

3.4. Meßgeräte für Geräusch- und Schwingungsuntersuchungen

Bei der Messung von Schwingungen (und den oft daraus resultierenden Geräuschen) bedient man sich bereits der vorgestellten Meßprinzipien für die Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsmessung. Da der Schwingweg hierbei auf eine bestimmte Amplitude begrenzt bleibt, ergeben sich gewisse Vereinfachungen einerseits und zum anderen kann man die mathematischen Umrechnungen benutzen.

Da es sich hierbei um echte dynamische Messungen handelt, muß man auf das Verhalten — beginnend bei den Meßwertaufnehmern bis zu den Auswerteinrichtungen — achten, um Fehler zu vermeiden. Besonders auch unter diesen Gesichtspunkten sollen die Verfahren nochmals dargelegt werden. Bedeutung haben für diesen Zweck natürlich elektrische Verfahren, aber es gibt hierfür auch einige recht weit entwickelte mechanische Meßgeräte mit Registrierung, die noch genannt seien. Zur Schwingweganalyse hat sich der Tastograf recht gut bewährt, er gestattet es, durch Zwischenschalten von Getriebenen Wege von 0,0025 mm bis 20 mm auf Wachspapieren, die durch federgetriebene oder elektrisch getriebene Laufwerke bewegt werden, aufzuzeichnen. Die obere Grenzfrequenz für eine fehlerfreie Abbildung wird mit 250 bis 300 Hz angegeben. Die Dynamik läßt sich durch Annahme einfacher Feder-Masse-Systeme annähernd erfassen, auf Einzelheiten kann hier nicht weiter eingegangen werden, es sei auf die Fachliteratur verwiesen [20] [21].

Ähnlich aufgebaut, aber noch mit vielen Zusatzeinrichtungen ausgerüstet, ist die Universalmeßeinrichtung der Metallwerker KG Meerane. Für den rauen praktischen Betrieb sind derartige Meßeinrichtungen nicht immer

geeignet und die Dynamik ist vielfach nicht ausreichend (Eigenfrequenzen liegen schon bei einigen Hz), so daß auch diese Geräte an Bedeutung verloren haben.

Wenden wir uns den elektrischen Meßverfahren zu. Die ältesten arbeiten mit piezoelektrischen Beschleunigungsmeßgebern und hierzu entwickelten Verstärkern bzw. direkt hierfür vorgesehenen Schwingungsmeßplätzen. Sie haben entsprechende Ausgänge für Meßschleifen- und Filteranschluß (600 Ohm) und sind mit Effektivwertmessern und Kathodenstrahloszilloskopen zum Auswerten ausgerüstet.

Da beim piezoelektrischen Effekt entsprechend einer mechanischen Belastungsänderung eine proportionale Ladungsmenge erzeugt wird, ist bei der Messung der ladungsbedingten Spannung einiges zu beachten. Da jeder Meßvorgang mit Verbrauch von Energie verbunden ist, wird auch bei der Messung der Ladung proportionale Spannung auf einem Kondensator eine bestimmte Ladungsmenge verbraucht (d. h. die Messung ist also nicht rückwirkungsfrei!). Bei der Schwingbewegung werden jedoch im Gegensatz zu statischen Messungen bei jedem Lastwechsel neue Ladungen erzeugt. Eine seismische Masse erzeugt die Lastwechsel, die den Trägheitskräften bei Beschleunigungen entsprechen. Es gilt nun darauf zu achten, daß die Schwingfrequenz höher ist als die Geschwindigkeit des Ladungsabfalls, das ist gewährleistet, wenn die Zeitkonstante $\tau = RC$ viel größer ist als die Schwingungsdauer $T = 1/f$. Hierbei ist R die Größe des resultierenden Widerstands und C die resultierende Schaltkapazität entsprechend Bild 27 und f die Frequenz der untersuchten Schwingung. Es gibt somit eine durch den Geber und das Gerät bedingte untere Grenzfrequenz, oberhalb der erst fehlerfrei gemessen werden kann. Eine obere Grenzfrequenz ergibt sich aus dem Schwingungsverhalten der Geber. Solange die Ladung proportional der Kraft der seismischen Masse und damit der Beschleunigung ist, haben wir es mit einem echten Beschleunigungsgeber zu tun.

