

Die dem Vortrag sich anschließende Diskussion ließ eine starke Zurückhaltung erkennen, die anscheinend dadurch hervorgerufen war, daß auf einer Konstrukteurtagung des Landmaschinenbaues einige Monate vorher beschlossen worden war, die Konstruktionssystematik ab 1956 obligatorisch einzuführen. Der Vortragende äußerte hierzu, daß es wohl zweckmäßig wäre, für eine schnelle Einführung zu sorgen, daß aber der Anwendung ein gründliches Studium dieser Arbeitsweise vorangehen muß. Es ist im allgemeinen nicht möglich, sofort bei Anwendung der Konstruktionssystematik Zeit einzusparen oder bessere Leistungen zu erzielen, sondern es ist notwendig, daß jeder einzelne sich bemüht, zunächst einige kleinere Aufgaben in dieser Weise zu bearbeiten, um sich in die neue Denkweise hineinzufinden. Die Beobachtung zeigt, daß jeder, der mit gutem Willen an diesen Versuch heranging, die in der Konstruktionssystematik enthaltenen Regeln und Richtlinien immer wieder anwendet. Der Ausnutzungsgrad bleibt selbstverständlich nach wie vor vom Fleiß, von der Energie und von der Begabung des einzelnen Menschen abhängig. Wer aber die Konstruktionssystematik beherrscht und wem es gelingt, die in ihr enthaltenen Hilfen auszunutzen, der wird einen fühlbaren Fortschritt erzielen.

Im Institut für Traktoren- und Landmaschinenbau Leipzig wird z. Z. eine der vorliegenden Aufgaben nach der Konstruktionssystematik behandelt und Mitte des Jahres nach Drucklegung allen Konstrukteuren als Anwendungsbeispiel zugänglich gemacht werden.

## Die Ultraschall-Technik und ihre Anwendungsmöglichkeiten

8. Kolloquium des Instituts für Traktoren- und Landmaschinenbau am 28. März 1956

Referent: Ing. R. GÖBEL, Erfurt

In den letzten Jahren wurde auf dem Gebiete des Ultraschalles sehr viel Neues geschaffen. Dabei ist die Bedeutung der Ultraschall-Anwendung in der Technik z. T. überschätzt worden. Man versuchte hier und da, dem Ultraschall Wunderdinge zuzuschreiben. Aber auch den Ultraschall-Wellen sind Grenzen gesetzt, wie beispielsweise den Röntgenstrahlen. Wohl gelingt es, gute experimentelle Ergebnisse im Labor zu erzielen, aber die Anwendung im Großbetrieb läßt sich noch nicht mit den erforderlichen, ökonomisch vertretbaren Mitteln durchführen. In den letzten Jahren sind trotzdem erfolgversprechende Großversuche mit Ultraschall im Anlaufen. Sicher ist, daß der Ultraschall aus Wissenschaft und Technik nicht mehr fortzudenken ist und daß diese junge Wissenschaft darüber hinaus gewiß noch manche Überraschung für uns bereithält.

Man bezeichnet mit Schall beliebig kleine mechanische Schwingungen oder Erschütterungen fester, flüssiger oder gasförmiger Körper zwischen 15 Hz und 16 kHz. Jenseits der Frequenz 16 kHz beginnt das eigentliche Gebiet des Ultraschalls. Technisch läßt sich heute Ultraschall bis zu Frequenzen von 100 MHz, das sind 100 Millionen Schwingungen in der Sekunde, erzeugen. Die hierbei auftretenden mechanischen, chemischen und biologischen Wirkungen beeinflussen das zu beschallende Medium. Die mechanischen Schwingungen kann man so charakterisieren, indem man sich vorstellt, daß Teilchen in der Flutrichtung der Wellen verschoben werden. Mit der Teilchenverschiebung ist eine Änderung des Druckes bzw. der Dichte verknüpft, die mit der Welle fortgetragen wird.

