Schwinger wird daher der Typ S 2000 eingesetzt.

Die bevorzugte Papiergeschwindigkeit ist 200 - 500 mm/sek. Die Aufzeichnung erfolgt, bedingt durch die Möglichkeit der sofortigen Auswertung, auf UV-Direktschrift-Registrierpapier.

Als Lichtstrahloszillographen kommen der OSCILLOFIL E, OSCILLOFIL V oder OSCILLOPORT E, je nach Größe des in Frage kommenden Spektrometers zum Einsatz.



LICHTSTRAHLOSZILLOGRAPH-MASSENSPEKTROMETER

Einsatz von Lichtstrahloszillographen in elektrischen Kraftwerken und Anlagen

In elektrischen Kraftwerken und Anlagen treten eine Anzahl von Messproblemen auf, welche nur mit Hilfe von Lichtstrahloszillographen gelöst werden können. Durch diese Messungen sind wichtige Rückschlüsse auf den Betriebsablauf möglich, bzw. es ist erst durch sie möglich, Betriebsabläufe zu optimieren.

Besondere Bedeutung kommt diesen Messungen für den Störfall zu.

So ist es bei komplizierten vermaschten Netzen oft notwendig, die Schutzeinrichtungen, bzw. ihr Arbeiten im praktischen Versuch im Netz zu ermitteln, um im Ernstfall die Auswirkung der Störung auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

In Kraftwerken werden Lichtstrahloszillographen ebenfalls zur Kontrolle und Überprüfung der Schutzeinrichtungen der Generatoren und Anlagen eingesetzt.

Diese Überprüfung wird routinemäßig mit der planmäßigen Überholung der Maschinensätze vorgenommen.

Durch diese Messungen wird ein einwandfreies Arbeiten der Maschinenschutzanlagen sichergestellt, was von großer betriebstechnischer Bedeutung ist.

Neben diesen Messungen werden manchmal auch mechanische Messungen durchgeführt, ebenfalls verbunden mit der Überholung der Maschinensätze, wie z.B. Schwingungs- und Erschütterungsmessungen. Weiter ist es erforderlich, Messungen an der Eigenbedarfsanlage des Kraftwerkes vorzunehmen, um auch hier ein optimales Arbeiten sicherzustellen.

Die nachfolgenden Ausführungen geben Beispiele über den Einsatz der Lichtstrahloszillographen in elektrischen Kraftwerken und Anlagen mit den entsprechenden gerätemäßigen Ausrüstungsvorschlägen.

Die labormäßige oszillographische Untersuchung von elektrischen Schaltgeräten, Maschinen und dergleichen, wie sie bei deren Entwicklung notwendig ist, wird in diesem Bericht nicht behandelt.

1) Untersuchung und Überprüfung von
Generator-Schutzeinrichtungen (Bild 1)

Anlässlich der Wartung von Generatorsätzen werden allgemein die Schutzeinrichtungen mit überprüft, um ein Optimum an Sicherheit für den Maschinensatz zu garantieren. Bei großen Maschinensätzen sind die Schutzeinrichtungen zur Beherrschung aller möglichen Fehler, wie z.B. Überstrom, Wicklungs- und Windungsschluß, Stator-Erdschluß, Spannungssteigerung und dergleichen sehr umfangreich. Entsprechend muß die Kanalzahl des Oszillographen hoch sein. Da man bestrebt ist, die Abschaltung der Maschine bei einem Fehler möglichst schnell vorzunehmen, sind die Schutzrelais entsprechend schnell und arbeiten im Millisekunden-Bereich, so daß allgemein eine Frequenzgrenze des Oszillographen von einigen kHz ausreichend ist.

Bei der Erfassung der Primärkriterien, wie Strom und Spannung treten ebenfalls sehr steile Spitzen auf, wie auch beim Schalten der Maschinen selbst.

In einigen Fällen ist auch Potentialfreiheit der Messkanäle erforderlich. Die zur Verfügung stehende Messleistung ist im allgemeinen so groß, daß sich Verstärker erübrigen, sie erlangen jedoch Bedeutung an elektronischen Schutzrelais, die sich langsam einführen.

Das Beispiel zeigt einen Block bestehend aus Generator und Transformator wie er heute bei großen Einheiten üblich ist. Um bei auftretenden Fehlern den auf die Fehlerstelle fließenden Kurzschluß- oder Erdschlußstrom zu begrenzen, enthalten große Maschinensätze eine Schnellentregung.

Tritt z.B. zwischen Generator und Trafo ein Erdschluß auf, bzw. wird dieser für die Überprüfung künstlich eingeleitet, so spricht der Differentialschutz an und trennt den Block vom Netz. Gleichzeitig wird in den Erregerkreis der Maschine

ein Feldschwächungswiderstand zugeschaltet und die Haupterregemaschine umgepolt, um eine Schnellentregung des Generators zu erreichen. Ist eine Minimalspannung erreicht, so fällt das Minimal-Spannungsrelais ab und unterbricht die Feldwicklung der Haupt-Erregemaschine. Durch diese Maßnahme ist eine kürzestmögliche Entregung des Generators gewährleistet und damit eine größtmögliche Begrenzung der Auswirkung des Fehlers. Für diese und ähnliche Prüfungen ist es notwendig, die Anregekriterien des Differentialrelais und dessen Schaltverzögerung zu erfassen, weiters den Verlauf des Erregerstromes des Generators, bzw. Erregerstrom oder Spannung der Haupterregemaschine und die Abschaltung der Erregung durch das Minimal-Spannungsrelais.

Dabei treten in den Gleichspannungs-Erregerkreisen der Maschinen hohe Spitzen auf, die erfaßt werden müssen. Eine optimale Einstellung und Kontrolle dieser Schutzeinrichtung ist nur durch gleichzeitige Messung der genannten Größen möglich.

Ähnliche Meßprobleme treten auch bei den anderen Schutzrichtungen auf.

Der Gerätevorschlag für die Messung an den genannten Anlagen zeigt das Bild 1.

Der ganze Meß-Vorgang läuft im Zeitraum von max. einigen Sekunden ab (meist ca. 1 Sekunde), so daß eine Papiergeschwindigkeit von ca. 2m/sek ausreichend ist auch in Bezug auf die Schaltzeiten der Relais.

2) Messungen an Eigenbedarfsanlagen von Kraftwerken (Bild 2)

Der für die Messung des Maschinenschutzes vorgeschlagene oszillographische Messplatz findet auch bei der Untersuchung der Eigenbedarfsanlage Verwendung. Bekanntlich haben Dampfkraftwerke einen Eigenbedarf von ca. 6% der installierten Leistung vor allem verursacht durch die Motoren für Kohlenmühlen, Kesselspeise- und Kondensationspumpen und dergleichen. Außerdem für die umfangreichen Schutz- und Steuereinrichtungen.

Für die genannten Teile ist es von ausschlaggebender Bedeutung, daß im Störfall, wenn z.B. einzelne Maschinenblöcke abgeschaltet werden, die Hilfsantriebe und Schutz-einrichtungen unter Spannung bleiben, selbst wenn das gesamte Kraftwerk vom Netz abgetrennt wird. Nur so kann ein möglichst schnelles Wiederanschalten auf das Netz erreicht werden, bzw. Schäden an den Kesselanlagen verhindert werden.

Um ein Ausser-Tritt-Fallen der Motoren zu verhindern, soll die Umschaltung des Eigenbedarfs innerhalb einiger Perioden erfolgen, da sonst durch gegenphasiges Aufeinanderschalten von Speisespannung und Motor-Restspannung hohe Stromspitzen auftreten können, die die Anlage beschädigen können.

Es wird daher eine regelmäßige Kontrolle der Eigenbedarfs-Umschaltung vorgenommen, wobei es wieder darauf ankommt, die Umschaltzeiten im Verhältnis zur anregenden Größe zu optimieren, durch entsprechendes Einstellen der Relais.

Fällt z.B. der Generator G 1 ab und wird abgeschaltet, so wird er von seiner Eigenbedarfsschiene getrennt und diese über einen Schalter auf die mit allen Maschinenblöcken verbundene Anfahr-Schiene geschaltet, d.h. der Bedarf des abgeschalteten Maschinenblockes wird von den anderen Blöcken mit gedeckt. Dabei ist es notwendig, die Zeit zwischen dem Abfall der Spannung und des Öffnens und Schließens der beiden Leistungsschalter zu messen, bzw. den Verlauf der Spannung an der Eigenbedarfsschiene bzw. des Stromes an großen Verbrauchern.

Den oszillographischen Lösungsvorschlag dafür zeigt Bild 2.

Ähnliche Messprobleme treten in Kraftwerken z.B. auch beim Zuschalten großer Verbraucher, leerlaufender oder voll belasteter Trafos auf. In diesen Fällen kommen sehr hochfrequente Strom- bzw. Spannungsspitzen vor, welche erfaßt werden müssen, um durch sie verursachte Störungen, bzw. ihre Quellen zu ergründen. In solchen Fällen ist oft auch der $\cos \phi$ des Stromes im Einschaltmoment von Bedeutung, welcher aus einer Leistungsmessung zusammen mit dem Strom- und Spannungs-Oszillogramm ermittelt werden kann. Für diese Messun-

gen sind höchste Papiergeschwindigkeiten des Oszillographen anzustreben.

Oszillographische Messung an Leitungsschutzanlagen (Bild 3)

Bei der laufend steigenden Übertragungsleistung und der stärkeren Vermaschung elektrischer Netze kommt dem Leitungsschutz immer umfangreichere Bedeutung zu. Hauptaufgabe ist es, im Störfall nur denjenigen Leitungsteil abzuschalten, welcher von der Störung direkt betroffen ist, z.B. durch ein- oder mehrpoligen Erdschluß oder Kurzschluß.

Dieser Leitungsschutz kann durch gestaffelte Zeitrelais, Überstromrelais, Distanzrelais, Impedanzrelais, Konduktanzrelais, durch Stromvergleichs- oder Richtungsvergleichsschutz, Erdschlußrelais und dergleichen, bzw. durch deren Kombinationen erfolgen. Wegen der starken Vermaschung und der komplizierten Netzverhältnisse ist es oft nicht mehr möglich, die optimale Einstellung der einzelnen Relais, welche, um Fehlauflösungen zu vermeiden, unbedingt notwendig ist, rechnerisch zu ermitteln, so daß Netzversuche vorgenommen werden müssen. Auch werden die Relais selbst in gewissen Zeitabständen auf einwandfreie Funktion geprüft. Dafür werden praktisch ausschließlich Lichtstrahloszillographen eingesetzt.

Die Schaltzeiten der Schutzrelais sind oft sehr kurz (msek), so daß einige kHz Frequenzgrenze verlangt werden, und Messkanalzahlen bis zu 20 für mehrphasige Messungen. Die maximal erforderliche Papiergeschwindigkeit des Oszillographen liegt in der Größe von ca. 2m/sek, höhere Geschwindigkeiten sind nur in Einzelfällen erforderlich.

Der Einsatz eines Lichtstrahloszillographen soll am Beispiel einer in Hochspannungs-Netzen heute allgemein üblichen Kurzschlußfortschaltung gezeigt werden.

Tritt z.B. in der Phase T ein satter Erdschluß auf, so schaltet das Distanzrelais (entfernungsabhängiges Impedanzrelais) oder Impedanzrelais nach der entsprechenden Zeit (bei sammelschienennahen Erdschlüssen früher, bei ferneren später).

Ist durch den Richtungsvergleichsschutz sichergestellt, daß der Kurzschluß in dem vom Relais zu schützenden Leitungsteil liegt, so wird für die betreffende Phase die Kurzschlußfrontschaltung eingeleitet.

Die Phase wird an beiden Enden gleichzeitig freigeschaltet, so daß kein Kurzschlußstrom mehr fließt, sondern nur noch der durch die Leitung bedingte Reststrom (Abschalten ca. 80 msek nach Schaltkommando). Gleichzeitig wird durch einen weiteren Schalter die Löschrassel vom Sternpunkt getrennt und dreiphasig an das Netz geschaltet. Dadurch wird der kapazitive Reststrom der Leitung kompensiert und der Lichtbogen kann erlöschen. Nach ca. 50 msek wird der Leitungsschalter wieder eingeschaltet und der Sternpunkt der Drossel mit Erde verbunden. Spricht der Netzschutz nicht mehr an (Kurzschluß weggeschaltet) wird die Drossel vom Netz wieder weggeschaltet, im anderen Fall die Leitung dreipolig abgeschaltet.

Für die Messung sind von Interesse die Strom- und Spannungswerte an der Leitung und Drossel zusammen mit den Schaltzeiten der Leitungsschalter, da aus Gründen der Netzstabilität eine möglichst kurze Frontschaltezeit angestrebt wird. Die gesamte Kurzschlußfortschaltung spielt sich im Bereich von einigen hundert msek ab.

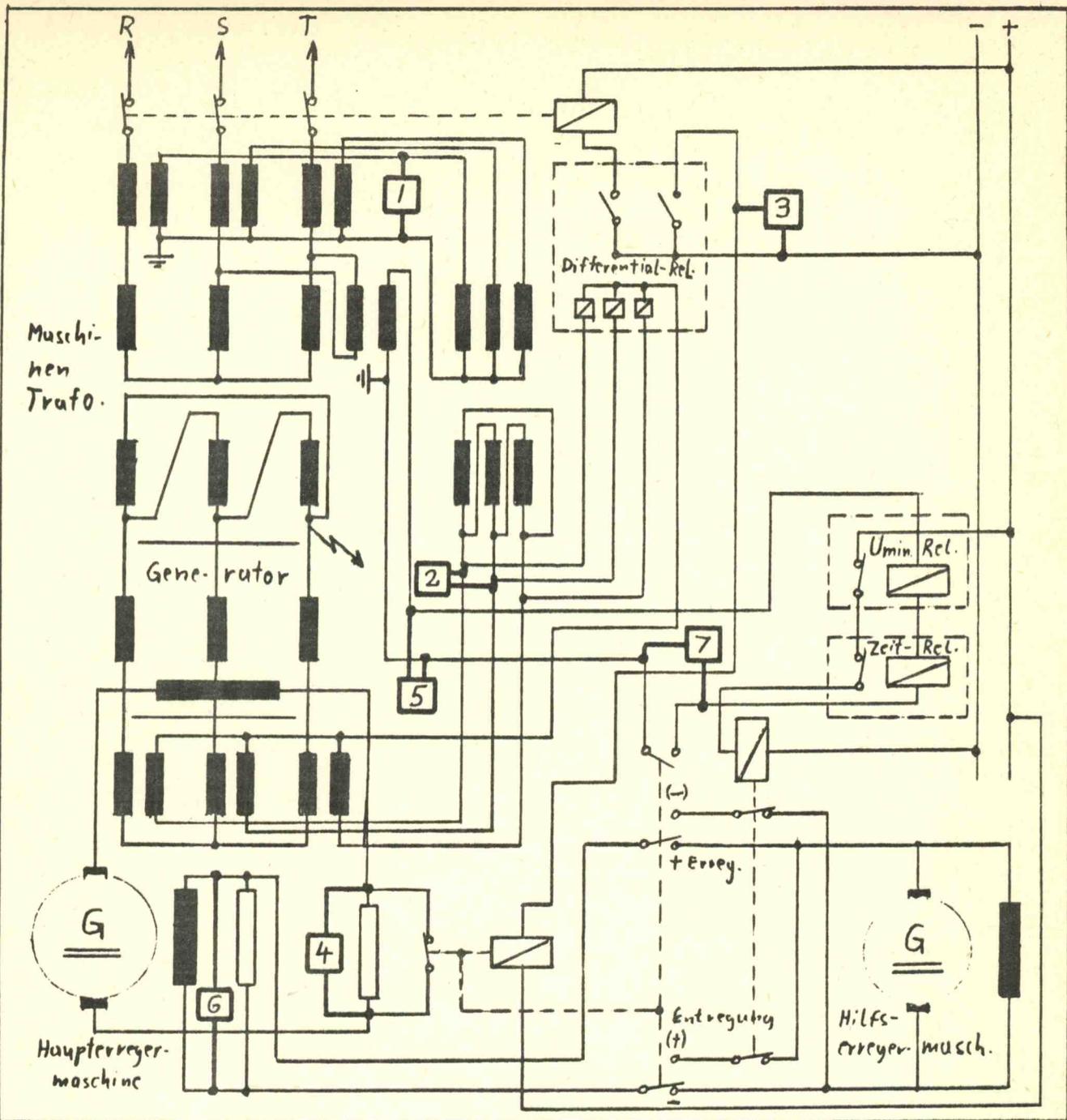
Bild 3 zeigt die oszillographische Lösung dieses Messproblems.

Neben den genannten Beispielen treten in Kraftwerken und Netzen noch eine große Zahl ähnlich gelagerter Messprobleme auf.

Da diese Messungen sehr vielfältig sind, wird ein großer Bereich der Papiergeschwindigkeit des Oszillographen gefordert, welchen Lichtstrahloszillographen allgemein bieten, sowie auch die oft große Messkanalzahl. Die Fernbedienungsmöglichkeit der Lichtstrahloszillographen erlaubt eine sichere Synchronisierung von Messaufgabe und Papierablauf, so daß Fehlmessungen praktisch ausgeschlossen werden können, was sehr wichtig ist, da z.B. Abschaltversuche nur unter hohem Aufwand und nicht oft durchgeführt werden

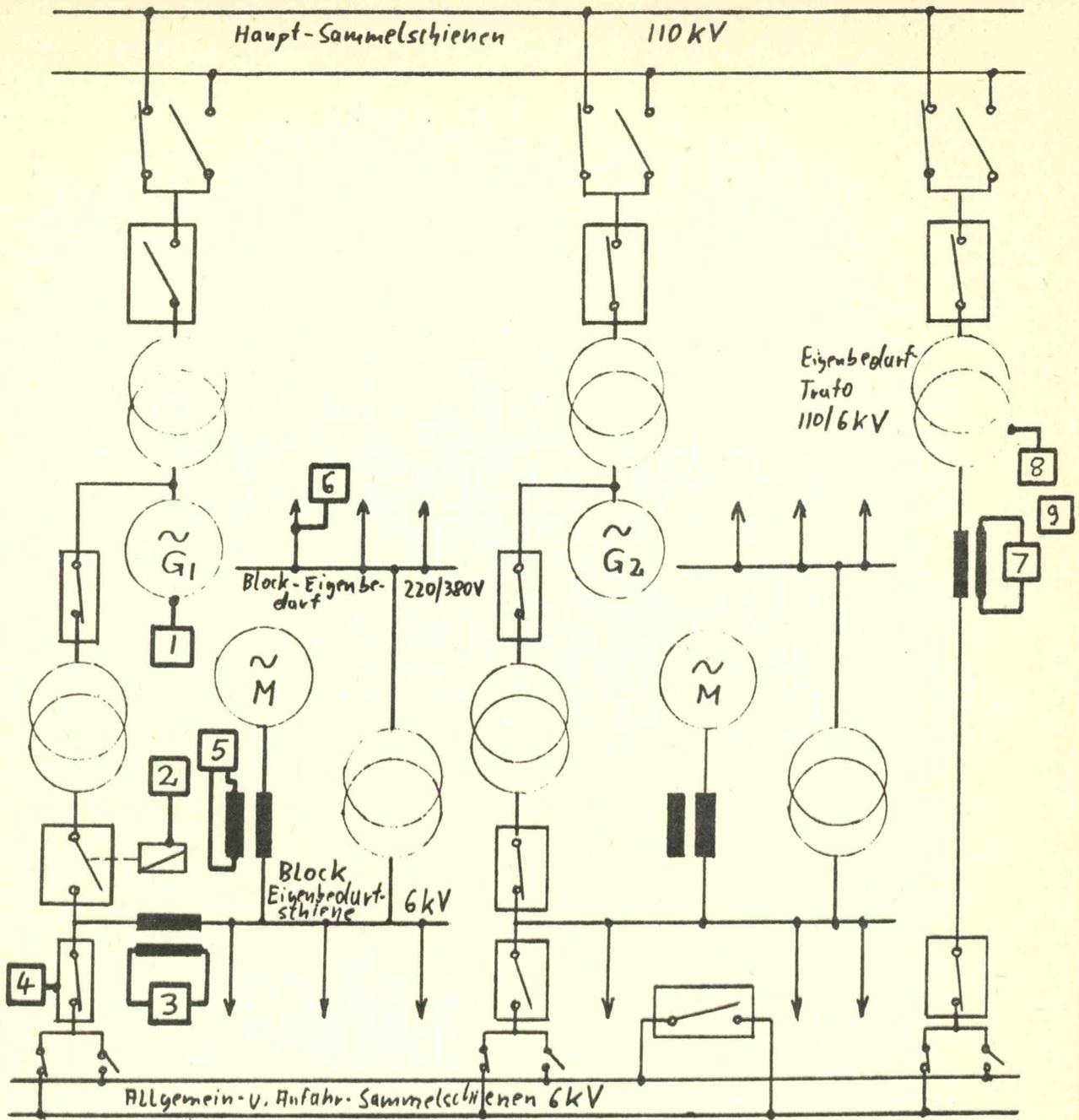
können (Netzstörung). Durch die Anwendung von Br.Ag.-Registrierpapier oder UV-Papier mit nachfolgender fotochemischer Entwicklung werden aktengerechte, dauerhafte Oszillogramme gewonnen.