Da die seismische Masse mit ihrer Befestigung, die ja elastisch ist, ein Schwingungssystem darstellt, gilt der Zusammenhang $U_M = Kma$ nur unterhalb der Eigenresonanz

$$f_e \approx \sqrt{\frac{1}{mc}}$$

wenn c die Federsteife der Aufhängung der Masse ist. Die Resonanzfrequenz als obere Frequenzgrenze und die untere Frequenzgrenze aufgrund des Isolationswiderstands werden vom Hersteller angegeben. Die Frequenzgrenzen können jedoch auch durch die weiteren Meßeinrichtungen bestimmt sein. Da ist zunächst der notwendige Verstärker mit seinem endlichen Eingangswiderstand R_e . Um diesen Widerstand recht hoch zu halten und um eine niederohmige Registrierung aussteuern zu können, sind für diese Aufgaben bestimmte elektronische Baustufen im Verstärker üblich,

* Sektion Landtechnik der Universität Rostock (Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. CHR. EICHLER)

¹ Teil I H. 5, S. 223; Teil II H. 6, S. 291; Teil III H. 7, S. 338; Teil IV H. 8, S. 382; Teil V H. 9, S. 432

(Schluß von Seite 535)

Das Luftvolumen der bearbeiteten Schicht wurde sowohl durch den Z- als auch durch den 25-H-8-Körper bei einer Pfluggeschwindigkeit von 12 km/h gegenüber 4 km/h verringert. Während es jedoch beim Z-Körper um etwa 9 Prozent abnahm, betrug die Verringerung beim 25-H-8-Körper nur ≈ 5 Prozent. Das Feuchtevolumen war nicht eindeutig beeinflusst.

Die Ergebnisse zeigen, daß sich eine erhöhte Arbeitsgeschwindigkeit beim Einsatz spezieller Pflugkörperformen vorteilhaft auf die Bodenlagerung und Oberflächengestaltung einer Saatzfurche auswirken kann. Es wird jedoch gleichzeitig deutlich, daß höhere Fortschrittgeschwindigkeiten eine bessere Krümelung des Bodens durch den eintretenden Sortiereffekt vortäuschen können. Die für das Pflügen mit erhöhten Geschwindigkeiten zu entwickelnden Pflugkörperformen müssen auch bei 10 bis 12 km/h die gleichen Arbeitseffekte erreichen wie die Standardkörper bei der bisher in der Praxis üblichen Fortschrittgeschwindigkeit von 5 bis 7 km/h.

Literatur

- [1] BOSSE, O. / R. HERZOG / K. SEIDEL: Einarbeitung von Stroh und Pflanzenmaterial mit verschiedenen Werkzeugen. Dtsch. Agrartechnik, 20 (1970), H. 2, S. 92 bis 95
- [2] BOSSE, O.: Untersuchung der Arbeit verschiedener Bodenbearbeitungswerkzeuge auf anlehmigem Sandboden. Dissertation, Berlin (1969)
- [3] FEUERLEIN, W.: Die Beurteilung des Pflügens. Landbauforschg. Völkensrode 16 (1966), H. 1, S. 31 bis 36
- [4] BOSSE, O. / R. HERZOG / K. SEIDEL: Untersuchung der Arbeitseffekte verschiedener Bodenbearbeitungswerkzeuge. Albrecht-Thaer-Archiv, 14 (1970), H. 7, S. 677 bis 690 A 7989

Bild 27. Schaltbild einer piezoelektrischen Meßeinrichtung zur Bestimmung der Zeitkonstanten des Ladungsabfalls: a Geber, b Leitung, c Meßgeräteingang

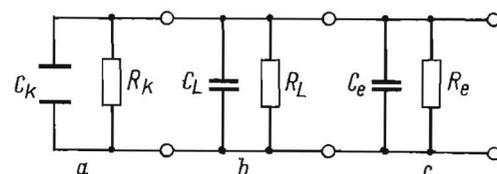
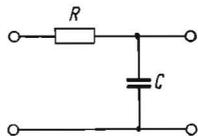


Bild 28. Einfaches elektrisches Integrierglied



auf die nicht weiter eingegangen werden soll. Für den Anwender ist auch nur wichtig, daß er die angegebenen unteren und oberen Grenzfrequenzen beachtet und hierbei nötigenfalls den Eingangswiderstand entsprechend Bild 27 berücksichtigt. Eventuell ist auch zu beachten, wie groß die Kapazität am Eingang wird mit den zwischengeschalteten Leitungen. Da die meßbare Spannung mit der erzeugten Ladung Q entsprechend der Beziehung für einen Kondensator $U_C = Q/C$ ist, verringert sich die Empfindlichkeit, wenn sich die Kapazität C gemäß Bild 27 merklich vergrößert. Allerdings ist die Kapazitätsvergrößerung günstig für die untere Grenzfrequenz, so daß man bei ausreichender Empfindlichkeit bzw. Verstärkungsmöglichkeit gerne davon Gebrauch macht.