Schallwellen in Gasen und Flüssigkeiten bestehen daher aus Erschütterung des Mediums, diesich in Form von Druck- und Dichteänderungen nach allen Abstrahlrichtungen gradlinig fortpflanzen. Mit dieser Verdichtung und Verdünnung des Mediums sind Druckschwankungen verknüpft, die wir als Schalldruck bezeichnen. Dieser Schalldruck ist beispielsweise bei einer mittleren Ultraschall-Leistung von 6 W/cm<sup>2</sup> etwa 3 atü. Mit den modernen

### Literatur

- [1] W. BISCHOFF und F. HANSEN: Rationelles Konstruieren. Konstruktionsbücher, Bd. 5, VEB Verlag Technik, Berlin 1953. Ein Beitrag zur wissenschaftlichen Systematik und zur Rationalisierung der schöpferischen Ingenieurarbeit; die erste umfassende Darstellung der der Konstruktionssystematik zugrunde liegenden Gedanken und deren Erläuterung an Beispielen.
- [2] A. BOCK und F. HANSEN: Ein einfaches Beispiel systematischen und rationalen Konstruierens. VEB Verlag Technik. Feingerätetechnik (1953), H. 8, S. 337. Die Arbeitsweise nach der Konstruktionssystematik wird am Beispiel eines Einzelteiles, und zwar eines einfachen Doppelhebels erläutert.
- [3] F. HANSEN: Soboljew-Methode und Konstruktionssystematik. Feingerätetechnik (1953), H. 10, S. 433. Ein Vorschlag zum wirksamen Einbau der Soboljew-Methode in die Konstruktionssystematik.
- [4] A. BOCK: Konstruktionssystematik — Die Methode der ordnenden Gesichtspunkte. Feingerätetechnik (1955), H. 1, S. 4. Darstellung des systematischen Weges, die Lösungselemente einer konstruktiven Aufgabe möglichst vollständig auszuschöpfen.
- [5] F. HANSEN: Die Grundzüge der Konstruktionssystematik. Bericht über die 1. Tagung der Konstrukteure, Kammer der Technik (1954, S. 17). Ein Überblick über Wesen und Bedeutung der Konstruktionssystematik, wobei die Arbeitsweise auch an Hand des Entwurfs eines einfachen feinmechanischen Geräts erläutert wird.
- [6] F. HANSEN: Zusammenarbeit von Entwicklung, Produktion und Technologie. Bericht über die erste Tagung der Technologen. VEB Verlag Technik, Berlin 1954, S. 78. Betrachtungen über die Zusammenarbeit von Konstrukteuren und Technologen und daraus zu ziehende Folgerungen.
- [7] A. BOCK: Ein Beispiel systematischen Konstruierens — Automatische Beschickung. Feingerätetechnik (1955), H. 6, S. 246. Es wird die Aufgabe behandelt, zylindrische Werkstücke selbsttätig einer spitzenlosen Schleifmaschine zuzuführen.
- [8] A. BOCK: Ein Beispiel systematischen Konstruierens — Abstützung eines schweren Fernrohres. Maschinenbautechnik (1955), H. 7, S. 337. Es wird eine besonders gearbete Lageraufgabe mit ungewöhnlichen Lösungsmöglichkeiten behandelt.
- [9] F. HANSEN: Konstruktionssystematik. VEB Verlag Technik, Berlin 1956. Eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Regeln, Begriffe und Arbeitsmethoden. AK 2 438

Ultraschall-Geräten lassen sich heute aber Schalleistungen von 40 bis 50 W/cm<sup>2</sup> erzeugen, so daß der dabei auftretende Schalldruck bedeutend höher sein kann und Werte von 1000 atü erreicht. Eine weitere mechanische Wirkung ist die starke Erwärmung des Mediums infolge der Schallabsorption. Durch diese Schallabsorption des Mediums wird ein großer Teil der Ultraschall-Energie in Wärme überführt. Diese Erwärmung ist beispielsweise ein wichtiger Faktor bei der seit vier Jahren durchgeführten teilweise erfolgreichen Behandlung des menschlichen Körpers auf dem Gebiet des Gesundheitswesens. Der Referent erläuterte dann drei Verfahren der Erzeugung des Ultraschalls, die z. Z. in der Technik am gebräuchlichsten sind:

1. die unmittelbar der Akustik entlehnten Schallgeber in Form von verschiedenartigen Pfeifen, Sirenen und anderen mechanischen Verfahren,
2. die magnetostriktiven Ultraschallgeber, die sich des Effektes der Längenänderung eines ferromagnetischen Stabes im magnetischen Feld bedienen (Nickelschwinger),
3. die piezoelektrischen Schallgeber, die die technische Verwertung des sogenannten reziproken piezoelektrischen Effektes darstellen (Quarze, Bariumtitanatplatten).