Der überragende Vorteil der Lichtstrahloszillographen ist, daß die Messkanäle mit Schwingern direkt für potentialfreie Messungen bis 10 kV Prüfspannung aufgebaut werden können, daß spezielle Schwinger mit niederem Innenwiderstand für Messungen an Nebenwiderständen vorhanden sind, und daß hochempfindliche Messkanäle für die Untersuchung in belastungsempfindlichen Kreisen mit entsprechenden Verstärkern versehen werden können. Durch den Einsatz hochfrequenter Schwinger wird eine größtmögliche Abbildungstreue des Meßsignales auf dem Oszillogramm erreicht, bzw. ein vernachlässigbar kleiner Zeitfehler bei Zeitvergleichsmessungen, wenn dafür gleichfrequente Schwinger eingesetzt werden.



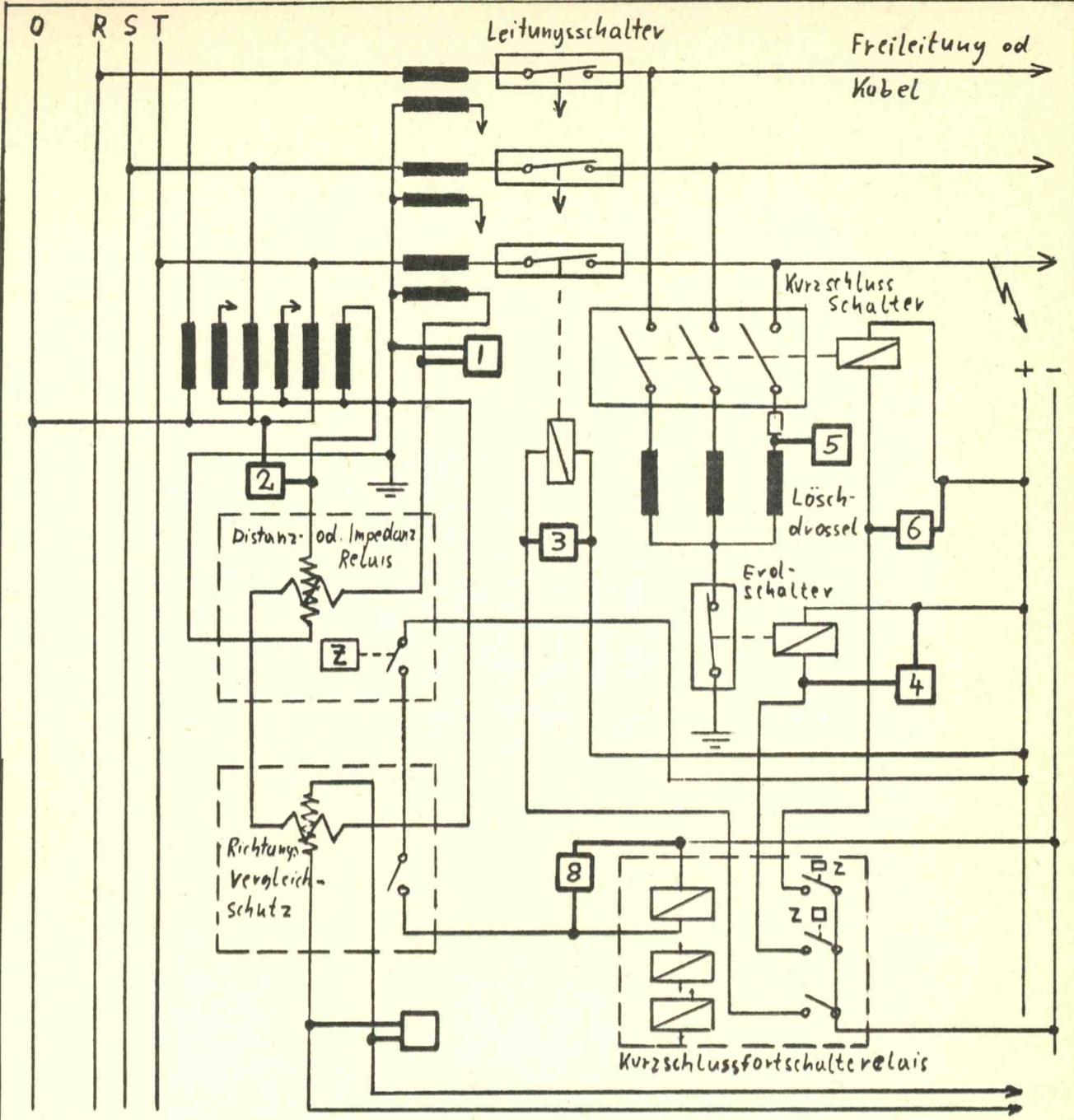
1	2	5	7	3	4	6
Verstärk M07616 -A1	Verstärk M07616 -A1	Verstärk M07616 -A1	Verstärk M07616 -A1	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756
Galvanometer-Einschub 270706						Galv.- Einschub 270706
Schwinger S5000 271512	Schwinger S5000 271512	Schwinger S5000 271512	Schwinger S5000 271512	Schwinger S5000 271512	Schwinger S5000 271512	Schwinger S5000 271512
						OSCILLOPORT-E 270800 + 270809 + 270805 OSCILLOFIL-E 270704 + 270709

1 ÜBERPRÜFUNG VON GENERATOR-SCHUTZEINRICHTUNGEN



1	2	4	5	6	3	7	8	9	
Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Verstärk. M07616 -A1	Universal Steller 270756	Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Strom 5A direkt
Galvanometer-Einschub 270706						Galv. Einschub 270706	Galvanometer Einschub 270707		
Schwinger S 5000 271 512	Schwinger S 2000T 271 604	Schwinger W 1000T 271 125	OSCILLOFIL E 270704 + 270709						

2. MESSUNGEN AN KRAFTWERKS-EIGENBEDARFANLAGEN



1	2	7	8	3	4	5	6
Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756
Galvanometer-Einschub 270706						Galvanometer Einschub 270706	
Schwinger S 5000 271512	Schwinger S 5000 271512	Schwinger S 2000 V S 5000 V 271481 (R2)	Schwinger S 5000 V 271482				
							OSCILLOPORT-E 270800+270809 + 270805 oder OSCILLOFIL-E 270704+270709

3 MESSUNG AN LEITUNGSSCHUTZANLAGEN

Karlsruhe, 19. September 1968
Si/R

Untersuchung dynamischer Vorgänge an
geregelten Antrieben

Geregelte elektrische Antriebe werden heute in allen Zweigen der Verfahrensindustrie sowie bei einer Großzahl von Arbeitsmaschinen eingesetzt.

Ihre hervorragenden Anwendungsgebiete sind:

Antriebe in Warm- und Kaltwalzwerken
Haspelantriebe
Antriebe von Papier- und Druckereimaschinen
Antriebe von Personen- und Lastenaufzügen
sowie schweren Hebezeugen
Spinnereimaschinenantriebe
Elektrolokomotiven
Mehrmotorenantriebe.

In den meisten Fällen erfolgt die Speisung und Steuerung dieser Antriebe über steuerbare Halbleiterelemente wie z.B. Thyristoren.

Bei der Entwicklung, Inbetriebnahme und Wartung solcher Antriebe, bzw. ihrer Regelkreise müssen eine Reihe dynamischer Messgrößen teils elektrischer, teils mechanischer Natur gleichzeitig aufgezeichnet werden, um ihre gegenseitige Abhängigkeit zu ermitteln und die Regel- und Antriebskreise optimal einstellen zu können. Bei diesen Messungen sind besondere Forderungen an das Registriergerät gestellt, insbesondere hinsichtlich der Spannungsfestigkeit der Messkreise bedingt durch die Betriebsspannung der Antriebe, bzw. in Bezug auf geringste Beeinflussung der elektronischen Steuerkreise.

Für diese Messungen haben

L i c h t s t r a h l o s z i l l o g r a p h e n
ein sehr breites, universelles Einsatzgebiet.

Bei der Messung in den Steuerkreisen sind die zu verarbeitenden Spannungen gering - sie liegen in der Größenordnung unter 100 V. Da die Steuerkreise elektronisch sind, muß auch der Messkreis hochohmig sein, um die Regelcharakteristik nicht zu verändern. Weiter muß der Eingang potential- bzw. erdfrei sein. Für diesen Anwendungsfall werden vor das Oszillographengalvanometer entsprechende Vorverstärker geschaltet.

In den Leistungskreisen der Antriebe ist die Aufzeichnung der Strom- und Spannungskurve notwendig zur Feststellung der Strom- und Spannungsverteilung bei Parallel- und Serienschaltung von Thyristoren, zur Erfassung des Regelverhaltens des Antriebes, zur Messung der Belastung über den Strom und Ermittlung ähnlicher Größen.

Da leistungsfähige Antriebe mit Spannungen von einigen Kilovolt arbeiten und wegen der Gleichstromantriebe z.B. für die Strommessung Wandler oft nicht zum Einsatz kommen können, sondern nur Nebenwiderstände, werden entsprechend hohe Anforderungen an die Isoalationsfestigkeit der Messkanäle gestellt, welche bis zu 10 kV Prüfspannung nur vom Lichtstrahloszillographen erfüllt werden können.

Der Frequenzbereich des Oszillographen muß sehr breit sein. Für die Untersuchung normaler Regelvorgänge in den Antrieben reicht eine Frequenzgrenze von ca. 1 kHz aus, bedingt durch die mechanische Trägheit der Elemente, dabei werden jedoch große Schreibbreiten gefordert, weil die Regelantriebe auf Genauigkeit in der Größe von 1% eingestellt werden müssen.

In der Ansterelektronik, bzw. bei der grundsätzlichen Untersuchung der gesteuerten Antriebe werden für die Zündwinkelsteuerung, bzw. Impulsbreitensteuerung jedoch Frequenzgrenzen bis zu 10 kHz gefordert.

Für Mehrmotorenantriebe, wie sie z.B. in Walzenstraßen, Papiermaschinen und dergleichen generell verwendet werden kommt zur Forderung der hohen Frequenzgrenze noch die Forderung der großen Kanalzahl, weil solche Antriebe aus bis zu 30 voneinander abhängigen geregelten Einzelantrieben bestehen können.

Die Papiergeschwindigkeit des Oszillographen muß in weiten Grenzen angepaßt an den Frequenzbereich veränderlich sein.

Sie kann maximal bis zu 5m/sek betragen, muß bei der Untersuchung kompletter Regelabläufe jedoch auch sehr langsam sein. Diese Forderung wird ebenfalls nur vom Lichtstrahloszillographen erfüllt.

Aus den genannten Messproblemen sind im folgenden einige typische Anwendungsfälle für Lichtstrahloszillographen herausgegriffen und in ihrer messtechnischen Lösung beschrieben.

1.) Prinzipielle Untersuchungen an Thyristorschaltungen (Bild 1)

In Thyristorschaltungen wird zur Strom- bzw. Leistungssteuerung entweder die Zündwinkel- oder Impulsbreitensteuerung angewendet. Bei der Zündwinkelsteuerung muß die Abhängigkeit von Steuerimpulsen und Laststrom bzw. Verbraucherspannung untersucht werden. Die Dauer der Zündimpulse, welche sehr hohe Flankensteilheit besitzen schwankt zwischen 10 μ sek und 10 m sek bei netzgespeisten Anlagen, bei Wiederholfrequenzen von 10m sek.

Die Steuerung erfolgt über elektronische Schaltungen, so daß vor allem bei geringen Steuerleistungen hochohmige Messeingänge über Verstärker gefordert werden. Da die Zündimpulse auf dem Basis-Potential des Thyristors liegen, müssen Verstärker mit erd- bzw. potentialfreiem Eingang verwendet werden. Die zeitliche Folge der einzelnen Zündimpulse muß auf einige Grade genau bestimmt werden, wobei bei 50 Hz-Vorgängen 2° einer Zeit von 100 μ sek entsprechen. Aus diesem Grunde müssen für die Zündimpulsaufzeichnung höchstfrequente Schwinger von 10 bzw. 15 kHz Frequenzgrenze verwendet werden. Bei einer Papiergeschwindigkeit des Oszillographen von 5m/sek entsprechen 100 μ sek einer gerade noch auswertbaren Strecke von 0,5mm.

Auch für die Messung des Thyristorstromes, bzw. der Verbraucherspannung müssen hochfrequente Schwinger eingesetzt werden, weil je nach Art des Lastkreises (Induktivität) die Anstiege ebenfalls im μ sek - msek-Bereich liegen. Bei höheren Betriebsspannungen von manchmal einigen kV müssen die Galvanometer hochisoliert aufgebaut werden, weil die Messung wegen der steilen Anstiege, bzw. der Gleichstromanteile nicht über Wandler, sondern direkt erfolgen muß.

Bei der Impulsbreitensteuerung sind die Probleme ähnlich - die Forderungen an die Messkanäle hinsichtlich Frequenzgrenze sind noch höher.

Von besonderem Interesse ist die Messung der zeitlichen Verschiebung der Zündimpulse des Haupt- und Löschthyristors für die Einstellung der Impulsbreite in Verbindung mit Last^{strom}raum~~raum~~ und Verbrauch^{er}spannung. Die Taktfrequenz bei Impulsbreitensteuerung geht bis in die Größe über 1 kHz bei entsprechend steilen Anstiegen, so daß ebenfalls höchstfrequente Galvanometer eingesetzt werden müssen. Zur genügenden zeitlichen Auflösung sind Papiergeschwindigkeiten bis 5m/sek erforderlich.

Aufgrund der Thyristor-Sperrspannung von ca. 400 V und eines statischen Maximalstromes von ca. 200 A ist bei leistungsfähigen Anlagen Reihen- und Parallelschaltung von Thyristoren üblich.

Bei gleichzeitiger Zündung aller Thyristoren einer Gruppe, was vorausgesetzt werden kann (gemeinsamer Zündgenerator), treten Unterschiede im Durchschaltverhalten der Thyristoren aufgrund von Exemplarstreuungen auf, was zu kurzzeitiger Überlastung einzelner Exemplare führen kann. Bei Parallelbetrieb liegt das Durchschaltver^{halten}~~halten~~ im Millisekundenbereich.

Bei grundsätzlicher Auslegung solcher Anlagen müssen diese Punkte berücksichtigt werden. Auch hier müssen höchstfrequente Schwinger für die Messung verwendet werden.

In Bild 1 sind die besprochenen prinzipiellen Schaltungen mit der oszillographischen Lösung der auftretenden Messprobleme gezeigt.

Untersuchung drehzahl geregelter Antriebe (Bild 2)

Ein hervorragendes Einsatzgebiet von Thyristoren ist bei geregelten Antrieben gegeben.

Für diese Antriebe werden aufgrund ihres günstigen Regelverhaltens in großem Maße fremderregte Gleichstrommaschinen eingesetzt.

Bei der Untersuchung und optimalen Einstellung eines solchen Antriebes ist die Erfassung des Drehzahl-Sollwertes des vom Tachodynamo gelieferten Drehzahl-Istwertes, bzw. deren gegenseitige Abweichung vor allem wichtig.

Weiter muß der von der Last abhängige Ankerstrom des Motors erfaßt werden, bzw. der dazugehörige Ausgangswert des Stromreglers zur Steuerung des Ankerstromes über die Thyristoren.

Bei Reversierantrieben, bzw. bei Regelungen über der Nenndrehzahl z.B. durch Feldschwächung muß auch noch der Feldstrom erfaßt werden, bzw. der Ausgang des Feldreglers.

Besonders wichtig ist die Erfassung dieser Größen im Umschaltzeitpunkt zur optimalen Einstellung der Regelkreise, um unzulässig hohe Belastungen einzelner Gruppen oder Teile der Anlage zu verhindern.

Die Frequenzgrenze der einzelnen Messkanäle im Normalbetrieb überschreitet selten die 10 msek-Grenze (100 Hz). Im Umschaltbereich treten jedoch Stöße im kHz-Bereich auf.

Der Einsatz von Lichtstrahloszillographen ist weniger durch die Frequenzgrenze als durch die nötige Potentialfreiheit der einzelnen Messkanäle gegeben.

Für die Untersuchung länger dauernder Regelvorgänge kann es notwendig sein, den Lichtstrahloszillographen für Dauerregistrierung einzusetzen, um das Verhalten über einen gesamten Betriebsablauf aufzuzeichnen.

Bild 2 zeigt einen solche geregelten Reversierantrieb und die oszillographische Messung der interessierenden Größen.

Mehrmotorenantrieb (Bild 3)

In der Verfahrenstechnik, bei Walzenstraßen, Papiermaschinen und dergleichen werden häufig Mehrmotorenantriebe eingesetzt, wobei bei umfangreichen Anlagen bis zu 30 solcher geregelter Antriebe vorhanden sein können. Je nach Art des zu verarbeitenden Gutes wird entweder ein möglichst guter Gleichlauf der Antriebe gefordert, oder bei verschiedenen Querschnitten des zu

bearbeitenden Gutes und entsprechend unterschiedlichen Drehzahlen eine geringe gegenseitige Beeinflussung der Antriebe. Dabei wird entweder eine Zug- oder Lageregelung angewendet.

Bei der Zugregelung erfolgt die Erfassung des Zuges zwischen 2 Antrieben entweder über spezielle Zugregleinrichtungen bzw. über den Ankerstrom des Motors.

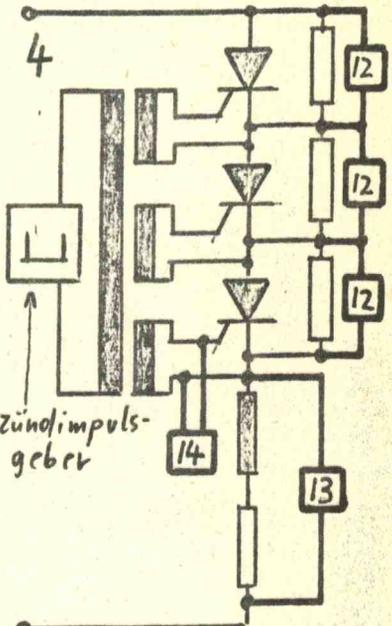
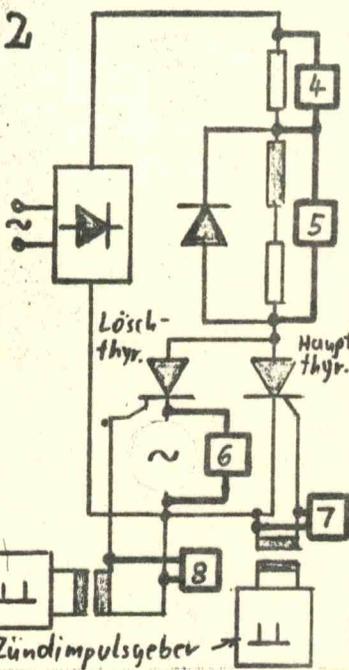
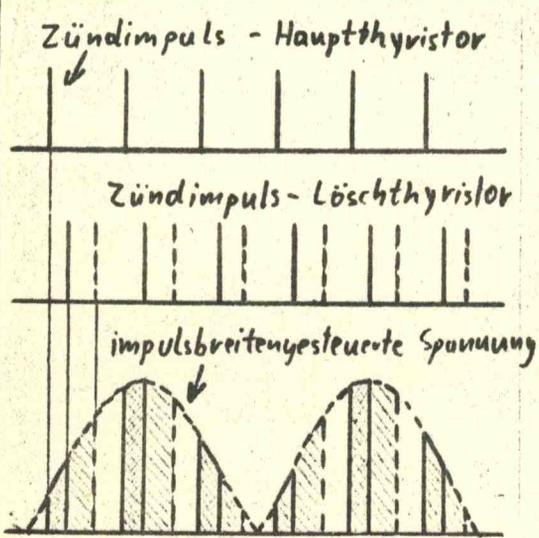
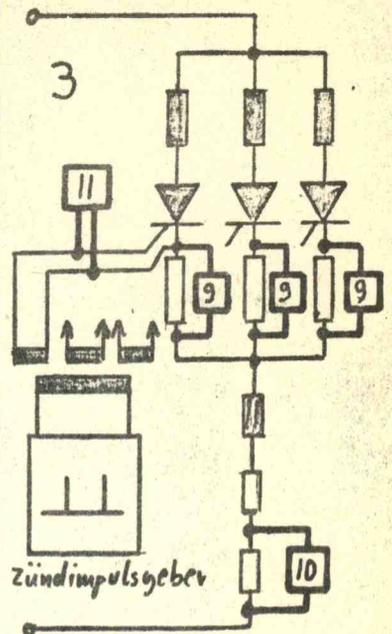
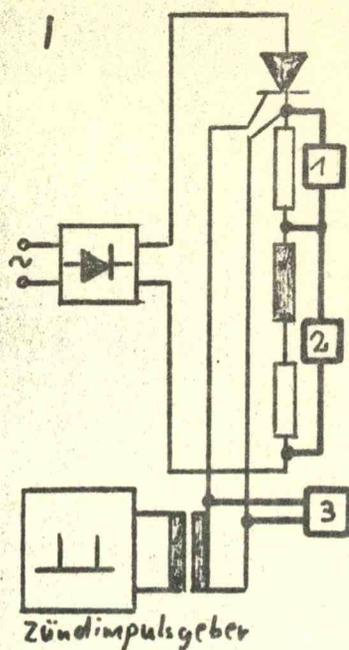
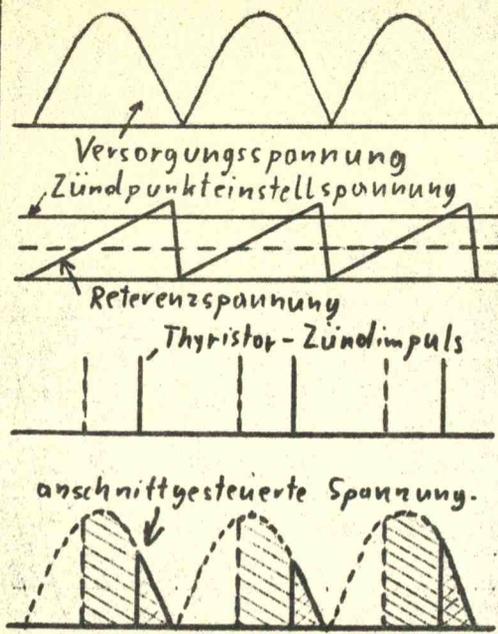
Gebräuchlicher ist die Lage- oder Schlingenregelung, wobei das zu bearbeitende Gut zwischen 2 Antriebsstellen eine Schleife bildet. Diese Schleife wird über eine fotoelektrische Einrichtung erfaßt und je nach Durchhang der Schleife der nachfolgende Antrieb mehr oder weniger angesteuert.