Da man bei Schwingungsgrößen aber auch die Geschwindigkeit oder den Schwingweg benötigt, werden in hierfür vorgesehenen Verstärkern Integriergliedern eingebaut, denn durch einmaliges Integrieren erhält man aus dem Beschleunigungsverlauf den Verlauf für die Geschwindigkeit und bei zweimaliger Integration den des Schwingwegs. Da die elektrischen Integriergliedern z. B. nach Bild 28 erst oberhalb der angegebenen Grenzfrequenz ausreichend genau arbeiten, ergibt sich für den Betrieb mit Integration ebenfalls noch eine untere Frequenzgrenze entsprechend den vorgesehenen Bauelementen. Eine Zusammenfassung der genannten Bauelementen enthalten die Schwingungsmeßplätze des VEB Meßelektronik Dresden. Beim Arbeiten mit diesen Geräten ist noch zu beachten, daß man die durch Spannungsteiler wählbaren Empfindlichkeiten so einstellt, daß die Verstärkerstufen nicht übersteuert sind, da sonst Verzerrungen auftreten. Durch Einhalten der maximal zulässigen Ausgangsgröße (Spannung, bzw. Schleifenstrom) ist das leicht erreichbar.

Neben den piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern gibt es solche mit induktiven Meßfühlern und mit Halbleiterdehnmessstreifen. Dabei wird ebenfalls die Auslenkung einer federgefestelten Masse zur Anzeige ausgenutzt (Bild 29). Der Vorteil dieser Aufnehmer ist, daß auch statische Beschleunigungen bzw. solche mit sehr niedriger Frequenz gemessen werden können. Die etwas größeren Abmessungen vor allem bei den induktiven Fühlern sind nachteilig, zumal auch die obere Grenzfrequenz, die wieder unterhalb der Eigenresonanz liegt, niedriger wird. Die besondere Eignung liegt also bei niederfrequenten Schwingungen, die auch bei Landmaschinen am häufigsten auftreten. Als Meßgeräte werden Trägerfrequenzdehnungsmeßanlagen benötigt, die für den Anschluß geeignet und vorbereitet sind. Die mit Halbleitermessstreifen ausgerüsteten Fühler jedoch können auch mit Gleichspannung betrieben werden, was besonders zu empfehlen ist bei Meßfrequenzen über 1 kHz und Verwendung des für die hohen Frequenzen bis 1,5 kHz vorgesehenen Typs. Mit diesen Meßgeräten können die schon anderweitig genannten Registriergeräte betrieben werden, so daß sich der zeitliche Verlauf anhand der Meßschriebe analysieren läßt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, Filter mit 600 Ohm Wellenwiderstand zwischenzuschalten, um bestimmte Frequenzen für die Analyse herausfiltern zu können.

Vielfach genügt es im eingeschwungenen Zustand, wenn man die Schwingfrequenzen kennt, die Amplitude zu messen. Die hierfür vorgesehenen Meßgeräte (Röhrenvoltmeter) sind als Effektivwertmesser ausgeführt, was, wie unter 1.3.3 begründet wurde, zu beachten ist.

Zur direkten Schwinggeschwindigkeitsmessung bietet sich die Ausnutzung des Induktionsgesetzes an. Wird ein Dauer-

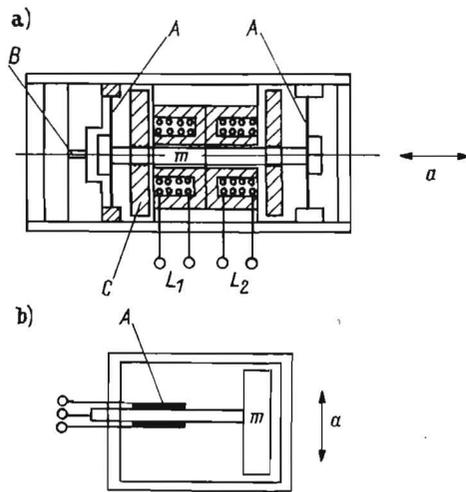


Bild 29. Prinzipien eines Beschleunigungsaufnehmers. a) mit induktivem Fühler; A Membran-Federn. B Dämpfungskanal, C Queranker (seism. Masse) b) mit Halbleiterdehnmessstreifen A

magnet relativ zu einer Spule oder auch ein ferromagnetischer Körper im magnetischen Fluß bewegt (z. B. ein ferromagnetisches Konstruktionsteil gegenüber einer Spule mit Dauermagneten), so wird eine Spannung induziert, die der Relativgeschwindigkeit proportional ist. Die Spannung kann dann einem Verstärker bzw. einem Schwingungsmeßplatz zugeführt werden. Vom Werk für Meßelektronik Dresden wird ein berührungsloser magnetischer Geschwindigkeitsaufnehmer produziert, der also bei einer Schwingbewegung eines ferromagnetischen Teils (wobei der Magnetismus durch Auflegen eines künstlichen Plättchens erzeugt werden kann) zur berührungslosen Messung einsetzbar ist.