An zahlreichen Bildern wurde den Teilnehmern der Entwicklungsgang der Erzeugung von Ultraschall-Schwingungen von der Galton-Pfeife über die Flüssigkeitspfeife von JANOVSKI und POHLMANN und die Schallsirenen bis zu den verschiedenen Ultraschall-Generatoren des In- und Auslands gezeigt.

Die Bilder gaben einen klaren Einblick in die Vielzahl der Anlagen, die zur Zeit auf dem Gebiet des Ultraschalls auf dem Markt sind. Schon heute ist eine große Anzahl von Anwendungsmöglichkeiten bekannt, wie z. B.

das Messen von Schallgeschwindigkeiten und die Absorption in flüssigen und festen Stoffen,

die Ausnutzung der dispergierenden und colloid-chemischen Wirkungen des Ultraschalls bei der Herstellung von Emulsionen, bei der Dispergierung fester Stoffe in Flüssigkeiten und bei der Spaltung hochpolymerer Moleküle.

Durch enge Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Forschungsstellen und den Entwicklungslaboratorien der RFT konnten innerhalb weniger Jahre bemerkenswerte Fortschritte auf dem Gebiet des Ultraschalls erreicht werden.

In den letzten Jahrzehnten hat die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung einen immer größeren Raum innerhalb der allgemeinen Werkstoffprüfung eingenommen. Die zerstörungsfreie Werkstoffuntersuchung mit Ultraschall wird immer häufiger angewendet, da sie gegenüber den anderen Methoden gewisse Vorteile zu verzeichnen hat. Versagt doch die in vielen Fällen anwendbare Röntgenuntersuchung dann, wenn die Materialdicke groß und die Fehlerausdehnung in Durchstrahlungsrichtung klein ist. Das Magnetpulververfahren ist zwar imstande, feinste Risse festzustellen, die Anzeige ist jedoch nur auf die obersten Materialschichten begrenzt, außerdem ist dieses Verfahren nur bei magnetischen Werkstoffen anwendbar.

Homogene feste Körper, z. B. Metalle, die bis zu verhältnismäßig hohen Frequenzen gute Schalleiter darstellen, lassen sich noch bei mehreren Metern Dicke mit relativ kleinen Energien sehr gut durchschallen. Durch die angewendeten kleinen Energien ist das Arbeiten mit Ultraschall in keiner Weise gesundheitsschädigend. Da an der Grenze von Metall und Luft der Ultraschall fast 100%ig reflektiert wird, stellt eine Werkstofftrennung, akustisch gesehen, das Ende des untersuchten Materials dar. Hierdurch können in Metallen noch Trennungen von  $10^{-6}$  mm einwandfrei nachgewiesen werden.

Die zur Zeit verwendeten Ultraschall-Untersuchungsmethoden lassen sich in vier Hauptgruppen gliedern:

1. Das Durchstrahlungsverfahren, das älteste Verfahren zur Werkstoffprüfung. Hierbei wird an einer Seite durch einen aufgesetzten Schallgeber Ultraschall in das Werkstück eingeleitet und an der gegenüberliegenden Seite mit einem Empfangsquarz die durchkommende Schallenergie gemessen. Aus der Energieverteilung über dem Werkstück kann man sich bei einiger Erfahrung ein Bild von der inneren Beschaffenheit des Materials machen.

2. Das Durchstrahlungsverfahren mit schalloptischer Abbildung, bei dem das Werkstück analog zur Röntgenprüfung zwischen einen Ultraschall-Sender und einen Bildwandler gebracht wird, der das „Schallbild“ in ein optisches Bild umsetzt. Als Koppelmedium wird Wasser oder Öl verwendet. Bei diesem Verfahren ist nicht nur wie beim ersten das Vorhandensein eines Fehlers feststellbar, sondern es kann mit ihm die Größe, Form und Tiefenlage ausgemessen werden.