Der Lagegeber gibt durchschnittlich im 10 msec-Abstand Impulse ab, die gegen einen Referenzimpuls verglichen werden. Die zeitliche Differenz der beiden Impulse ist ein Maß für die Lage der Schleife. Aus den beiden Impulsen wird ein Rechtecksignal gebildet. Der Mittelwert der Rechteckimpulse wird als analoges Signal auf den nachgeschalteten Antrieb als Regel-Führungsgröße gegeben.

Für die oszillographische Erfassung der Regel-Impulse über Verstärker ist eine Frequenzgrenze der Galvanometer von 5 - 10 kHz erwünscht. Für die Messung des Ankerstromes ist eine Frequenzgrenze von ca. 2 kHz ausreichend, bei entsprechend hochisoliertem Aufbau des Galvanometers. Die Messung der Tachospannung und des Regel- und Ausgangssignales muß ebenfalls über Verstärker erfolgen, wobei eine Frequenzgrenze von ca. 1 kHz ausreichend ist.

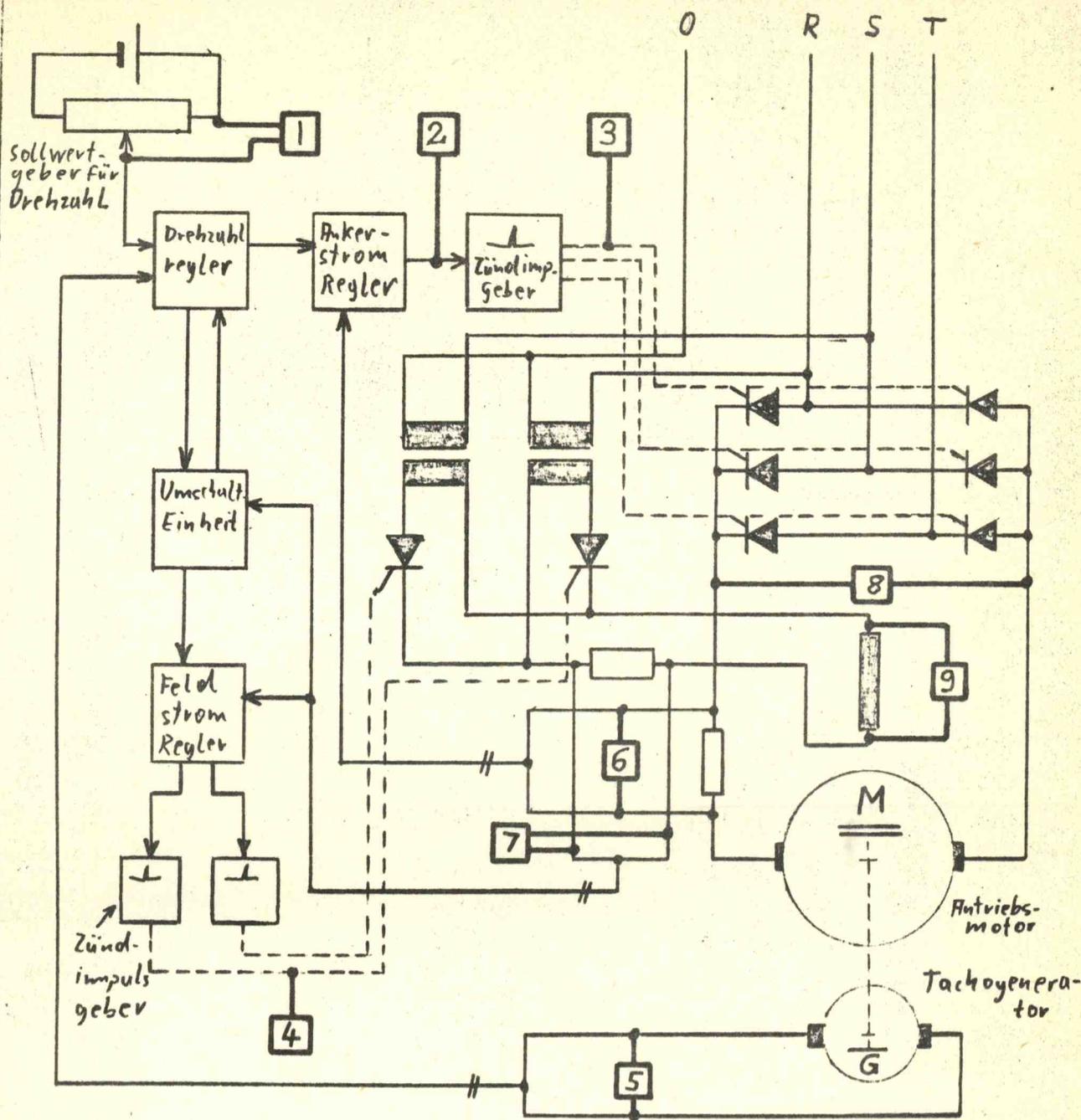
Bei der Untersuchung von Mehrmotorantrieben sind oft Kanalzahlen bis zu 20 Messkanäle erforderlich.

Bild 3 zeigt einen solchen Mehrmotorantrieb und die oszillographische Messung der genannten Größen.



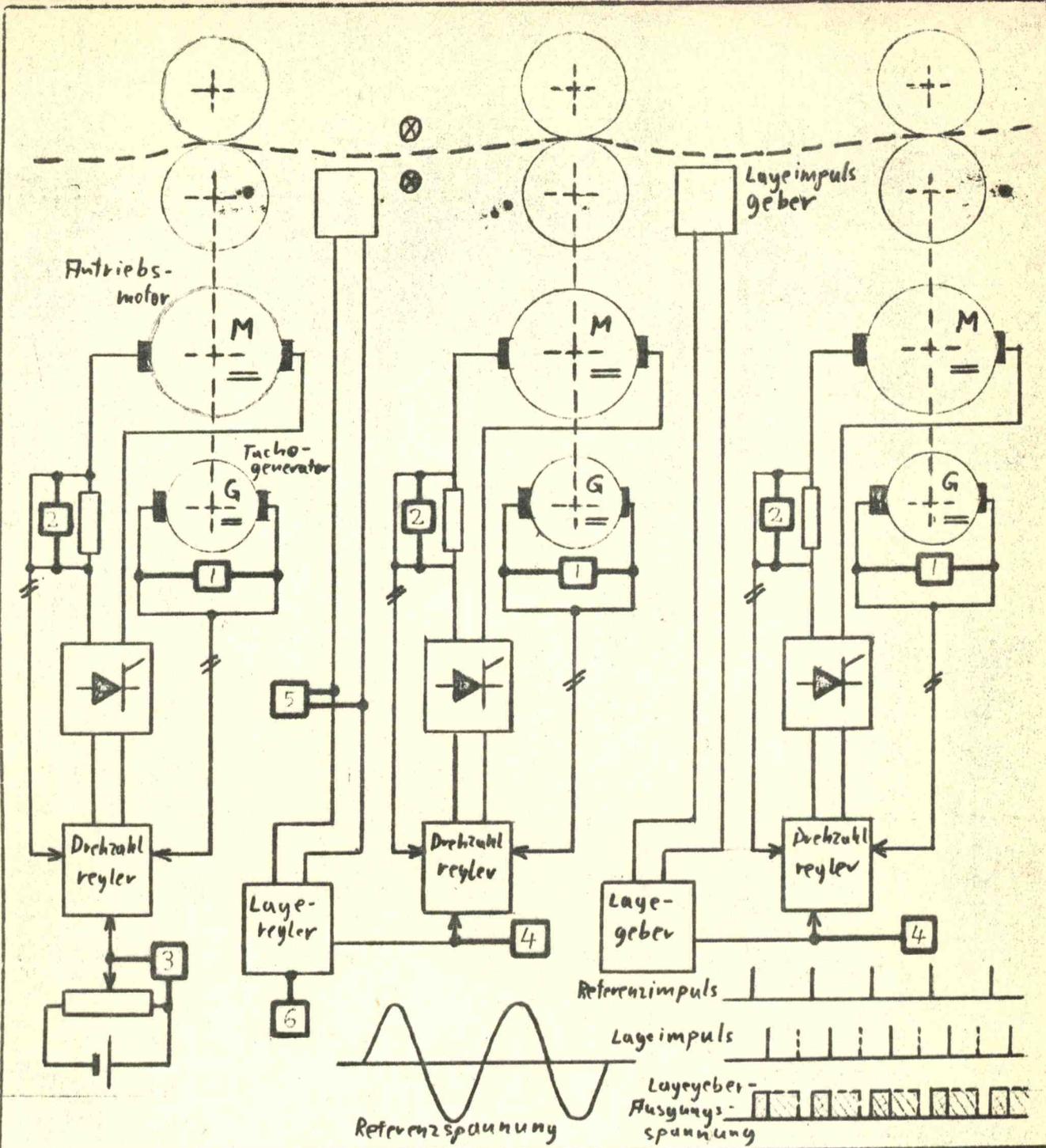
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Uni-Steller 270756	Uni-Steller 270756	Uni-Stell 270756 od. Verstärk M07616	Uni-Steller 270756	Uni-Steller 270756	Verst. M07616 -A1	Uni-Steller 270756 od. Verst. M07616 -A1		Uni-Steller 270756	Uni-Steller 270756	Uni-Stell 270756 Verst. M07616	isoliert. Vorwinderst.	isoliert. Vorwinderst.	isoliert. Vorwinderst.
Galv.-Einsch. 270706			Galv.-Einschub 270706					Galv.-Einsch. 270706			Galv.-Einschub 270708 (3x)		
55000v 271482	55000 271512	51000 271513	55000v 271482	55000 271512	510000 271513	51000 271513	51000 271513	55000v 271482 (3x)	55000v 271482	510000 271513	510000T 271606 (3x)	510000T 271606	510000T 271606
OSCILLOPORT-E 270800+270809 + 270805			OSCILLOPORT-E 270800 + 270809 + 270805					OSCILLOPORT E 270800+270809 + 270805			OSCILLOFIL E 270704+270709		

I PRINZIPIELLE MESSUNGEN-THYRISTORSCHALTUNGEN



1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Verstärk. M07616 -A1	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	Universal Steller 270756	
Galvanometer - Einschub 270706					Galv.-Einschub 270706			OSCILLOFIL E	
Schwinger S 2000 271511	Schwinger S 2000 271511	Schwinger S 16000 271513	Schwinger S 10000 271513	Schwinger S 2000 271511	Schwinger S 5000V 271482	Schwinger S 5000V 271482	Schwinger S 5000 271512	Schwinger S 5000 271512	270704+270709

2 UNTERSUCHUNG DREHZAHLGEREGLER ANTRIEBE



1	3	4	5	6	2
Verstärker M07616 -A1	Verstärker M07616 -A1	Verstärker M07616 -A1	Verstärker M07616 -A1	Verstärker M07616 -A1	Universal Steller
Galvanometer-Einschub 270706					OSCILLOFIL E
Schwinger S 2000 271511	Schwinger S 2000 271511	Schwinger S 10000 271513	Schwinger S 10000 271513	Schwinger S 10000 271513	Schwinger S 2000V 271481
					270704+270709

3 UNTERSUCHUNG-MEHRMOTORENANTRIEBE

Eines der Hauptanwendungsgebiete von Lichtstrahloszillographen ist die Messung elektrischer Grössen. Währendem früher praktisch nur Grundsatzmessungen ausgeführt wurden, liegt der Einsatzschwerpunkt heute bei Service- und Inbetriebnahmemeasurements. Als Beispiele seien genannt:

Messung in Thyristoranlagen.

Untersuchung des Regelverhaltens geregelter Antriebe.

Inbetriebnahme von Mehrmotorantrieben.

Untersuchung und Überprüfung von Schutzrelais.

Allgemeine Messung in elektrischen Kraftwerken und -Netzen.

Untersuchung von Bauteilen der Elektrotechnik.

Bei all diesen genannten Messungen werden hohe Anforderungen an den Oszillographen gestellt.

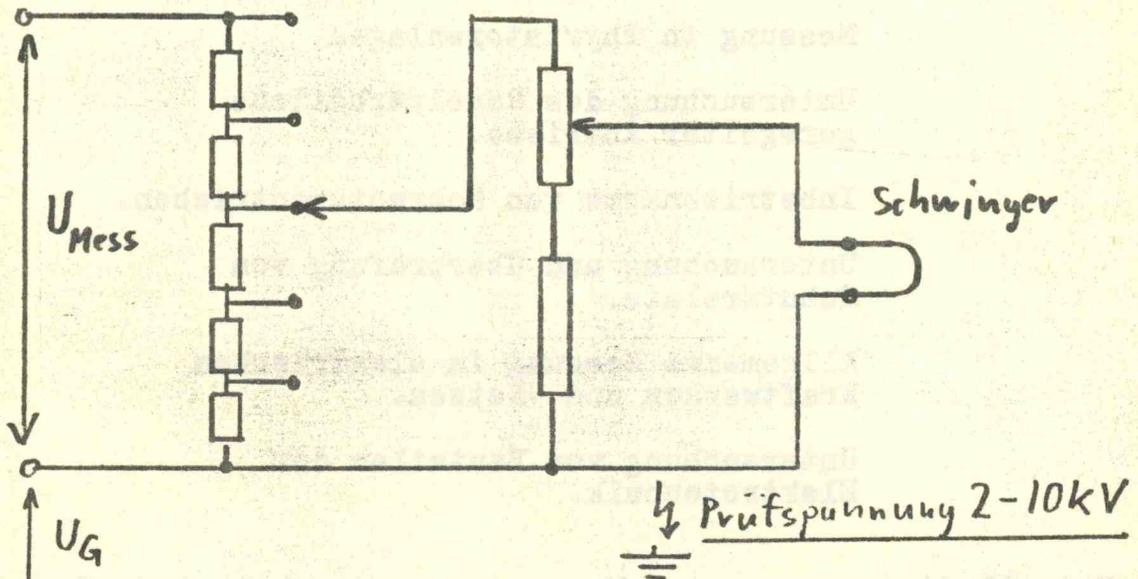
In den Leistungskreisen steht praktisch immer genügend Messenergie zur Verfügung, so daß hier ein direkter Einsatz von Galvanometern mit entsprechenden Widerstandsabschwächern möglich ist.

In zunehmendem Maße werden heute auch in der Starkstromtechnik elektronische Bauelemente eingesetzt, wie z.B.ⁱⁿ Regelschaltungen und dergleichen.

Hier liegt der Einsatzschwerpunkt von Lichtstrahloszillographen zusammen mit Verstärkern, weil die zu messenden Kreise, um ihre Charakteristik nicht zu ändern, kaum belastet werden dürfen, was nur durch Messung mittels Verstärker erfolgen kann.

Die Auswahl des geeigneten Verstärkers erfordert die genaue Kenntnis der Messverhältnisse, besonders hinsichtlich der vorliegenden Spannungsverhältnisse.

1. Direkte Messung mit Galvanometer
und vorgeschaltetem Widerstandsabschwächer.



Der Vorteil der direkten Messung ist, daß die zulässige Gleichtaktspannung U_G , auf der das Meßsignal U_M gemessen werden kann, nur durch die Isolationsfestigkeit des Messkanales und Abschwächers begrenzt ist.

Es wird heute mit Spulenschwingerkanälen eine Prüfspannung von 2 kV erzielt, das entspricht nach VDE 650V Meßspannung. Mit speziellen, hochisolierten Galvanometereinschüben sind bis zu 10 kV Prüfspannung möglich, so daß bis auf 3 kV Potential gemessen werden kann, allerdings mit externer Abschwächung.

Der Frequenzbereich des Messkanales ist nur durch die Eigenfrequenz des gewählten Schwingers gegeben.

Es besteht jedoch bei der direkten Messung die Gefahr der Zerstörung des Galvanometers durch Überlastung bei Fehlbedienung.

Die Messempfindlichkeit ist nach unten durch das verwendete Galvanometer bestimmt - nach oben durch den verwendeten Abschwächer.

2. Messung über Verstärker

Diese Messart gewinnt, seitdem es verhältnismässig preiswerte, leistungsfähige Verstärker gibt, erheblich an Bedeutung.

Die Hauptgründe dafür sind:

- a) Einfache Bedienung des Oszillographen.
- b) Keine Galvanometer-Auswahl- und Anpassprobleme.
- c) Hoher Eingangsspannungsbereich 1mV - 300 V bei breitem Frequenzbereich.
- d) Hoher Eingangswiderstand von minimal 1 MOhm, dadurch keine Belastung der Messquelle.
- e) Erd- bzw. potentialfreie Messmöglichkeit durch speziellen Verstärkeraufbau.
- f) Schutz des Galvanometers vor Überlastung.
- g) Einfache Eichung des Messkanales.

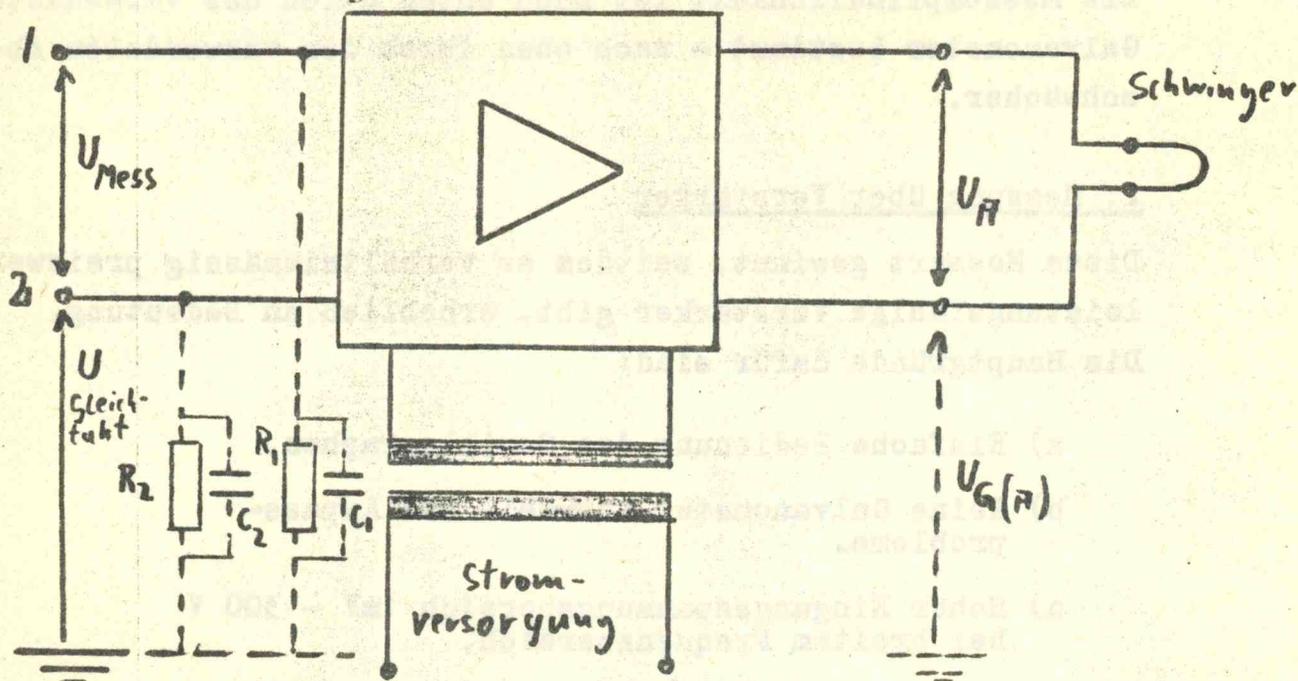
Diesen überragenden Vorteilen der Messung mit Verstärkern stehen jedoch hauptsächlich zwei Punkte entgegen, die bei der Messung besonders beachtet werden müssen.

1. Spannungsfestigkeit des Verstärkereinganges.

Diese ist durch die Verwendung elektronischer Bauteile, wenn man von teuren Spezialverstärkern absieht, nicht so hoch wie beim direkt geschalteten Messkanal und liegt meist bei ca. 300 V gegen Erde.

2. Gleichtaktunterdrückung bei erdfreier Messung.

Zur Erklärung ist hier das Prinzip eines Verstärker-Messkanales gezeigt.



Die beiden Eingänge des Verstärkers haben einen endlichen Eingangswiderstand gegen Erde, bzw. eine gewisse Eingangskapazität. Diese Größen sind nie vollkommen symmetrisch für beide Eingänge. Außerdem sind auch in der internen Leitungsführung des Verstärkers Unsymmetrien vorhanden.