Für die Schwingwegaufnehmer gilt ebenfalls das für die bereits vorgestellten Wegaufnehmer Gesagte. Schwierigkeiten können bei höheren Frequenzen auftreten, da dann eine starre Verbindung zwischen dem eigentlichen beweglichen Meßkörper im Aufnehmer und dem schwingenden Konstruktionsteil nicht mehr immer gewährleistet ist (Elastizität oder Eigenschwingungsverhalten). So muß das schwingungstechnische Verhalten z. B. des Taststiftes eines induktiven Fühlers oder des eingespannten Trägers in einem Fühler mit Halbleiterdehnmessstreifen beachtet werden. Man muß hier weit unter der Eigenfrequenz arbeiten. Es ist dann eventuell günstiger, mit beschleunigungsempfindlichen Aufnehmern zu arbeiten, die für hohe Frequenzen geeignet sind, und dann zweimal zu integrieren, da das bei hohen Frequenzen mit nur geringem Fehler möglich ist. Mit kapazitiven Fühlerkonstruktionen und besonderen Brückenschaltungen bei hoher Frequenz der Speisespannung lassen sich Fühleranordnungen schaffen, die recht hochfrequente Schwingwegmessungen zulassen [22].

Bei Rotationsschwingungsmessungen lassen sich bei entsprechendem Anbau auch die bereits vorgestellten Prinzipien und Aufnehmer einsetzen. Schwierigkeiten bereitet jedoch dann oft die Schleifringübertragung, so daß hier besondere Verfahren entwickelt wurden, die eine drahtlose Übertragung zulassen. Außerdem kann man solche Prinzipien anwenden, die eine Meßspannung im feststehenden Teil erzeugen. Hierfür kommen also in Frage: Tachometergeneratoren, Unipolarmaschinen oder berührungslose magnetische Aufnehmer, oder aber lichtelektrische Impulsgeberanordnungen, die bestimmte Winkelstellungen anzeigen, aus denen sich dann die anderen Größen ableiten lassen.

Zum Abschluß dieses Abschnitts ist nur noch die Meßtechnik bei Geräuschanalysen zu erläutern. Die Bedeutung von Geräuschanalysen besteht heute und in Zukunft ver-

stärkt nicht nur in der Angabe von Werten über zulässige oder unzulässige Geräusche aufgrund der physischen Belastung von Menschen, sondern darin, daß man versucht, aus den Geräuschen auf den Betriebszustand der Maschinen zu schließen. Diese Entwicklung steht erst am Anfang, in dieser Hinsicht ist noch viel Untersuchungsarbeit zu leisten. Es müssen vor allem besondere Bewertungsmethoden und Methoden der Trennung der Teilgeräusche in frequenzmäßiger und zeitlicher Staffelung gefunden werden. Auch statistische Auswertmethoden versprechen Erfolge.

Für diese Aufgaben bieten sich wieder die elektrischen Verfahren an, wegen der guten Umwandlungsmöglichkeiten von Schallschwingungen und Körperschallschwingungen in elektrische Spannungen und wegen der anschließenden Auswertverfahren mit elektronischen Geräten.

Für die Körperschallschwingungen eignen sich die Meßeinrichtungen der Schwingmeßtechnik, jedoch kommt es hierbei vielfach auch auf die hohen Frequenzen an. Bei der Messung der Schallgeräusche bedient man sich der verschiedensten Methoden und Mittel, die aus der Rundfunktechnik bekannt sind, wie Mikrofone und anschließende elektronische Verstärkung. Nur sind für diesen Zweck höhere Ansprüche an die Geräte hinsichtlich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit zu stellen. Bei Angabe von Geräuschen (Geräuschpegeln) ist es üblich, diese nach der Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs zu bewerten, so daß die An-

zeigeräte dann einen ganz speziellen Mittelwert angeben. Diese Dinge und die Zusammenhänge der Akustik, die es bei diesen Untersuchungen zu beachten gilt, können nicht mehr dargelegt werden, es sei auf die Literatur verwiesen (z. B. [23]).