Für die Messpraxis ist die entscheidende Größe hier der Gleichtaktunterdrückungsfaktor (CMR). Er gibt an, wieviel mal höher eine an den beiden kurzgeschlossenen Verstärkereingängen gegen Erde anliegende Gleichtaktspannung U_G sein darf, als die zwischen den Eingängen anliegende Meßspannung U_M , um gleiche Verstärker-Ausgangsspannung U_A zu ergeben.

$$U_M \cdot \text{CMR} = U_G \quad (U_A = \text{konst})$$

Da für die praktische Messung nur ein geringer Einfluß der Gleichtaktspannung U_G auf das Ausgangssignal U_A zulässig ist, muß diese Formel noch durch den zulässigen prozentualen Störeinfluß Z ergänzt werden, so daß sich die maximal zulässige Gleichtaktspannung bei Vorliegen der Meßspannung unter Berücksichtigung der Isolationsgrenze des Einganges wie folgt ergibt:

$$U_G = U_M \cdot \text{CMR} \cdot Z$$

Soll z.B. an einem Nebenwiderstand eine Spannung von 60 mV mit einem Verstärker mit einem CMR von $10^5 \approx 110\text{db}$ gemessen werden, bei einem zulässigen Störeinfluß $Z = 1\%$, so ergibt sich die maximal mögliche Gleichtaktspannung zu

$$U_G = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} = \underline{60 \text{ V}}$$

Bei Verstärkern für Lichtstrahloszillographen wird meist ein Differenzeingang gewählt, wobei der Ausgang des Verstärkers dann einseitig auf Erdpotential liegt. Das ist vor allem bei hochempfindlichen Verstärkern der Fall. Hier ist neben der Gleichtaktunterdrückung noch die durch die Konstruktion des Verstärkers gegebene maximale Gleichtaktspannung zu beachten, welche in den verschiedenen Abschwächerstufen unterschiedlich sein kann.

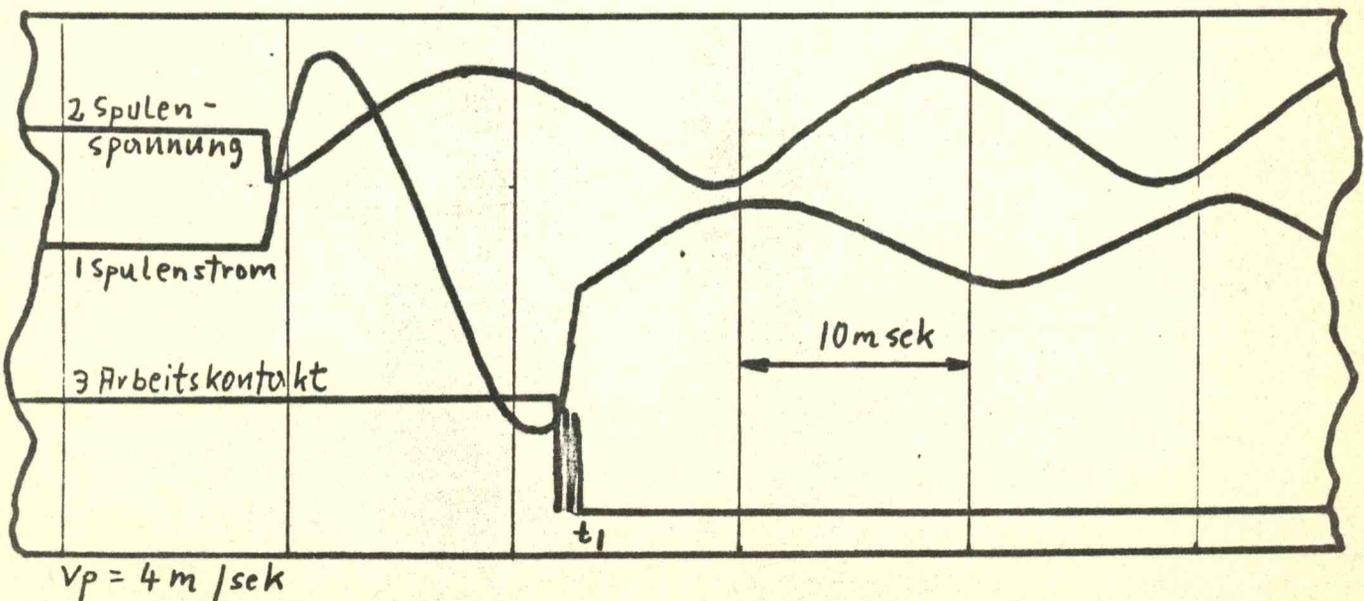
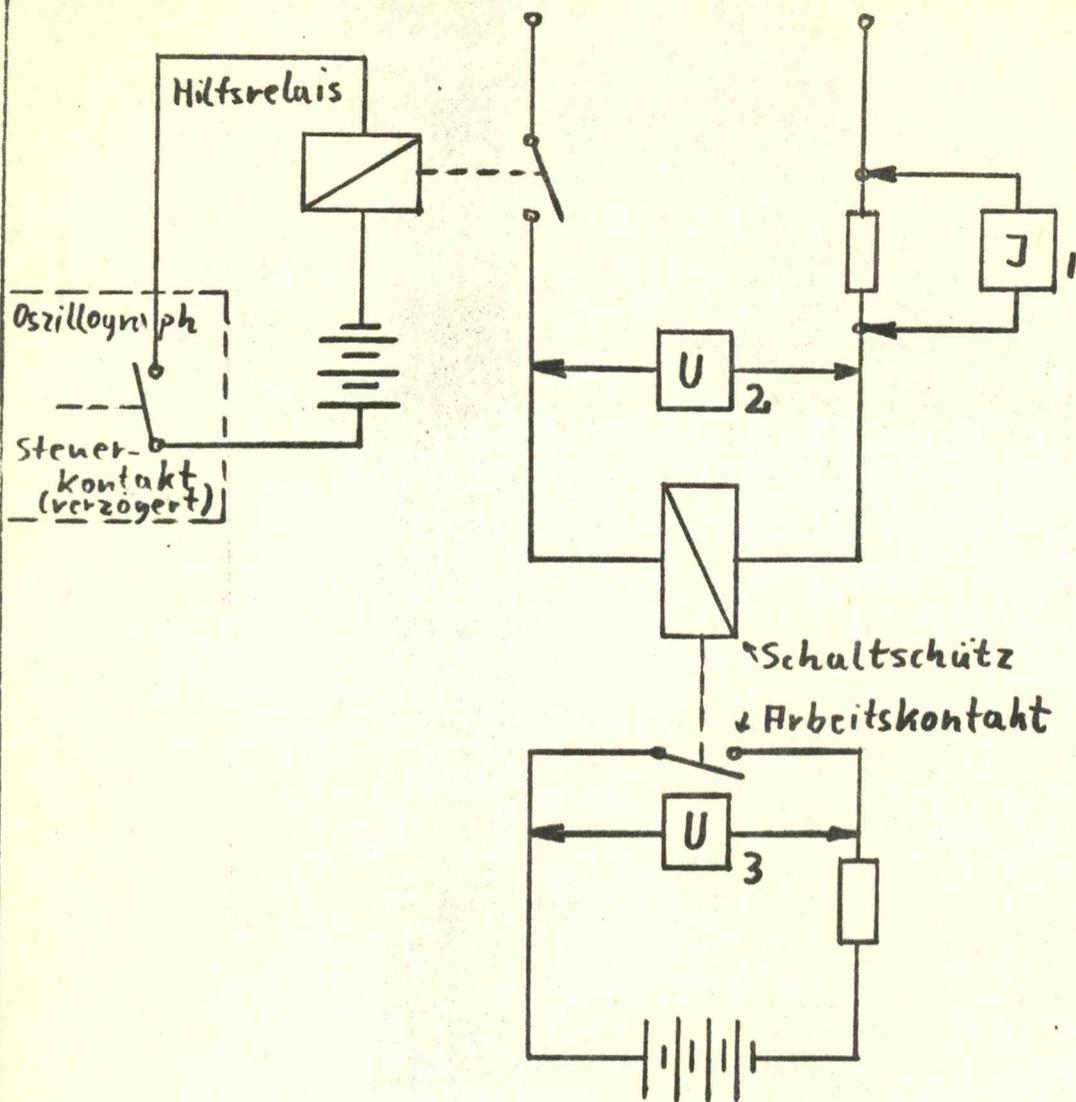
Ein anderer Weg, der aufgrund des nachgeschalteten von Masse isolierten Galvanometers bei Lichtstrahloszillographen-Verstärkern gegangen wird, ist der des vollisolierten (floating) Verstärkers. Hier liegt der Ausgang auf demselben Potential wie der Eingang - der Verstärker erfordert dabei ein eigenes isoliertes Netzgerät - kann dafür aber preiswerter aufgebaut werden als ein Differenzverstärker.

Bei der Auswahl des dem Verstärker nachgeschalteten Galvanometers muß beachtet werden, daß sich die Phasenfehler von Verstärker und Galvanometer addieren, die Amplitudenfehler in Prozenten multiplizieren!

Es liegt daher die Überlegung nahe, Verstärkern immer das höchstfrequenteste Galvanometer nachzuschalten. Das wird in der Praxis nur in Sonderfällen gemacht, weil sehr hochfrequente Galvanometer Anomalien im Schwingungsverhalten zeigen und außerdem in der Schreibbreite zu sehr begrenzt sind. Das Optimum liegt heute bei einem Galvanometer von 4 - 5 kHz Grenz-Meßfrequenz (-3db).

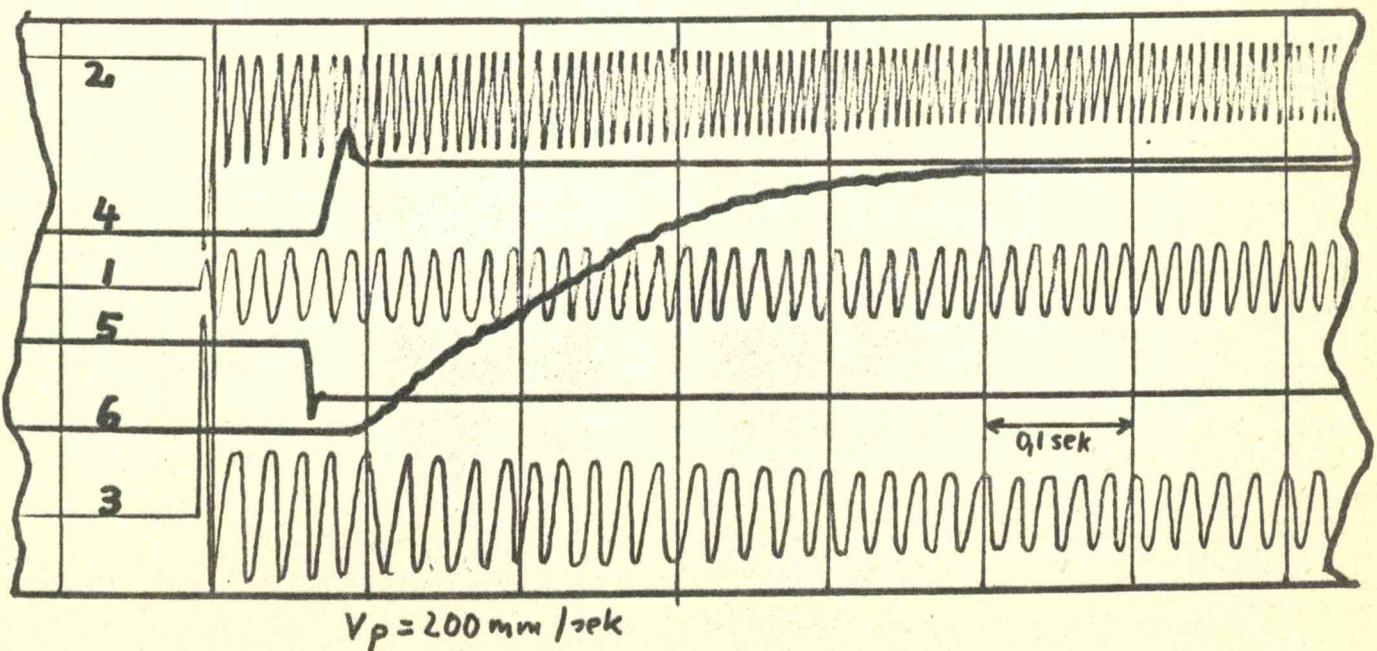
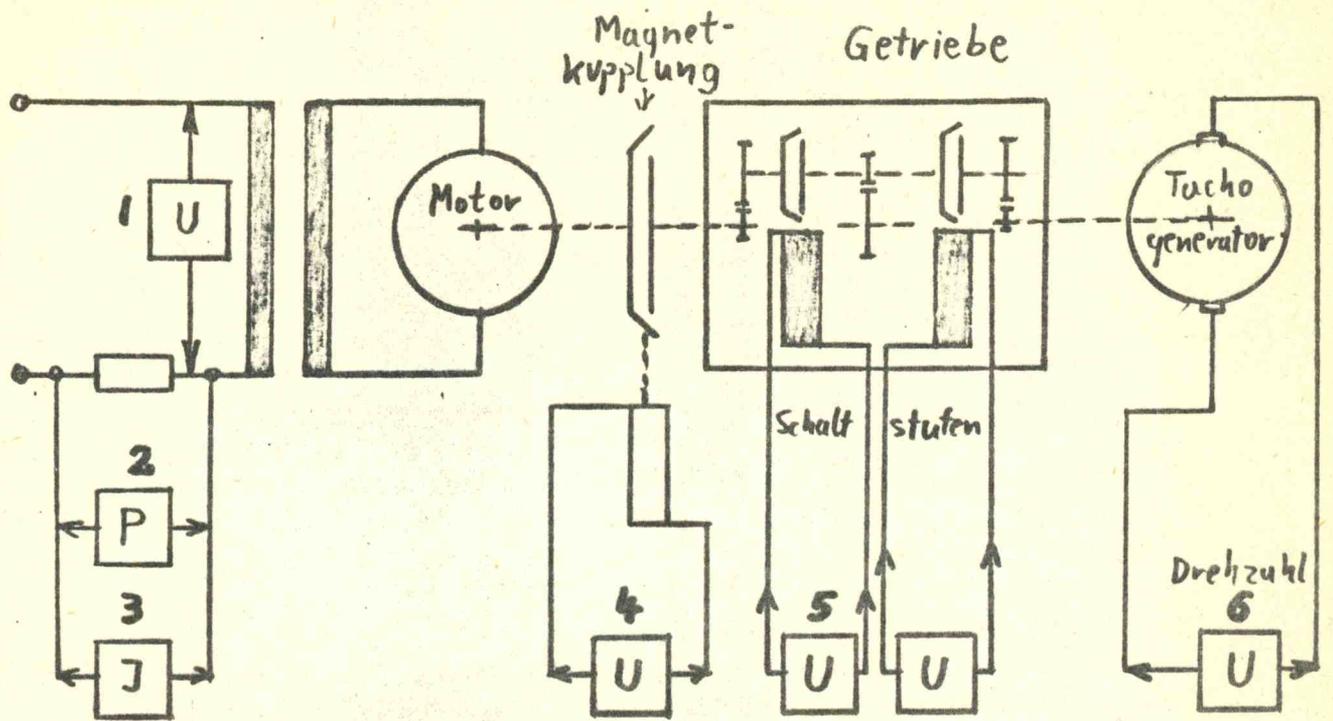
Bei der Messung elektrischer Messvorgänge kommt die in den Oszillographen vorhandene Steuermöglichkeit praktisch immer zur Anwendung, und zwar zur Synchronisierung von Papierablauf und Messvorgang, besonders wenn es sich um einmalige, kurzzeitige Messvorgänge handelt. Hier kommt dann auch die hohe Papiergeschwindigkeit der Lichtstrahloszillographen und die hohe Schreibgeschwindigkeit voll zur Geltung.

Zwei Beispiele aus der Praxis sollen den Einsatz von Lichtstrahloszillographen für die Messung elektrischer Größen zeigen, wobei diese oft mit mechanischen Größen verbunden sein können.



Untersuchung - Schaltschütz

BILD 1



1. Untersuchung eines Schaltschützen

Schaltschütze werden in sämtlichen Teilen der Elektrotechnik eingesetzt. Neben der grundsätzlichen Untersuchung bei Herstellern werden oft auch vom Anwender Untersuchungen vorgenommen, um Aufschluß über die Eignung eines Schütz für einen bestimmten Anwendungsfall zu erhalten, bzw. nach einer gewissen Betriebszeit die einwandfreie Funktion zu überprüfen.

Dabei werden

Stromaufnahme der Spule,
Verzögerungszeit für
Ein- und Ausschaltung,
Kontaktprellung,
Schalten der Last untersucht.

Die Meßschaltung dafür zeigt Bild 1 mit einem aufgenommenen Oszillogramm.

Oszillogramm

Die Stromaufnahme der Spule bzw. die an ihr liegende Spannung zeigen die Kurven 1 und 2. Man sieht aus der Kurve 1 deutlich den erhöhten Strom bis zum Berühren des Ankers.

Die Verzögerungszeit für den Einschaltvorgang läßt sich aus dem Beginn der Schütz-Erregerspannung und dem endgültigen Schalten des Kontaktes in Zeitpunkt t , zu 14 msk ermitteln. Aus der Kurve ist auch deutlich das Prellen des Arbeitskontaktes zu erkennen.

Für derartige Messungen müssen, um ein wirklichkeitsgetreues Oszillogramm zu erhalten, hochfrequente Galvanometer von mindestens 5 kHz Grenzfrequenz für die Messkanäle 1 und 3 eingesetzt werden. Um die Kontaktprellung zeitlich aufgelöst sichtbar zu machen, werden Papiergeschwindigkeiten des Oszillographen bis zu 10m/sek benötigt, wodurch solche Unter-

suchungen ein typisches Beispiel für den Einsatz von Hochleistungsoszillographen sind.

Da hier ein Synchronisieren von Papierablauf des Oszillographen und Schalten des Schütz von Hand unmöglich ist, muß der Oszillograph mit einer entsprechend einstellbaren Steuerschaltung versehen sein, über welche der Messvorgang ausgelöst wird.

2. Untersuchung eines elektromagnetisch gesteuerten Schaltgetriebes.

Ein breites Anwendungsgebiet von Lichtstrahloszillographen, vor allem der mittleren Leistungsklasse, ist für Untersuchungen in der Antriebstechnik gegeben, und zwar sowohl für prinzipielle Untersuchungen als auch für Inbetriebnahme- und Service-Messungen. Durch diese Messungen wird ein optimales Arbeiten der Anlage erreicht und sichergestellt.

Das Beispiel zeigt Messungen an einem elektromagnetisch geschalteten Getriebe, welches über eine Magnetkupplung an den laufenden Antriebsmotor gekoppelt wird, um eine möglichst kurze Beschleunigungszeit zu erreichen und dessen Übersetzungsstufen ebenfalls über magnetisch betätigte Schlingfederkupplungen umgeschaltet werden.

Das Oszillogramm 1

zeigt das Einschalten des gesamten Antriebes bei angekuppeltem Getriebe.

Dabei bedeuten

- | | |
|-------------|---|
| Kurve 1 | Netzspannung |
| Kurve 3 | aufgenommener Strom |
| Kurve 2 | Augenblickswert der Leistung |
| aus Kurve 2 | ist Ermittlung des Einschalt-cos. ϕ möglich |
| Kurve 6 | Drehzahl der Getriebeabtriebswelle über Tachodynamo |

Kurve 4 Spannung an der Magnetkupplung

Kurve 5 Spannung an einem Hubmagneten der
Getriebestufen.

Aus den Oszillogrammen können mit Hilfe der Zeitordinate genaue Rückschlüsse über das Ablaufverhalten der Anlage gezogen werden.

Für derartige Anwendungsgebiete sind im allgemeinen, wenn man von Spezialfällen wie z.B. der prinzipiellen Untersuchung von Thyristorschaltungen u. ä. absieht, Oszillographen mit ca. 5m/sek Papiergeschwindigkeit und damit einer aufzulösenden Grenz-Messfrequenz von ca. 5 kHz ausreichend. Auch hier muß auf eine gute Steuertechnik des Oszillographen und Synchronisieren von Messvorgang und Papierablauf zur Vermeidung von unnötigem Papierverbrauch und von Fehlaufnahmen Wert gelegt werden.

Der Einsatz von UV-Direktschrift-Registrierpapier oder von Bromsilber-Registrierpapier mit nachfolgender fotochemischer Entwicklung richtet sich hauptsächlich danach, ob das Oszillogramm nur zur Übersicht aufgenommen, oder für Veröffentlichungen bzw. Archivierung absolut stabil sein muß.

Anwendungstechnik
Licht- und Flüssigkeitsstrahl-
Oszillographen
Feb./69 Ms 7/1004

Einsatz des OSCILLOMINK für TÜV-
Abnahme-Messungen an Pipelines

Neben Betriebsmessungen an Pipelines werden nach eingehenden Prüfungen durch die Firma NWO Flüssigkeitsstrahloszillographen auch für **Abnahmemessungen** an Pipelines eingesetzt. Diese Abnahmemessungen, die von der NWO zusammen mit dem TÜV ausgearbeitet wurden, gehören zur Standardprüfung an solchen Anlagen. Zum Registrieren der Messgrößen kommt ein Flüssigkeitsstrahloszillograph OSCILLOMINK P zum Einsatz. Nach den Sicherheitsbestimmungen von Messungen in ex-gefährdeter Umgebung, müssen für die Aufnehmer und Verstärker Sonderausführungen für eigensicheren Betrieb benutzt werden.

Zur Erfassung der Druckwerte an Flüssigkeitsleitungen werden induktive Flüssigkeitsdruckaufnehmer eingesetzt. Diese Aufnehmer werden aus einer Trägerfrequenzmessbrücke gespeist. Die Genauigkeit liegt bei ca. 1 %. Für höhere Genauigkeiten können ohmsche Aufnehmer (P 3M) verwendet werden, deren Genauigkeit bei ca. 0,25 % liegt.

Differenzdruckaufnehmer können ebenfalls an die Trägerfrequenzmessbrücke angeschlossen werden. Bei Materialuntersuchungen, wie Biegebeanspruchung, Zug, Druck und Torsion werden Dehnungsmeßstreifen auf die zu untersuchende Fläche aufgeklebt. Die Streifen werden je nach den Erfordernissen zu Halb- oder Vollbrücken zusammengeschaltet und mit einem Trägerfrequenzverstärker verbunden.

Zum Registrieren von Messgrößen für TÜV-Abnahmemessungen an Pipelines führen wir folgende Geräte:

Pos. 1) 1 Flüssigkeitsstrahloszillograph
OSCILLOMINK P
für max. 3 Meßstellen
eingebaut in ein Tischgehäuse
und bestückt mit 3 Messwerken
und 1 Doppelverstärker.
Die Lieferung umfaßt
1 Ersatzmesswerk
und verschiedenes Kleinmaterial

LNr. M 07621-A 1

Preis: DM 8.400,--
=====

Pos. 2) 1 Trägerfrequenzmessbrücke KWS/T 5

in Transistorausführung
einschließlich Netzteil

Preis:DM 2.938,--
=====

Pos. 3) 1 Ohmscher Aufnehmer P 3 M

Anschlußgewinde M 12 x 1,5
Messbereich 0 - 50 kp/cm²

Preis: DM 960,--
=====

Pos. 4) 1 Ohmscher Aufnehmer

Messbereich 0 - 100 kp/cm²

Preis: DM 960,--
=====

Pos. 5) 1 Zusatzschaltung

zur Erfüllung der Forderung der
Eigensicherheit mit PTB-Bescheinigung

Preis: DM 600,--
=====

Pos. 6) Kabel und Verbindungsstecker:

a) 1 Kabel mit Stecker zur Verbindung
des Aufnehmers mit der Zusatzschaltung

Länge: 2 x 20 m
Preis:DM 77,--

Länge: 2 x 50 m
Preis: DM 152,--

- b) 1 Kabel mit Stecker zur Verbindung
der Zusatzschaltung mit dem TF-Verstärker
Länge ca. 1 m
Preis: DM 28,--
=====
- c) 1 Kabel mit Stecker zur Verbindung
des TF-Verstärkers mit dem OSCILLOMINK
Preis: DM 36,--
=====
- d) 1 Stecker zum Anschluß an Kabel des
Messwertaufnehmers
Preis: DM 8,50
=====

Verbrauchsmaterial:

- Pos. 7) Faltenpack-Registrierpapier
LNr. 274 110
Preis je Pack: DM 7,--
=====
- Pos. 8) Spezial-Schreibflüssigkeit
Farbe grün, Inhalt 100 cm³
LNr. C 72453-A 96-A 32
Preis je DM 7,--
=====
- Pos. 9) Ersatz-Löschrolle 150mm lang
LNr. 274 120
Preis je DM 6,--
=====

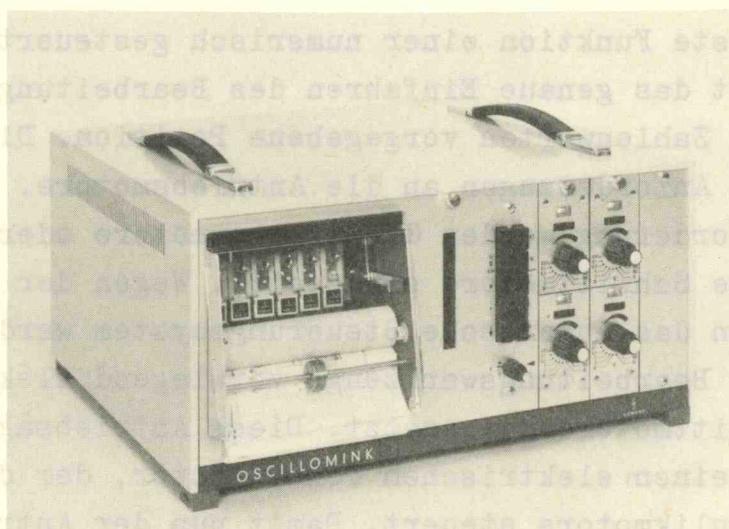
Die Preise verstehen sich ausschließlich Mehrwertsteuer und entsprechen der bisherigen Kostenlage. Im Auftragsfalle kommen die am Tage der Lieferung geltenden Preise zur Verrechnung.

Wir sind gerne bereit, Sie bei der Lösung der vorliegenden Messaufgabe zu unterstützen. Selbstverständlich lösen wir auch andere Probleme. Hierzu bitten wir um Ihre Anfrage.

Anwendungstechnik Licht- und
Flüssigkeitsstrahloszillographen

April 1969 Ms 7/1005

Einsatz des OSCILLOMINK für Messungen
an Werkzeugmaschinen



OSCILLOMINK E

Besondere Merkmale der
Flüssigkeitsstrahloszillographen

Hoher Frequenzbereich
DC bis 1000 Hz (3dB)
Sofortiges Auswerten der
Oszillogramme ohne Fixieren
Bis zu 16 Messkanäle
Geringe Kosten für Registrier-
papier

Batterie und Netzanschluß
Referenzlinien und Oszillogramm-
Nummern
max. Papiergeschwindigkeit 1m/s
Faltenpackpapier mit großem
Vorrat

Ein weites Anwendungsgebiet findet die OSCILLOMINK-Technik bei Untersuchungen an numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, die sich im Zuge der Automation immer stärker durchsetzen. Werkzeugmaschinen dieser Art erhalten die Befehle zur Bearbeitung eines Werkstückes von der elektronischen Steuerung, die mittels Lochstreifen oder Magnetband programmiert wird. Diese Steuerung, die je nach Art der Werkzeugmaschine für 2- oder 3-dimensionale Bearbeitung ausgelegt ist, macht es möglich, komplizierte Werkstücke über viele einzelne Arbeitsgänge mittels verschiedener Werkzeuge (Drehmeißel, Bohrer, Gewindebohrer usw.) in einem Ablauf herzustellen.

Die wichtigste Funktion einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine ist das genaue Einfahren des Bearbeitungswerkzeuges auf eine in Zahlenwerten vorgegebene Position. Diese Tatsache stellt hohe Anforderungen an die Antriebsmotore. Je nach Genauigkeitsforderung werden Gleichstrommotore oder elektrohydraulische Schrittmotore eingesetzt. Wegen der günstigen Anpassung an das numerische Steuerungssystem werden für den Antrieb der Bearbeitungswerkzeuge vorwiegend elektrohydraulische Schrittmotore eingesetzt. Diese Antriebsaggregate bestehen aus einem elektrischen Schrittmotor, der das Ventil eines Hydraulikmotors steuert. Damit nun der Antrieb die geforderte Position möglichst genau erreicht, muß der Flüssigkeitsdruck konstant gehalten werden ($\pm 3,5$ atü) und darf bei plötzlicher Belastung keine Resonanzschwingungen zeigen.

Der sehr schnelle Hochlauf der verschiedenen Antriebe (Hochlauf zwischen 6 - 20ms) bewirkt Beschleunigungen und Dreh-Schwingungen, die über den Antrieb auf die Oberfläche des Werkstückes übertragen werden können, und sich in einem schlechten Oberflächenbild oder aber Messfehler auswirken. Erfahrungsgemäß liegen die Frequenzen im Bereich 6 - 400 Hz.

Einsatz des OSCILLOMINK

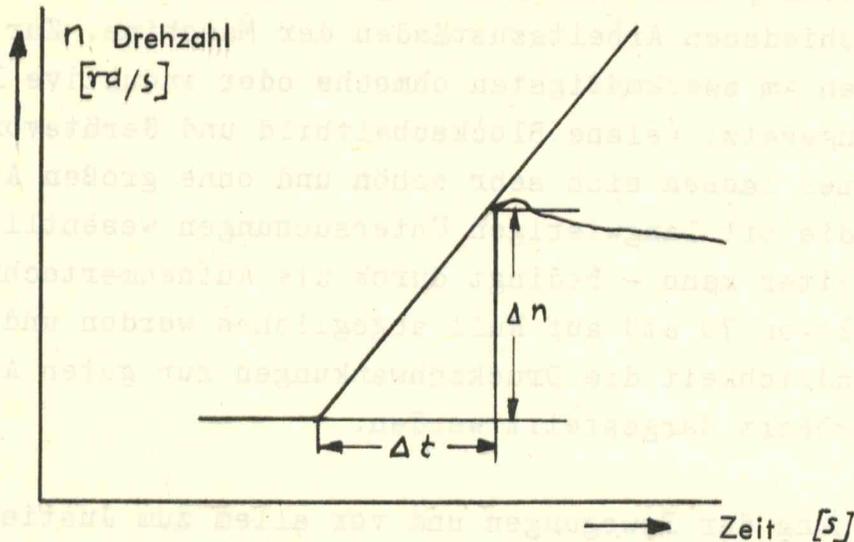
Die Forderung der Druckkonstanz und der Resonanzfreiheit des Flüssigkeitssystems bedingen sorgfältige Druckmessungen bei den verschiedenen Arbeitszuständen der Maschine. Zur Erfassung werden am zweckmäßigsten ohmsche oder induktive Druckaufnehmer eingesetzt (siehe Blockschaltbild und Gerätevorschlag). Diese Aufnehmer lassen sich sehr schön und ohne großen Aufwand eichen, was die oft langwierigen Untersuchungen wesentlich erleichtert. Weiter kann - bedingt durch die Aufnehmertechnik - der Nenndruck von 70 atü auf Null abgeglichen werden und bei großer Empfindlichkeit die Druckschwankungen zur guten Auswertung vergrößert dargestellt werden.

Zur Untersuchung der Bewegungen und vor allem zum Justieren der einzelnen Bewegungselemente und Bewegungsbereiche müssen zusammen mit den Antrieben der Werkzeugmaschinen die Drehzahlen der Motore und die entsprechenden Wegänderungen erfaßt werden. Als Wegaufnehmer werden induktive Wegaufnehmer eingesetzt, die neben der bereits vorgenannten leichten Eichmöglichkeit auch ein großes Auflösungsvermögen besitzen (kleinste meßbare Größe ca. $1/\mu\text{m}$).

Die Erfassung der Beschleunigungen und Schwingungen an Werkzeugmaschinen werden zweckmäßigerweise mittels Quarzaufnehmer durchgeführt. Quarze haben kleine Abmessungen, sind robust und für einen weiten Temperatur- und Frequenzbereich (ca. 50 kHz) einsetzbar. Obwohl Quarze zu den aktiven Aufnehmern zählen, sind sie nicht direkt an den OSCILLOMINK anschaltbar (siehe auch Blockschaltbild), sondern müssen an einen Piezo-Verstärker angeschlossen werden.

Die Drehbeschleunigungen der Antriebe werden entweder über den Verlauf der Drehzahl ausgewertet oder aber mittels zwei Drehbeschleunigungsaufnehmern erfaßt.

Untenstehende Skizze zeigt die Auswertung für die Drehbeschleunigung aus dem Verlauf der Drehzahl.



$$\text{Drehbeschleunigung} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \left[\frac{\text{rd}}{\text{s}^2} \right]$$

Soll der Verlauf der Drehbeschleunigung direkt als Meßwert erfaßt werden, muß ein Drehbeschleunigungsaufnehmer eingesetzt werden. Nachteil dieser Methode ist der verhältnismäßig schwierige Anbau des Drehbeschleunigungsaufnehmers auf die Antriebswelle. Aus Abmessungsgründen ist dies häufig gar nicht möglich.

Der OSCILLOMINK ist für diese Art von Messungen besonders geeignet, da hierbei die Vorteile des Gerätes auch voll ausgenutzt werden können.

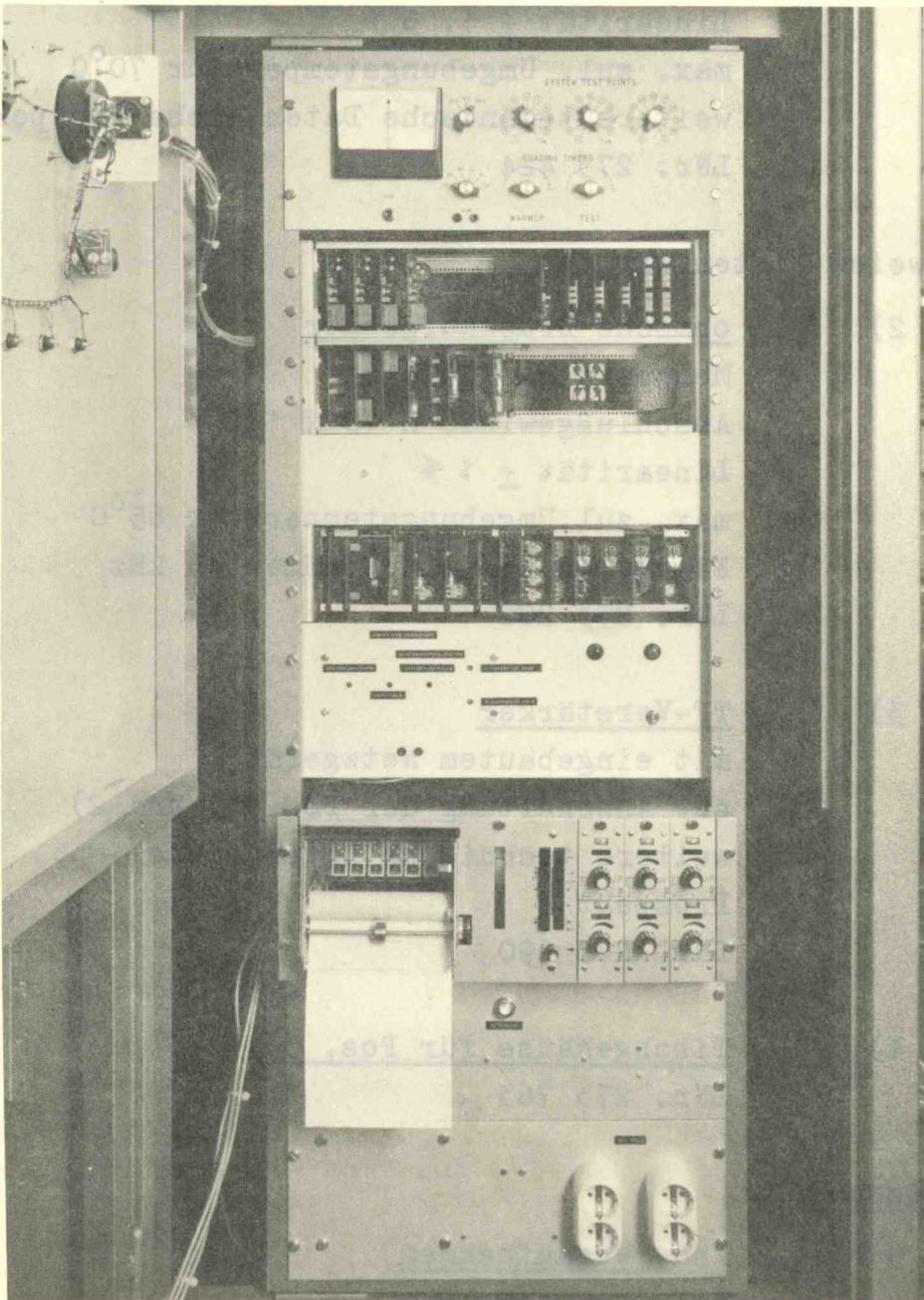
1. Billiges Verbrauchsmaterial!

Die oft notwendigen vielen Untersuchungen bei den verschiedenen Betriebszuständen bringen gegenüber dem Photopapier von Lichtstrahloszillographen eine große Ersparnis im Registrierpapier.

2. Großer Frequenzbereich 0 - 1000 Hz.

Die schnellen Anstiege der Drehzahlen und die hohen Frequenzen bei den Schwingungsuntersuchungen können, da der mögliche Frequenzbereich höher liegt, noch sicher aufgezeichnet werden.

Durch langjährige Erfahrungen helfen wir Ihnen beim Lösen von Messproblemen. Ein umfangreiches Geräteprogramm steht Ihnen zur Verfügung. Unten im Bild eine projektierte Anlage von uns



Gerätevorschlag

Aufnehmer und Verstärker

Druckmessung

Pos. 1) Ind. Druckaufnehmer
Messbereich 100 atü
Anschlußgewinde M 18 x 1,5
Linearität $\pm 1,5 \%$
max. zul. Umgebungstemperatur 70°C
weitere technische Daten siehe Prospekt
LNr. 273 424

wahlweise bieten wir an:

Pos. 2) ohmsche Druckaufnehmer
Messbereich 100 atü
Anschlußgewinde M 18 x 1,5
Linearität $\pm 1 \%$
max. zul. Umgebungstemperatur 65°C
Eigenfrequenz d. Aufnehmer 45 kHz
LNr. 273 202

Pos. 3) TF-Verstärker
mit eingebautem Netzgerät
zur Anschaltung der Pos. 1) und 2)
weitere technische Daten siehe
Prospekt
LNr. 273 690

Pos. 4) Tischgehäuse für Pos. 3)
LNr. 273 763

Wegmessung

Pos. 5) Ind. Wegaufnehmer
Messweg $\pm 15 \text{ mm}$
kleinster messbarer Weg $0,5 \mu\text{m}$
max. zul. Temperatur $+ 80^{\circ}\text{C}$
LNr. 273 390

Der Aufnehmer kann an den TF-Verstärker von Pos. 3) angeschaltet werden.

Schwingungsmessung

Pos. 6) Quarzbeschleunigungsaufnehmer
Messbereich 0 - 1000 g
kleinster messbarer Wert 0,01g
Empfindlichkeit 8 pG/g
Eigenfrequenz 28 kHz
Abmessungen 44 x 40 mm
Gewicht 160 g
LNr. 273 553

Pos. 7) Piezo-Verstärker
zur Anschaltung von
Quarzaufnehmern nach Pos. 6)
mit eingebautem Netzgerät
für stat. und dyn. Messungen
Ausgangssignal max. 8 V
eingebaut in Tischgehäuse

Selbstverständlich sind auch andere Aufnehmer und Verstärker einsetzbar.

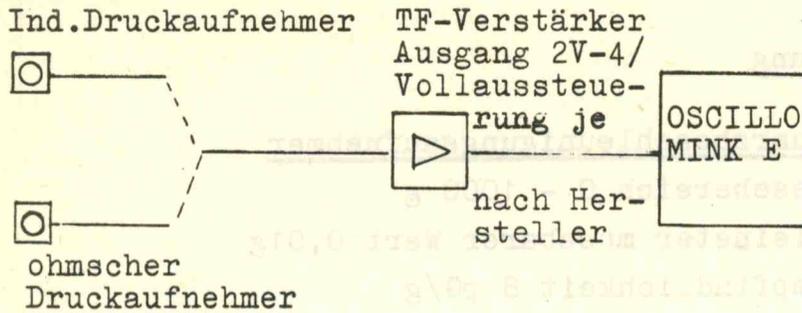
Wir sind auch gerne bereit, spezielle Angebote über Aufnehmer und Verstärker zu erstellen. Hierzu bitten wir jedoch um folgende Angaben:

Messgröße, Messbereich
kleinster messbarer Messwert
Frequenzbereich
Einbauverhältnisse
Temperaturverhältnisse

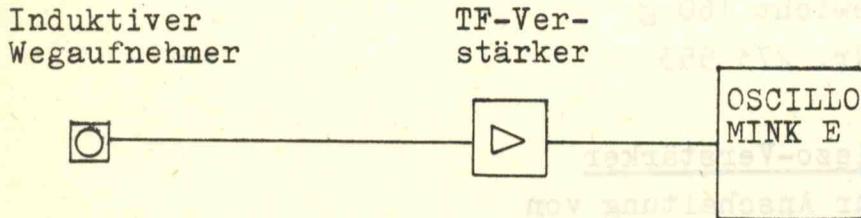
Die echte Direktschrift ermöglicht durch die Beobachtungsmöglichkeit der Kurven beim Entstehen ein frühzeitiges Abbrechen des Versuches, wenn kein Erfolg zu erwarten ist.