Schlußbemerkungen

Diese Beitragsserie sollte und konnte kein Lehrgang in Meßtechnik sein, sie sollte lediglich den Leser anregen, dieses oder jenes Problem einmal durch meßtechnische Untersuchungen zu beleuchten. Vielfach bedarf es ja nur eines Anstoßes, um die Scheu vor dem Ungewohnten zu überwinden, und das kann durch einige Kenntnisse immer am besten erfolgen. Der zweite Schritt — das Einarbeiten — ist dann nur noch halb so schwer.

Literatur

- [20] EGGERT, H.: Systematische Meßwertverfälschungen bei Schwingungsaufnehmern. msr 12 (1969) H. 9, S. 358 bis 361
- [21] HOLZWEISSIG, F.: Einführung in die Messung mechanischer Schwingungen. Leipzig: Fachbuchverlag 1963
- [22] CARL, T. E.: Das zylindrische Gleitlager unter konstanter und sinusförmiger Belastung — Eine experimentelle Untersuchung. Dissertation an der TH Karlsruhe 1962
- [23] BURCKE, W.: Die Schallmeßfibel für die Lärmbekämpfung. Mindheim Verlag 1955 A 7925/V1

Neuerer und Erfinder

Neuerervorschläge

Fertigen von Rollenketten

Neuerer: Klub Junger Techniker im VEB Weimar-Kombinat, Werk Zella Mehlis

Hülsenrollmaschine, Längenmeßeinrichtung für Rollenketten und die Montageeinheit zum Bilden von Bolzengliedern sind ein System zum Fertigen von Rollenketten.

Ein wichtiges Glied in dieser Einheit ist die Längenmeßeinrichtung. Länge und Bruchlast sind festgelegte Normwerte, die die Güte und Qualität der Ketten bestimmen. So wurden bisher die Ketten, entsprechend ihrer Normlängen, mechanisch durch Handhebel aufgespannt. Durch Auflegen von Wägestücken erfolgte die Prüfung mit der Meßlast. Eine sogenannte Prüfung auf Vorbelastung konnte nicht ausgeführt werden und so ergaben sich unrealer Meßergebnisse, die sich bei der Vollbelastung im Einsatz negativ auswirkten.

Durch den Bau einer Sondermaschine konnten diese Mängel behoben werden. Das Aufbringen der Vorlast und der Meßlast erfolgt nunmehr durch eine Hydraulikeinrichtung, eine Meßuhr zeigt Last und Länge unter Berücksichtigung der Überlast und zulässigen Längendehnung an. Verdeckte Mängel, wie Härterisse und Materialfehler, spiegeln sich im Meßergebnis wider, die so ermittelten schadhafte Ketten werden ausgesondert.

Wenige Handgriffe ermöglichen die Erhöhung des Hydraulikdruckes und das Verstellen der Normlänge, so daß diese Sondermaschine in kurzer Zeit für fast alle Kettenarten und -größen umgerüstet werden kann.

Schaltkreistester PG 23; Reg.-Nr. 78/66 Rapido

Neuerer: Kollektiv im VEB Kombinat NAGEMA

Der Schaltkreistester PG 23 ist vorrangig für die Prüfung gefertigter und angelieferter Bausteine, Baugruppen und Schaltkreise bei mittleren Losgrößen bestimmt, wird aber auch vorteilhaft im Entwicklungslabor eingesetzt.

Der hauptsächliche Einsatzbereich bestimmt auch die wesentlichen Eigenschaften des Gerätes: einfache und einprä-

same Bedienung und Auswertung, Sicherung gegen Fehlschaltungen, rascher Programmwechsel für verschiedenartigste Meß- und Prüfprobleme und Betriebszuverlässigkeit.

Mit dem Schaltkreistester (Bild 1) können nun statische Parameter direkt gemessen sowie logische Verknüpfungen und Funktion statisch geprüft werden an Digital-Bausteinen mit max. 24 unabhängig anwählbaren Anschlüssen (davon bis zu 14 umschaltbare Eingänge). Mit Zusatzgeräten (Oszillograph, Signalgeneratoren u. ä.) können digitale und lineare Schaltkreise und Baugruppen dynamisch geprüft werden.

Im Gerät sind außer der internen Stromversorgung vier stabilisierte kurzschlußsichere Netzgeräte mit einstellbarer Ausgangsspannung und Polarität zur Speisung des Prüflings fest eingebaut, die über eine Kreuzschienenverteiler-Programmiermatrix an jeden Anschluß des Prüflings angeschaltet werden können.

Weitere Spannungs- und Stromquellen und -senken, die vor allem die Prüfsignale liefern, sind in Schnellwechseleinheiten untergebracht.

Bild 1. Schaltkreistester PG 23