Anschaltung der Aufnehmer an den OSCILLOMINK

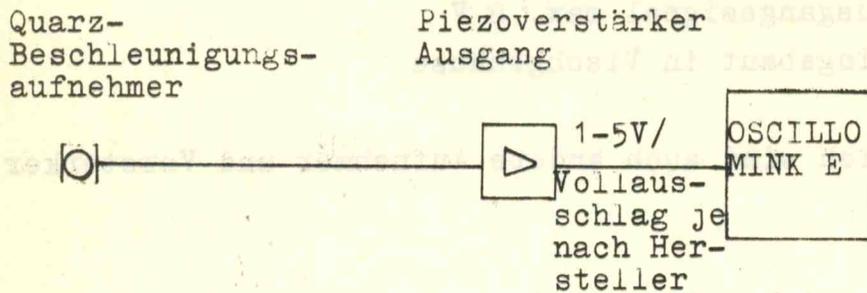
Druckmessung



Wegmessung

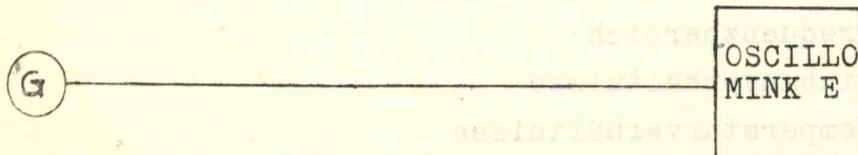


Beschleunigungs- und Schwingungsmessung



Drehzahlmessung

Gleichspannungstacho



Analoges Aufzeichnen schnell veränderlicher
Vorgänge

1. Die Messkette

Allgemein bezeichnet man eine Messanordnung im Sinne des Themas als Messkette. Bestandteile dieser Messkette sind die einzelnen Messglieder. Nachstehendes Bild 1 zeigt im Prinzip die Anordnung einer solchen Messkette mit verschiedenen Messgliedern: Messwertaufnehmer - Anpassgerät - Verstärker - Anzeigegerät oder Oszillograph.

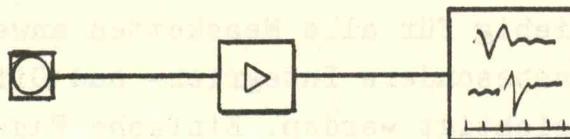
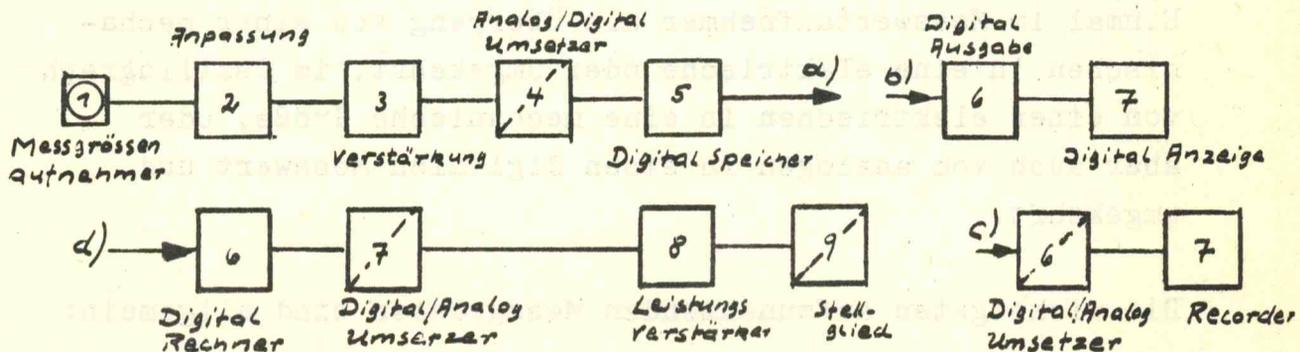


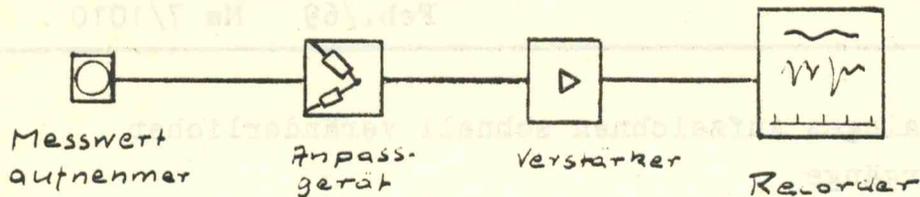
Bild 1

Die umfangreicher werdenden messtechnischen Aufgaben verlangen immer stärker eine Automatisierung der Verarbeitung und Auswertung der anfallenden Daten. Dadurch erweitert sich selbstverständlich die eben gezeigte Messkette. Dazu Bild 2



Für das Planen und Betreiben solcher Messketten ist es zweckmässig, sich über die Messgrössen, ihre Werte und Einheit Klarheit zu verschaffen, um auch rechnerisch die zu lösende

Aufgabe verfolgen zu können. Dazu eignet sich gut das Koeffizienten-System. Dazu ein Beispiel: Eine Messkette soll aus einem Widerstands-Aufnehmer, einem Mess-Verstärker und einem Lichtstrahloszillographen bestehen.



Am Eingang des ersten Messgliedes, am Dehnungsmeßstreifen entsteht eine Dehnung mit dem Koeffizienten μD (Mikrodehnung). Das darauf folgende Anpassgerät mit einer Brückenschaltung ergibt dann einen gemeinsamen Koeffizienten $\mu D/mV$. Der Verstärker mit Stromausgang hat den Koeffizienten mV/V . Der anschließende Lichtstrahloszillograph den Koeffizienten V/cm , d.h. also

$$\mu D/mV \times mV/V \times V/cm = \mu D/cm.$$

Dieses System ist beliebig für alle Messketten anwendbar. Auch Rechenglieder, insbesondere Integrier- und Differenzglieder können berücksichtigt werden. Einfache Faustregel: Welchen Wert mit welcher Einheit braucht man am Eingang, um am Ausgang den gewünschten Wert mit der gewünschten Einheit zu erzielen.

Wie man sieht, hat jede Messkette gewisse Stoßstellen. Einmal im Messwertaufnehmer als Übergang von einer mechanischen in eine elektrische oder umgekehrt, im Oszillograph von einer elektrischen in eine mechanische Größe, oder aber auch vom analogen in einen digitalen Messwert und umgekehrt.

Die wichtigsten aufzunehmenden Messgrößen sind allgemein:

- 1) Mechanische, hydraulische, pneumatische Größen, zusammen mit den geometrischen Größen:

Weg, Beschleunigung, Impuls, Geschwindigkeit, sowohl geradlinig wie im Winkel verlaufend Druck, Zug, Kraft.

- 2) Optische Grössen:
Helligkeit, Trübung, Spektrum
(Wellenlänge)
- 3) Thermische Grössen:
Temperatur, Feuchte
- 4) Strahlungsmessung:
Radioaktivität
- 5) Magnetsiche Grössen:
Feldstärke, magnetischer Fluß
- 6) Akustische Grössen:
Luftschall, Körperschall
- 7) Zeit- und Mengenmessung:
Häufigkeit, Zeit, Durchfluß, Frequenz
- 8) elektrische Grössen:
Spannung, Strom, Leistung, Leitfähigkeit,
Widerstand, Wellenlänge und Frequenz.

Zur Umsetzung von mechanischen Grössen, um brauchbare elektrische Signale zu erhalten, bedient man sich der verschiedensten physikalischen Prinzipien.

Das sind z.B.

Das Widerstands-Prinzip: Vom Potentiometer mit dem der Messgrösse proportionale Abgriff über durch Feuchte, Temperatur, Licht oder Magnetfelder beeinflussbare Widerstände bis zum Dehnungsmeßstreifen.

Das induktive oder kapazitive Prinzip: Es benutzt wechsellspannungsabhängige Widerstände.

Das dynamische Prinzip: Der Einfluß von Magnetfeldern liefert veränderliche Meßspannungen.

Der piezoelektrische Effekt: Durch mechanischen Druck erzielt man elektrische Ladungen. Bei der Magnetostraktion beeinflusst der Zug die magnetischen Eigenschaften.

Der Thermo- bzw. Peltiereffekt: Temperaturänderungen erzeugen elektrische Spannungen.

Photoelektrisches Prinzip: Helligkeitsänderungen geben proportional Spannungsänderungen.

Auch Halbleiter finden in der heutigen Messtechnik Anwendung beim Umsetzen von Druck, Dehnung, Licht oder Wärme.

Bei den Messwertaufnehmern unterscheidet man allgemein zwischen aktiven und passiven Elementen. Aktive Aufnehmer sind solche, bei denen die zu messende Größe ohne Zuführung elektrischer Energie z.B. in Form einer Speisespannung von aussen in eine elektrische Spannung oder Strom umgesetzt wird.

Das sind z.B.

Thermoelemente: Beim Erwärmen entsteht eine Thermospannung.

Piezoaufnehmer: Durch Druck entsteht eine elektrische Ladung.

Dynamischer Aufnehmer: Durch Bewegung eines elektrischen Leiters in einem Magnetfeld entsteht ein Strom.

Aufnehmer mit Widerstandssystemen jedoch, also DMS-Streifen werden erst "aktiv" durch eine zusätzliche Speisespannung innerhalb einer Messbrücke. Daher spricht man in diesem Falle von passiven Aufnehmern. Fotoelektrische Aufnehmer können sowohl aktiv als auch passiv sein.

In den meisten Fällen sind Messwertaufnehmer nicht ohne Hilfsgeräte innerhalb der Messkette zu verwenden. Verschiedene Möglichkeiten nutzt man aus, um brauchbare Meßsignale zu erhalten. So sind entsprechend dem vorhin erwähnten passive Messwertaufnehmer aktiv zu machen. Piezoaufnehmer geben zwar eine elektrische Ladung ab, aber entsprechende Ladungsverstärker geben erst

ein für das Anzeige- oder Schreibgerät entsprechende elektrische Leistung ab. Den Vorgang, um am Ende der Messkette ein messbares Signal zu erhalten, das zu der aufgenommenen Messgrösse eine Beziehung hat, die möglichst proportional sein soll, bezeichnet man mit Anpassen.

Die Technik des Anpassens mit den verschiedenen Möglichkeiten ist Gegenstand eines weiteren Aufsatzes als Fortsetzung.

von der konstanten Dicke des verwendeten Blechbandes ab. Die Verarbeitung von sehr langen Blechbändern in langen Folgewerkzeugen wird durch die in der Abbildung 1 gezeigten Krümmung der Bänder behindert, wenn die Größe der Krümmung nicht in bekannten Toleranzen bleibt. Als Krümmung hat man das Maß x in Bild 1 definiert, Eine andere Größe für die Krümmung könnte der Wert y sein, der aber nicht mehr einfach zu messen ist.

Zur Erfassung der Blechdicke und der Seitenkrümmung von Metallblech setzt man aus den vorgenannten Gründen die in Abbildung 2

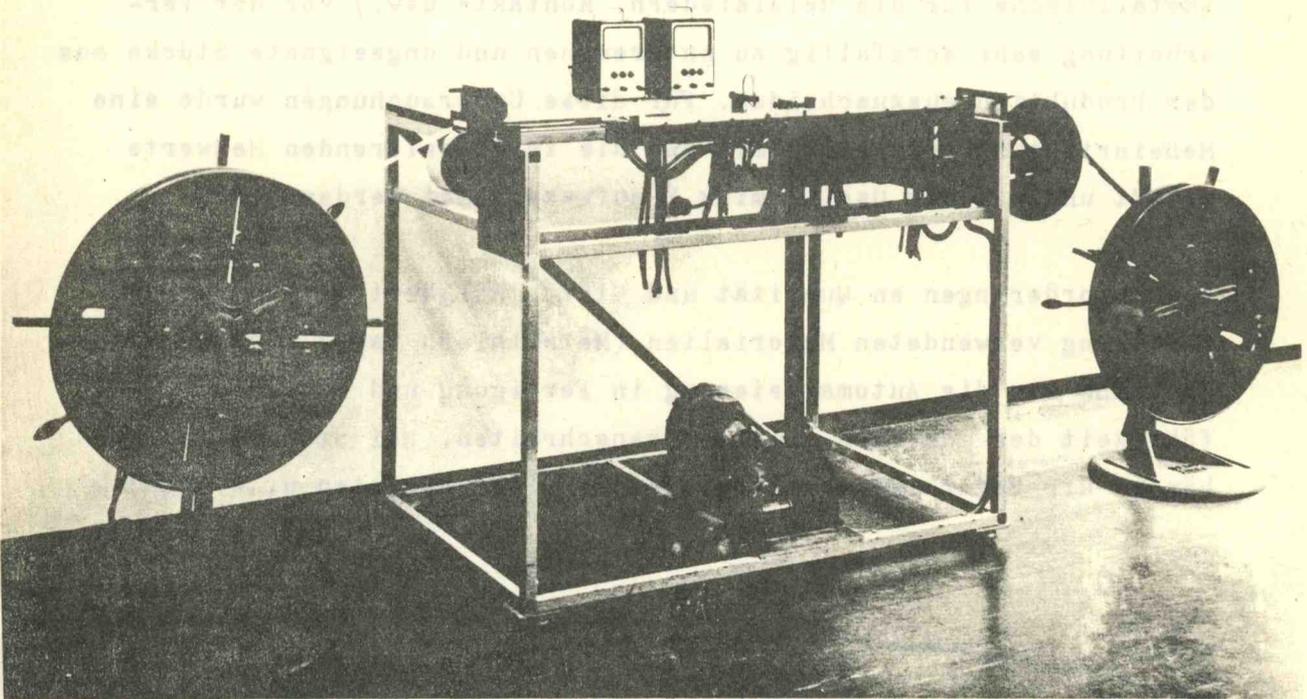


Bild 2

Blechdickenmeßeinrichtung

gezeigte Meßeinrichtung ein. An einigen, über seine Breite verteilten Stellen, wird das Band von je einem Meßfühler an der Ober- und Unterseite abgetastet. Die Ausgangssignale der beiden Taster werden wie in Bild 3 dargestellt addiert und dann ausgegeben. Die Addition wird durchgeführt um, wie in Bild 3 dargestellt, eine Welle auszugleichen.

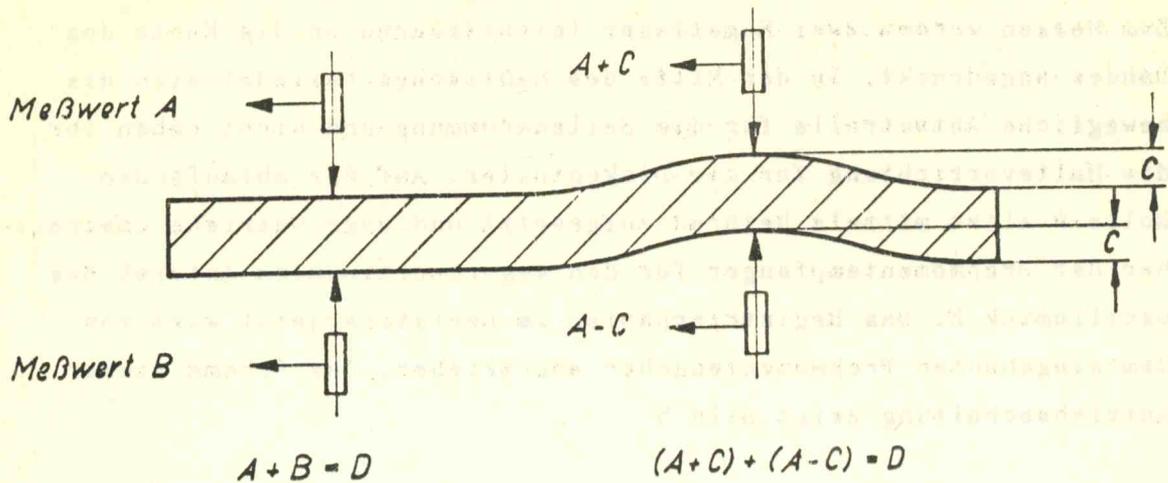


Bild 3

Ausführung der Meßanlage

Das zu messende Blechband läuft, wie in Bild 4 schematisch dargestellt, von einer Abwickelhaspel 1 über eine Rolle 2 und einen hartverchromten ebenen Meßtisch 3. In der Tischoberfläche befinden sich zahlreiche kleine Öffnungen, durch die das Band pneumatisch angesaugt, und so während des Durchlaufes plan auf dem Meßtisch gehalten wird. Vom Meßtisch läuft es über eine weitere Rolle auf eine Aufwickelhaspel.

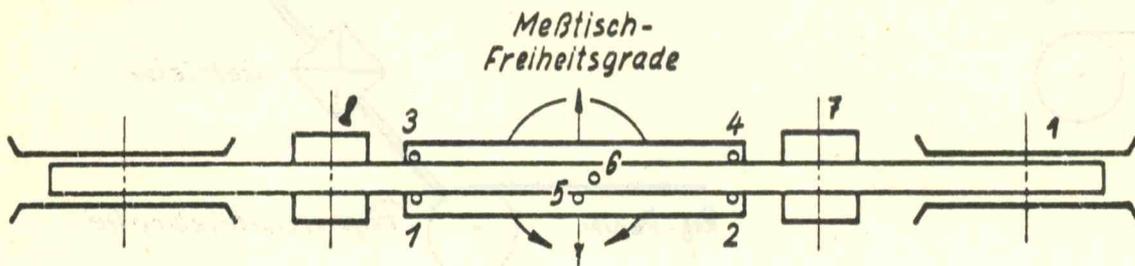


Bild 4

Schematischer Aufbau der Meßeinrichtung

17.8.67 Großmann

Der Meßtisch ist quer zum Band und um seine senkrechte Achse beweglich gelagert, damit er sich mit den an seinem Anfang und Ende befindlichen Bezugsmarken für die Messung der Seitenkrümmung möglichst kräftefrei an die Seitenkante des Bandes anlegt.

Zum Messen werden zwei Kugellager leichtfedernd an die Kante des Bandes gedrückt. In der Mitte des Meßtisches befindet sich die bewegliche Abtastrolle für die Seitenkrümmung und dicht neben ihr die Haltevorrichtung für die Dickentaster. Auf der ablaufenden Rolle 8 sitzt mittels Reibrad aufgesetzt und über Getriebe umschaltbar der Drehmomentempfänger für den wegproportionalen Antrieb des Oscillomink E. Das Registrierpapier im Registriergerät wird von dem eingebauten Drehmomentengeber angetrieben. Das Schema dieser Antriebsschaltung zeigt Bild 5.

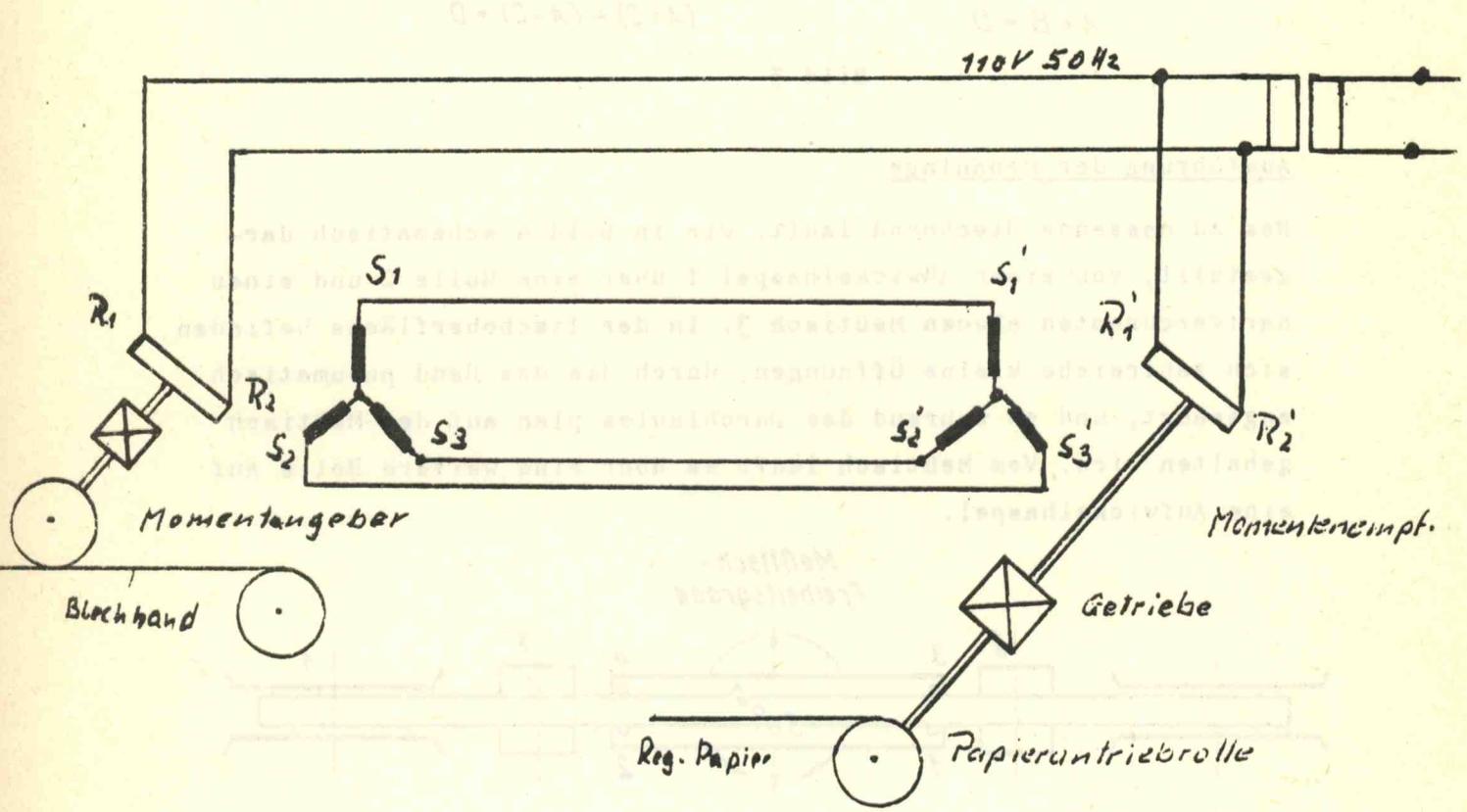


Bild 5

Schema des wegproportionalen Papierantriebs
des Oscillomink

Durchführung der Messung

Dicke und Seitenkrümmung werden mit induktiven Wegrastern erfaßt, die umschaltbare Meßbereiche $\pm 3 \mu m$ bis $\pm 100 \mu m$ Endausschlag haben.

Da bei der Seitenkrümmung Meßwerte von max. 3 mm auftreten können wurde der Meßbereich durch Untersetzung der Taster auf diesen Wert (3 mm) heraufgesetzt. Neben der Ableseskala besitzen die induktiven Wegmeßeinrichtungen Analogausgänge und einstellbare Grenzwerte. Die Analogsignale werden auf den Oscillomink geschaltet und aufgezeichnet. Mit einer Eichmarkierung am Anfang des Oscillogramms können die zulässigen Grenzwerte markiert werden. (siehe Bild 6)

Der wegproportionale Antrieb des Oscillomink E erlaubt nach Durchlauf eines Blechbandes mit Hilfe des Oscillogramms die Fehlstelle auf dem Blechband wieder aufzufinden und evtl. herauszuschneiden. Da aber die Bleche verhältnismäßig teuer sind, muß man die Fehlstelle genau finden können. Zu diesem Zweck ist der wegproportionale Antrieb in folgenden Stufen umschaltbar:

1 : 1

1 : 5

1 : 20

1 : 100

Man kann nachdem beispielsweise 100 m Band nach ca. 4 Minuten durchgelaufen sind die Fehlstelle nochmals mit einer größeren Auflösung z. B. 1 : 1 (1 cm Papier entspricht 1 cm Blechband) untersuchen. Die Fehlstelle kann damit sehr genau gefunden werden und herausgeschnitten werden. Die Genauigkeit des wegproportionalen Antriebes der beschriebenen Anlage beträgt ca. 3 %.

Wird eine solch genaue Auffindung der Fehlstelle nicht verlangt dann kann diese auch durch eine Farbmarkierung auf dem Blech gekennzeichnet werden. Die Farbmarkierung wird dabei von dem eingebauten Grenzwertkontakt der induktiven Wegmeßeinrichtung gesteuert.

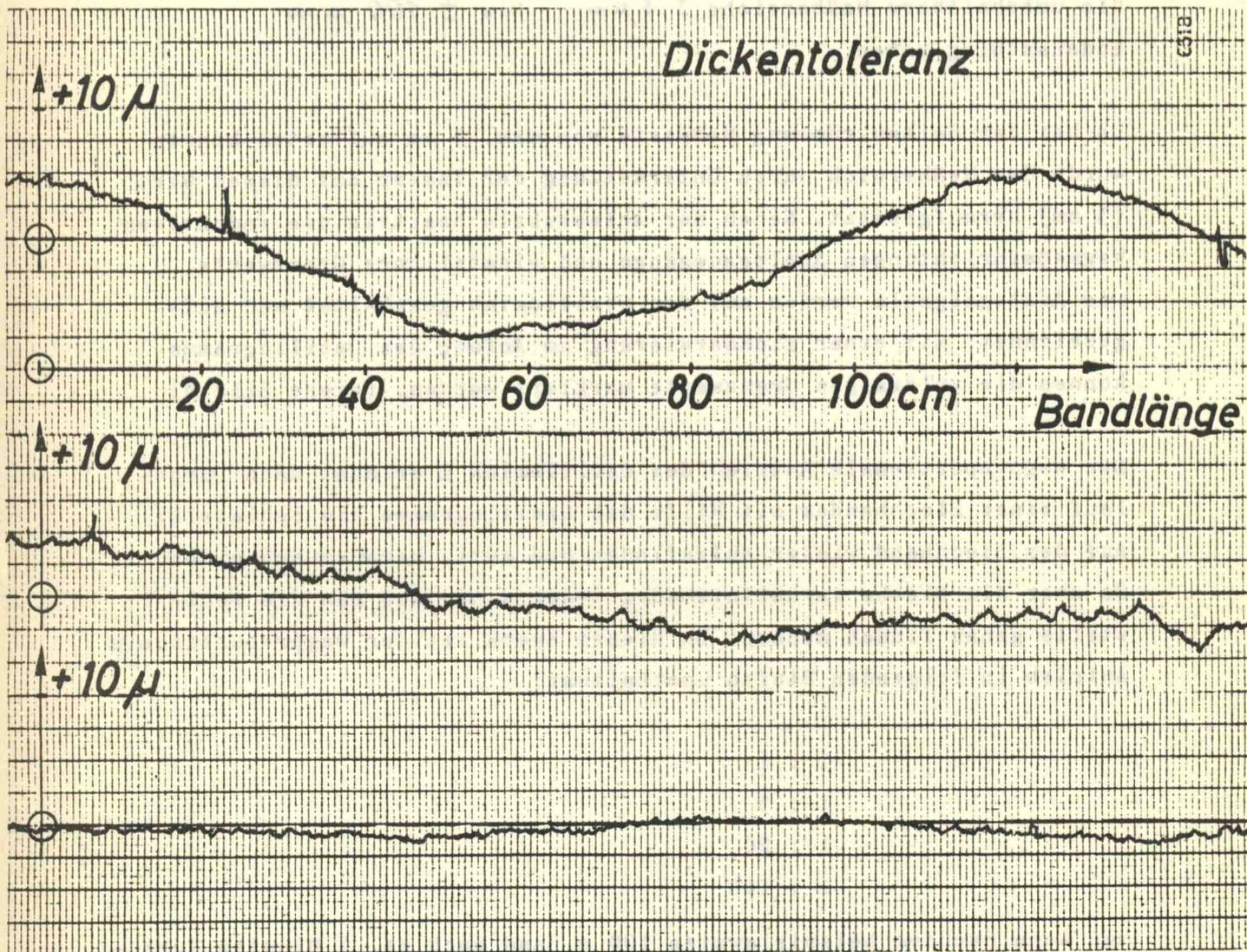


Bild 6

Verlauf der Blechdickenabweichung
von drei verschiedenen Blechproben

Genauigkeit und Reproduzierbarkeit

Zur Beurteilung der Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Meßeinrichtung werden mit 9 verschiedenen Bändern wiederholt Messungen gemacht. Hierbei werden die Proben an verschiedenen markierten Stellen gemessen und die Meßwerte miteinander verglichen.

Die Auflösung der induktiven Wegtaster liegt bei $0,3 \mu\text{m}$ ($\approx 10\%$ des kleinsten Meßbereiches), wenn die Dicke des Blechbandes erfaßt wird, und bei $20 \mu\text{m}$ bei der Seitenkrümmung. Die anzunehmende Genauigkeit des aufgezeichneten Meßwertes liegt bei $\approx 3\%$ bezogen auf den Endausschlag. Das entspricht bei der Messung der Dickenabweichung im Meßbereich von $10 \mu\text{m}$ $0,3 \mu\text{m}$. Bezieht man diesen Wert auf die wirkliche Blechdicke von $120 \mu\text{m}$ dann erreicht man eine Genauigkeit der absoluten Blechdicke von $2,5\%$. Diese Genauigkeit ist für eine Beurteilung ausreichend.

Aus den Kurven von Bild 6 geht eindeutig hervor, daß neben der Auffindung von Fehlstellen des Blechbandes auch Fehler der Produktionswerkzeuge erkannt werden können. Die erste Kurve zeigt dies ganz deutlich. Man erhält nach $\approx 1,20$ m periodisch wiederkehrend den gleichen Verlauf der Dickenabweichung. Man kann daraus auf eine Exzentrizität der Walzen schließen. Die Spitzen die in der Kurve 1 zu erkennen sind, rühren wahrscheinlich von Staubkörnern her. Der sich stark ändernde Verlauf der Kurven stellt nicht die Rauhtiefe oder Oberflächenrauigkeit dar. Zur Abtastung wurde eine Kugel von ≈ 3 mm Durchmesser verwendet.

Anwendung von Flüssigkeitsstrahl-Oszillographen

Nach der Theorie der Flüssigkeitsstrahl-Oszillographen und den dabei aufgezeigten Grenzen der Leistungsfähigkeit dieses Aufzeichnungsverfahrens sollen nun an zwei Experimenten die Einsatzmöglichkeit und die Vorteile praktisch demonstriert werden.

Die zwei Experimente sind:

1. Aufzeichnung von Telegraphier-Impulstelegrammen.
2. Aufzeichnung schnellveränderlicher elektrischer Größen beim Anlauf elektrischer Maschinen.

1. Zur Überwachung und Justierung von Datenübertragungsanlagen müssen in bestimmten Zeitabständen die Betriebssicherheit und das fehlerfreie Arbeiten solcher Anlagen überprüft werden. Ganz besonders sind solche Prüfarbeiten erforderlich, wenn es sich, wie bei Pipelines oder ähnlichen Anlagen, um Einrichtungen handelt, die bei fehlerhaftem Arbeiten zu erheblichen Schäden führen können.

Zur Übertragung von Daten, die über den Zustand der Anlage Auskunft geben, werden aus den bekannten Gründen die erhaltenen analogen Messwerte digitalisiert und mittels Impulstelegramm an eine Zentrale gegeben. Von dieser Zentrale können an die oft weit entfernten Stationen Befehle zur Prüfung der Anlage gegeben werden. Nach Ablauf eines Prüfprogrammes wird von der Datenübertragungsanlage ein Telegramm übermittelt und mit dem OSCILLOMINK aufgezeichnet. Das Aussehen dieses Telegrammes ist bekannt und kann mit dem empfangenen Telegramm verglichen werden, um das fehlerfreie Arbeiten zu überprüfen.

Die an das Registriergerät gestellten Anforderungen bei der Aufzeichnung von Impulstelegrammen werden von der Telegraphiergeschwindigkeit, also von der Geschwindigkeit der übermittelten Daten, bestimmt.

Die Telegraphiergeschwindigkeit ist definiert mit:

$$V_s = \frac{1}{a_s} \quad (\text{Baud}) \text{ oder } (1/\text{sec})$$

a_s = der kleinstmögliche zeitliche Abstand Pause oder Impuls

Mit dem Prüfgerät für Fernmeßanlagen können beliebige Impulstelegramme eingestellt und ausgegeben werden. Jedes Impulstelegramm beginnt mit einem Synchronisierzeichen dann folgen die einzelnen Informationsworte, welche die einzelnen Daten übertragen. Wir haben das Impulstelegramm so eingestellt wie dies Bild 1 zeigt

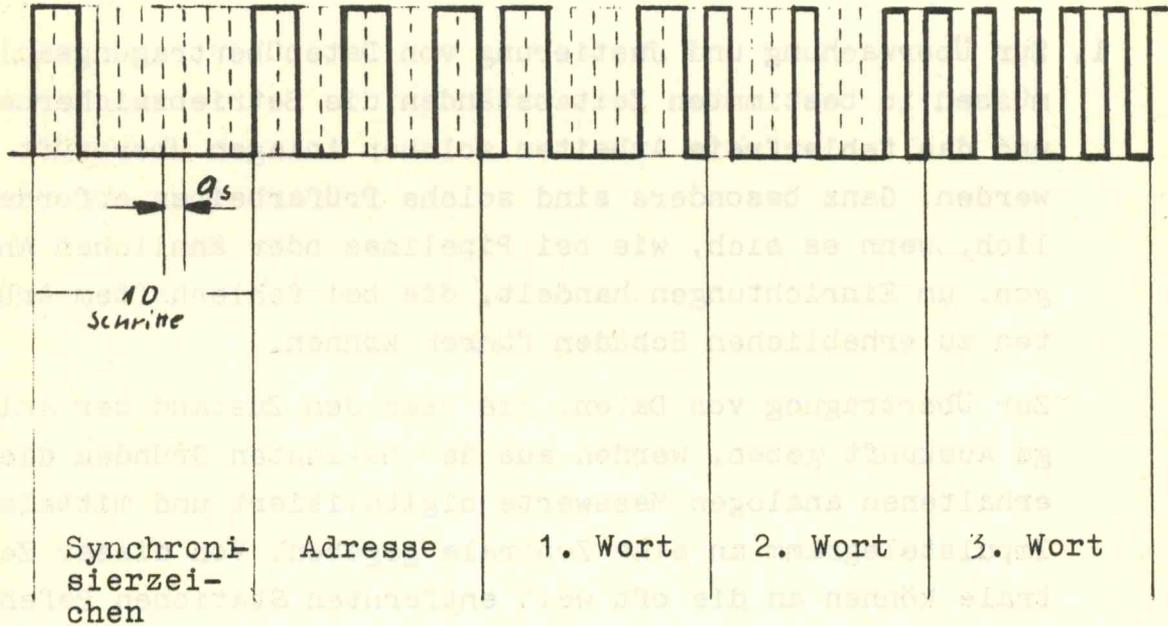


Bild 1

Die höchsten Anforderungen an das Registriergerät bestehen dann, wenn abwechselnd je 1 Schritt Impuls - kein Impuls aufgezeichnet werden muß. Wie in Bild 1 dargestellt, haben wir neben Impulsen und Pausen von einem Schritt Länge auch solche von 2 und 3 Schritten in der Länge aufgezeichnet, um zu zeigen, daß auch bei sehr hohen Telegraphiergeschwindigkeiten, obwohl die Impulsform nicht mehr ganz sauber

gezeichnet wird zu erkennen ist, ob der Impuls kommt und wie lange (1 oder mehrere Schritte) er ist. An Hand der 3 verschiedenen Original-OSCILLOMINK-Oszillogramme erkennt man, daß Telegraphiergeschwindigkeiten bis max. 1200 Baud aufgezeichnet werden können. Diese Telegraphiergeschwindigkeit stellt die Aufzeichnungsgrenze dar. 1200 Baud - ein Schritt Impuls, ein Schritt-Pause - bedeuten eine Rechteckfrequenz von 600 Hz, dies ist die Grenze der Leistungsfähigkeit des OSCILLOMINK für Rechtecksignale.

2. Die Erfassung der Kenngrößen in der Antriebstechnik elektrischer Maschinen ist heute bei der vielfältigen Einsatzmöglichkeit elektrischer Antriebe zur Anpassung notwendig. Schnelles Hochlaufen auf eine vorgegebene Drehzahl bei Antrieben von Werkzeugmaschinen, Begrenzung des Anlaufstromes bei schwer anlaufenden Kalandern, möglichst gleichbleibende Drehzahl bei wechselnder Last sollen hier stellvertretend für die vielen Aufgaben der Antriebstechnik genannt werden. Zur Verdeutlichung der guten Einsatzmöglichkeit des OSCILLOMINK für diesen Aufgabenbereich haben wir wie in Bild 2 dargestellt die
Netzspannung
Motorstrom
Motordrehzahl

eines Papierantriebsmotors für ein Registriergerät aufgezeichnet. Je nach Phasenlage ist der max. Einschaltstrom 2,6 A. Das bedeutet bei einem Dauerstrom von 0,24 A ein Anlaufstromverhältnis von fast 11. Da der erhöhte Anlaufstrom jedoch nur kurzzeitig ca 160 ms dauert, ist eine Überbeanspruchung nicht zu befürchten.

Der Anlauf bis zur Erreichung der Nenndrehzahl dauert ca. 0,8 s.

Die Netzspannung ist so stabil, daß durch den Einschaltstoß kein meßbarer Spannungsverlust auftritt.

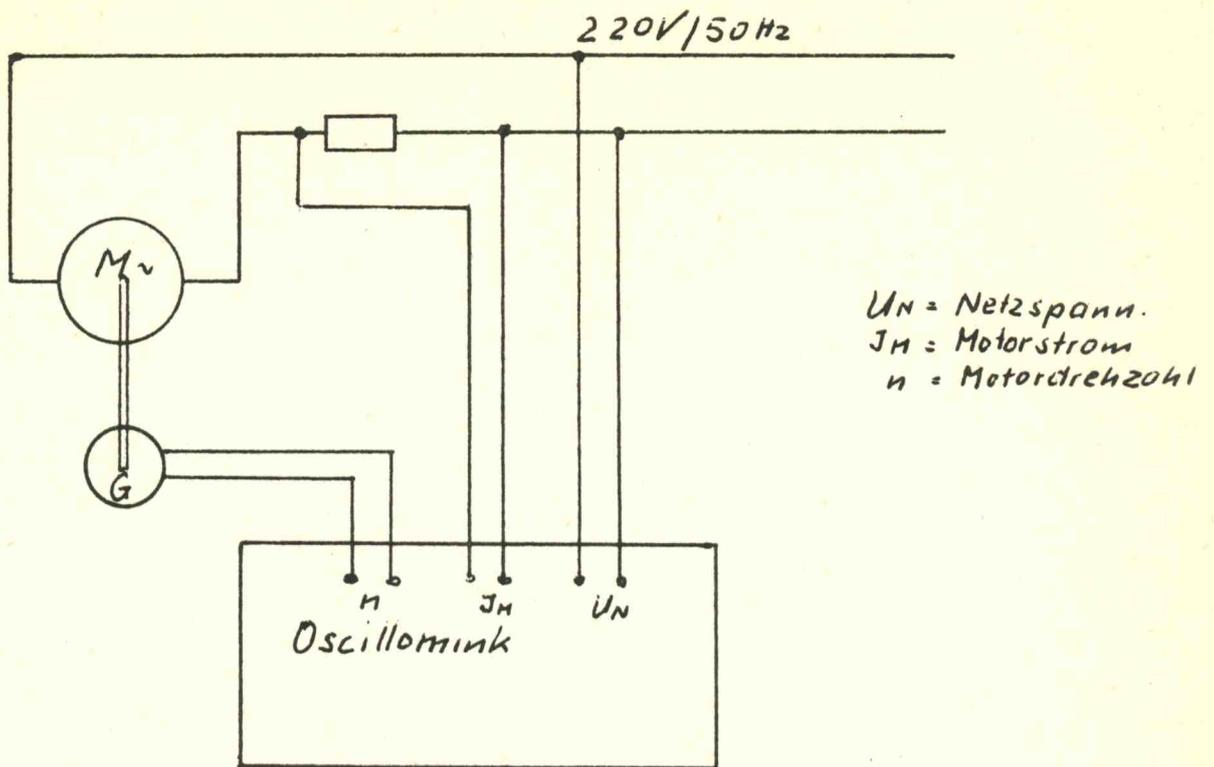
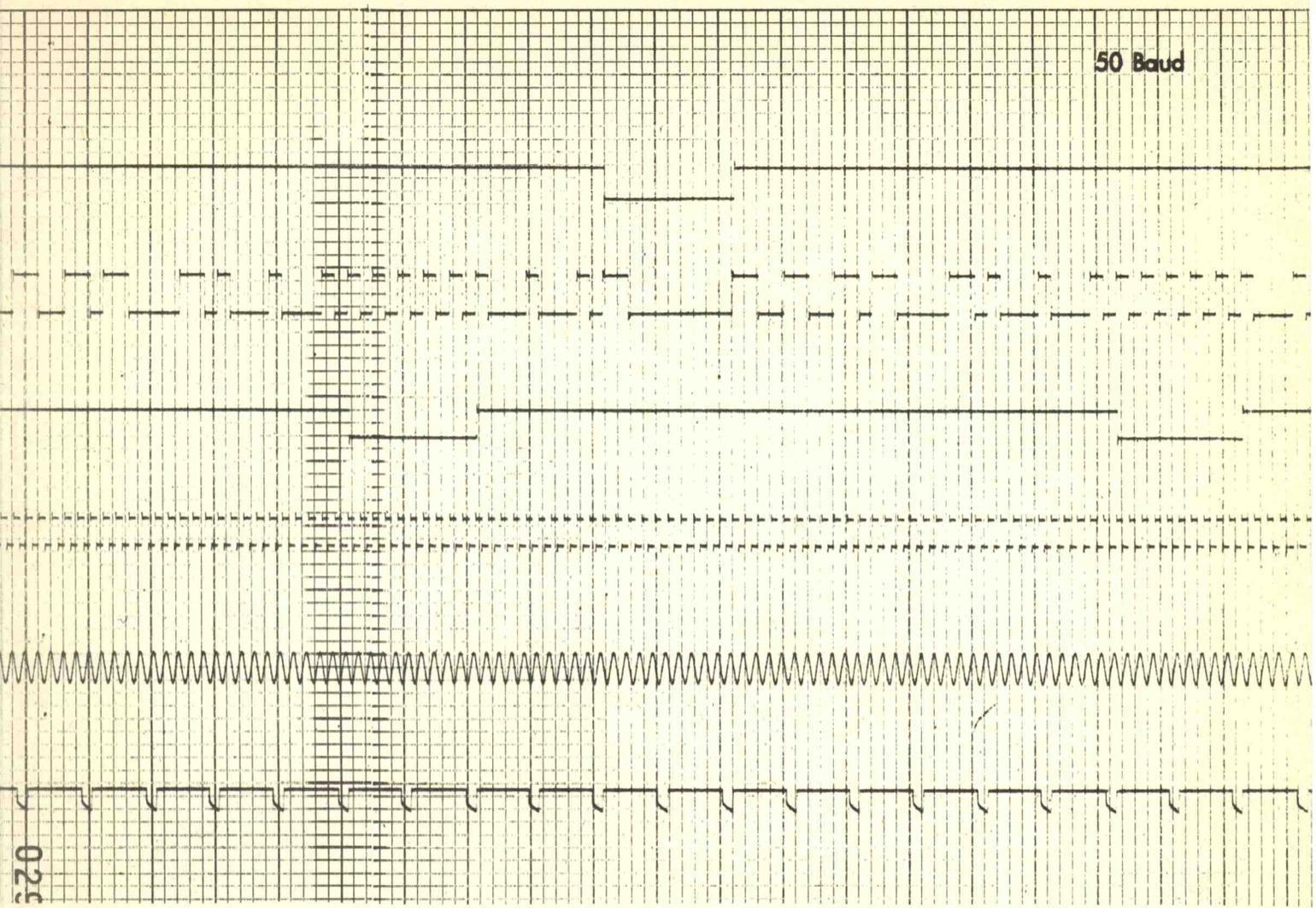
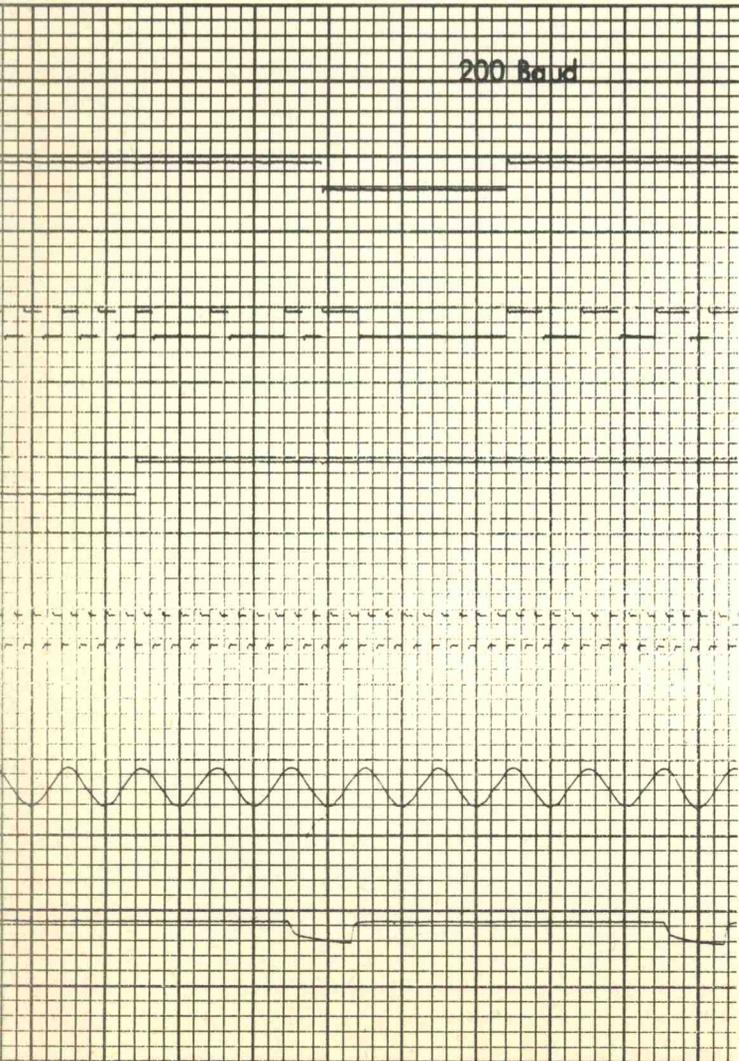


Bild 2

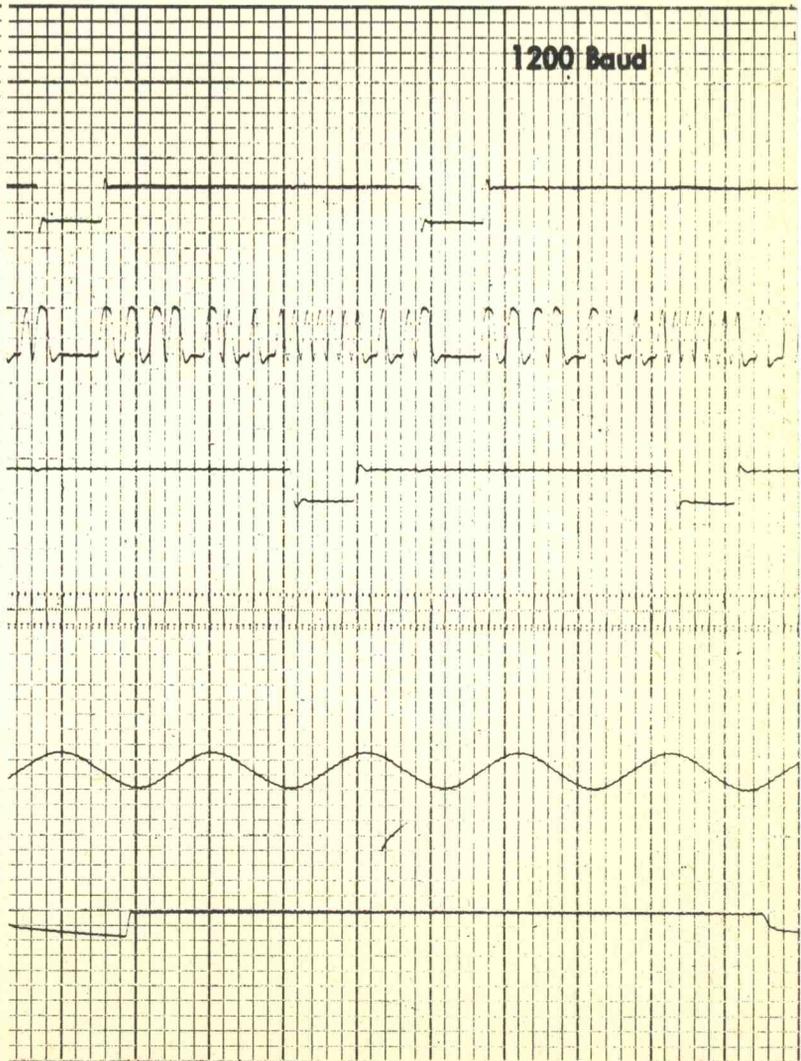
50 Baud

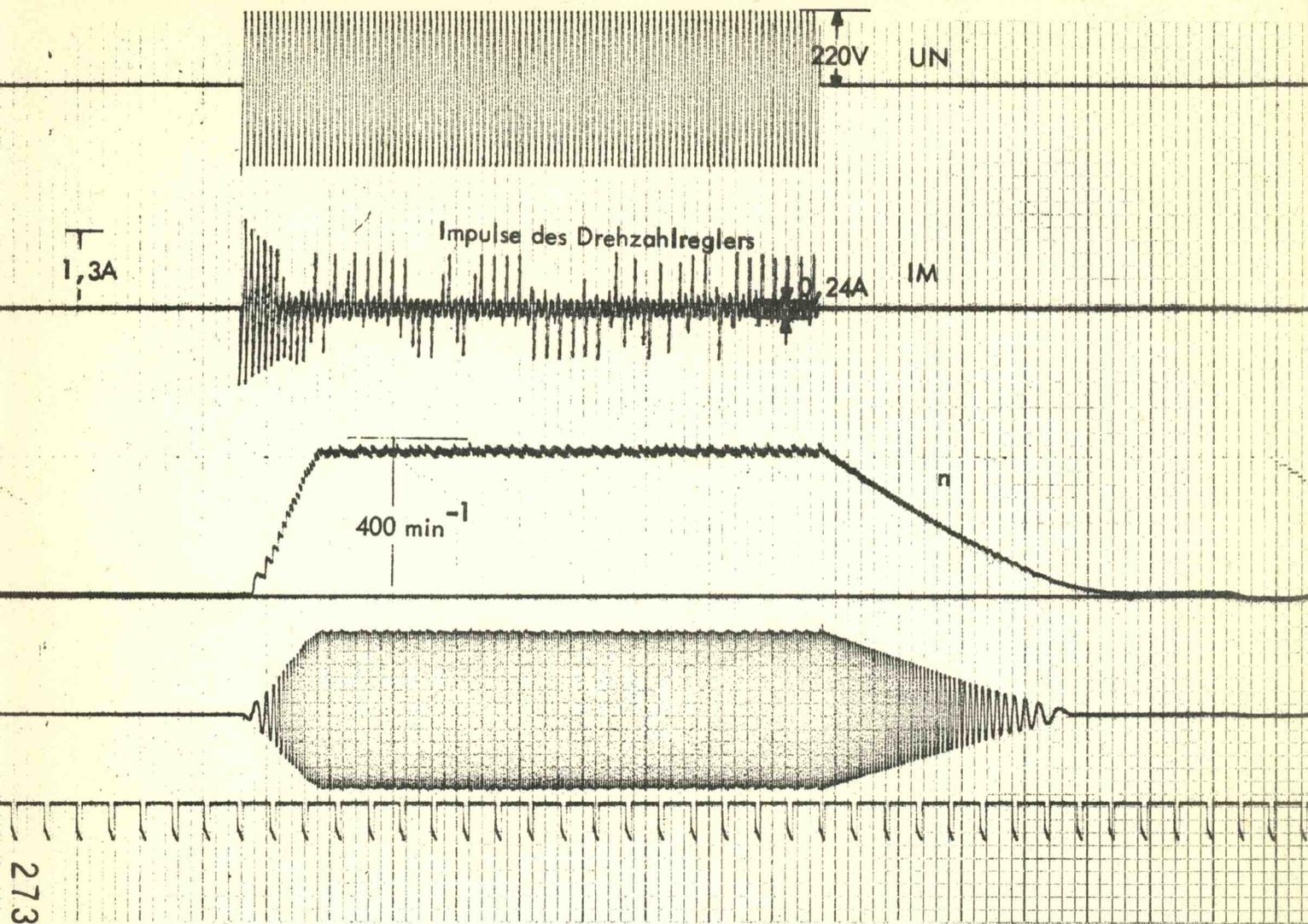


200 Baud



1200 Baud





Einsatz des OSCILLOMINK für automatische Einwiegemaschinen

Eine technisch und sicherlich auch geschäftlich interessante Einsatzmöglichkeit für den OSCILLOMINK bietet sich bei Messungen an automatischen Einwiegemaschinen.

Zur Erfassung des Gewichtes bei Konsum- und Massengütern z.B. Lebensmittel, die nach den gesetzlichen Bestimmungen eine ganz bestimmte Gewichtstoleranz einhalten müssen, dienen die automatischen Wiegeeinrichtungen. Mit diesen Geräten kann das Gut während des Transportes gewogen werden, ohne daß hierfür menschliche Bedienung erforderlich ist. Im Zuge der Automatisierung sind solche Anlagen in steigendem Maße erforderlich.

Wie in Bild 1 dargestellt, wird das zu wiegende Gut über ein Transportband zur Waage gebracht. Das Transportband ist aus unsteifem Material hergestellt und so lose gespannt, daß das Gewicht des Gutes auf der Waage dadurch nicht verfälscht wird. Fällt das Gut auf die Wiegeplatte, dann muß die Dämpfung so

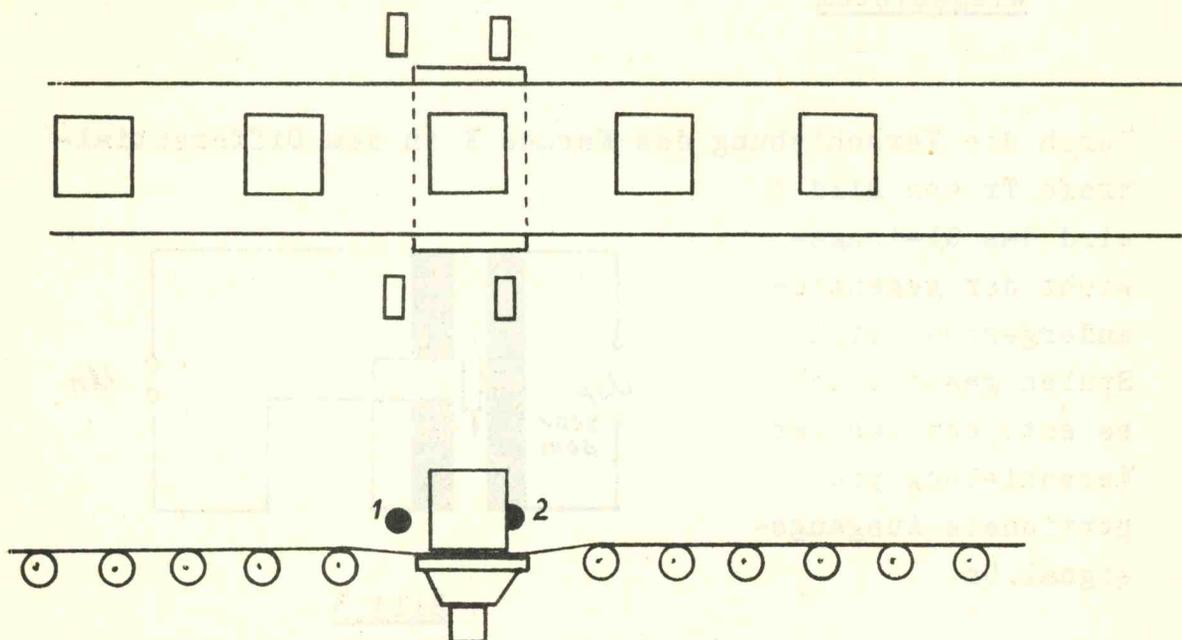


Bild 1
Automatische Einwiegeanlage

eingestellt sein, daß nach der kürzestmöglichen Zeit der Wert des Gewichtes ansteht. Nach Passieren des Gutes an der Fotozelle 2 wird das zu diesem Zeitpunkt anstehende Signal von einer Kontrolleinrichtung erfaßt, auf die zulässigen Toleranzen geprüft und entweder weitergeleitet oder ausgeschieden.

Bild 2 zeigt den Aufbau des Wiegesystems zur Umwandlung des Gewichtes in ein proportionales elektrisches Signal. Wirkt das Gewicht G auf die

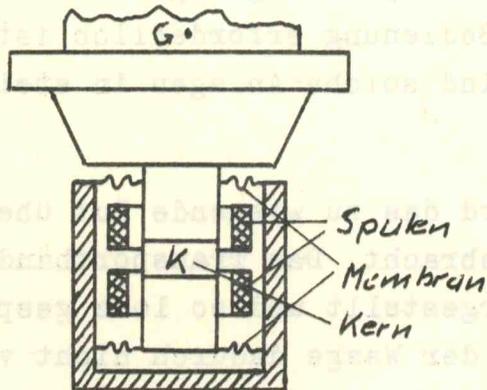


Bild 2
Wiegesystem

Membrane M, dann biegt sich diese durch. Durch entsprechende Dimensionierung der Membrane erreicht man einen linear proportionalen Zusammenhang zwischen Verschiebung und dem Gewicht des zu messenden Gutes.

Durch die Verschiebung des Kernes K in dem Differentialtrafo Tr von Bild 3 wird das Gleichgewicht der gegeneinandergeschalteten Spulen gestört und es entsteht das der Verschiebung proportionale Ausgangssignal U_n .

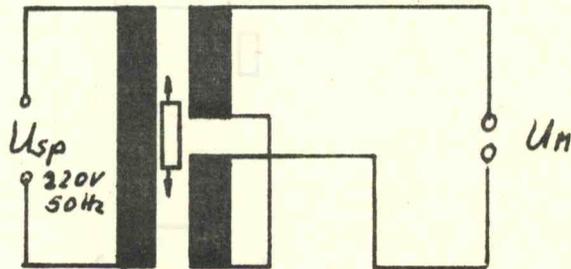


Bild 3
Schema des Differentialtrafos

Bei dieser Schaltung ist nicht zu erkennen, ob auch, wenn diese gleichgerichtet ist, von einer positiven oder negativen Verschiebung des Kernes K hervorgerufen ist. Hierzu wäre eine Spezialschaltung notwendig. Da aber das Gewicht

eines Körpers in dem beschriebenen Anwendungsfall stets in der gleichen Richtung wirkt, ist das kein Nachteil.

Die Durchführung möglichst vieler Messungen (Wiegungen) in einer bestimmten Zeit erfordert die Einstellung der Dämpfung des Wiegesystems auf einen ganz bestimmten Wert. Das Wiegegut, was auf das Wiegesystem fällt, sollte deshalb möglichst rasch zur Ruhe kommen und am Ausgang das dem Gewicht proportionale Signal abgeben. Da aber das Wiegesystem, wie aus Bild 2 genau zu ersehen, ein schwingungsfähiges System ist, muß gedämpft werden. Bei verschiedenen Dämpfungen muß dann der Verlauf des Ausgangssignales erfaßt werden. Bekanntlich ist die kürzestmögliche Einstellzeit bei aperiodischer Dämpfung zu erreichen, genau wie bei den Messwerken der Licht- und Flüssigkeitsstrahloszillographen.

Es ist leicht einzusehen, daß zwischen den in Bild 4 dargestellten zwei Dämpfungszuständen ein solcher liegen wird, der eine kürzeste Einstellzeit des Wiegesystems erlaubt. Mit einer sehr sinnvollen Anordnung zur Veränderung der Öldämpfung kann die kürzeste Einstellzeit des Wiegesystems ermittelt werden.

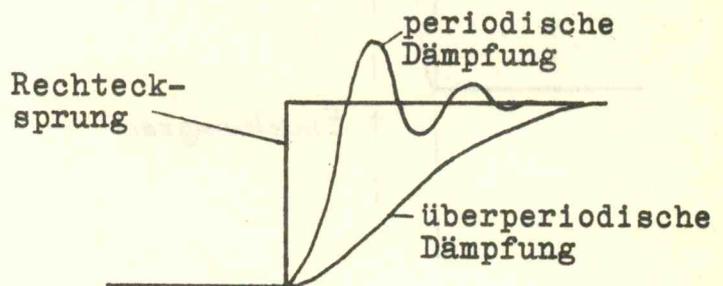


Bild 4

Hierzu werden das Ausgangssignal des Wiegesystems und das Signal der Fotozelle 2 auf den OSCILLOMINK geschaltet. Auf das Wiegesystem werden anschließend das zu wiegende Gut geworfen u. gleichzeitig werden die Ausgangssignale der Fotozelle u. des Wiegesystems aufgezeichnet. Die richtige Dämpfung hat man erreicht, wenn diese aperiodisch verläuft, wie dies auf 5 zu erkennen ist. Mit Hilfe des Einstellmechanismus für die Dämpfung wird diese so lange geändert bis man Oszillogramme entsprechend der

Abbildung 5 erhält.

Die Direktschrift
der breite Frequenzbereich
und das billige Verbrauchsmaterial
machen es möglich, daß die Dämpfungseinstellung schnell
durchgeführt bzw. bei Störung rasch der Arbeitsablauf der
Wiegeanlage überprüft werden kann.

Die schnelle Überprüfung ist aber wegen der hohen
Betriebskosten solcher Anlagen besonders wichtig.

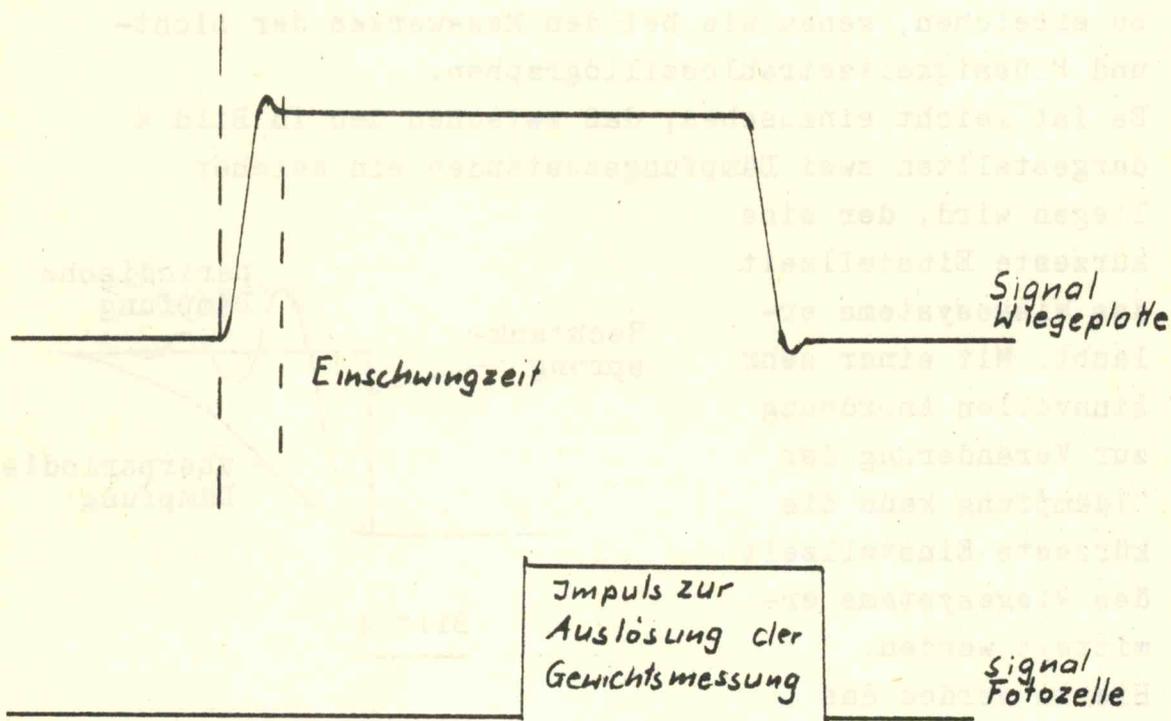


Bild 5

Oszillogramm der richtig eingestellten
Wiegeanlage