3. Das Echo-Impulsverfahren zeichnet sich durch eine verhältnismäßig leichte Handhabung aus. Es liefert bei der Messung, bei der nur eine Seite des Werkstückes zugänglich sein muß, die Entfernung des Fehlers von der Stelle, an der der Schallgeber aufgesetzt wurde. Im Gegensatz zu den anderen Verfahren werden der Ultraschall-Sender und -Empfänger knapp nebeneinander aufgesetzt, oder sie sind elektrisch und mechanisch vereinigt. Da bei diesem Verfahren mit der zurückgestrahlten Energie die Anzeige durchgeführt wird, ergibt sich eine bessere Fehlererkennbarkeit als bei der Durchstrahlung. Eine Reflexion von 5% der eingestrahlten Energie ist noch gut nachzuweisen, während bei der Durchstrahlung ein Abfall der durchgestrahlten Energie von 100% auf 95% nicht festgestellt werden kann, da die wechselnde Ankopplung eine Energieschwankung auf der Empfangsseite zwischen 70 und 100% bewirkt. Die ankommenden Echos werden durch einen Oszillographen nach Größe und Laufzeit registriert. Dieses Echobild dient dann zur Feststellung des Fehlers. Da für den Ablauf des Sendevorgangs eine bestimmte Zeit benötigt wird, kann man Werkstücke, die kleiner als 3 bis 4 cm sind, nicht untersuchen. Der Echoimpuls fällt

dann mit dem Sendeimpuls zusammen. Aus diesem Grunde müssen auch bei größeren Werkstücken Fehlstellen mindestens 3 bis 4 cm von der Oberfläche entfernt sein. Dieser Nachteil läßt sich mit verschiedenen Meßhilfen z. B. Schrägschallköpfen teilweise ausgleichen.

4. Das Ultraschall-Resonanzverfahren dient hauptsächlich dazu, an nur von einer Seite zugänglichen Blechen, Rohren und Behältern die Materialdicke zu messen. Das Verfahren arbeitet mit stehenden Ultraschallwellen, die durch einen aufgesetzten Schallgeber hervorgerufen werden. Bei bestimmten Frequenzen tritt Resonanz zwischen Ultraschall und Werkstück ein, die zur Anzeige gebracht wird. Aus der Resonanzfrequenz kann man die Dicke des Materials errechnen. Außerdem werden mit diesem Verfahren in dem üblichen Maßbereich Fehlerstellen, z. B. Doppelungen ausgemessen. Der Anwendungsbereich geht nur bis zu Dicken von etwa 100 mm.

A 2459

## Raumgewicht von Stapelmist

DK 631.86

Für eine exakte Bemessung der Stallmist-Stapelfläche muß das Raumgewicht des Stallmistes bekannt sein. Die Angaben in der Literatur stimmen jedoch nicht völlig überein.

So führt z. B. KLAUDER [1] 700 bis 900 kg/m<sup>3</sup> an, während CORDS-PARCHIM [2] 700 bis 1000 kg/m<sup>3</sup> für losen Frischmist und 1500 bis 1800 kg/m<sup>3</sup> für verrotteten Stapelmist angibt.

Diese Differenzen veranlaßten uns zu einer Untersuchung, die an einem 3,15 m hohen Stapel durchgeführt wurde. Eine Schicht von 2,25 m Dicke (von oben gemessen) war 3 bis 8 Wochen alt und in ihrer oberen Hälfte relativ stark mit Rübenblatt (Futterrückstände) durchsetzt, während die darunter liegende Schicht von 80 cm Dicke etwa 7 Monate alt war. Der Mist stammte aus einem Kuhstall mit einer täglichen Einstreu von 3 bis 3,5 kg/GVE. Das Streuroh war grob gerissen.

Mit einem Silomesser wurde eine Säule mit einer Grundfläche von 1 m<sup>2</sup> aus dem Stapel herausgetrennt und in Schichten zu je 25 cm Dicke, also jeweils 0,25 m<sup>3</sup> abgetragen und gewogen und auf diese Art das Raumgewicht in Abhängigkeit von der Lagerhöhe im Stapel bestimmt.

In folgender Tabelle sind die 25 cm dicken Schichten von der Stapeloberkante aus nach unten durchlaufend numeriert. Lediglich die 13. Schicht war nur 15 cm dick.

Schicht-Nr.	Schichtalter Wochen	Raumgewicht kg/m <sup>3</sup>
1	3	700
2	4	800
3	4	750
4	5	770
5	5	740
6	6	740
7	6	820
8	7	820
9	8	840
10	25	920
11	26	900
12	27	980
13	28	1000

Aus der Tabelle geht die Abhängigkeit des Raumgewichts von der Lagerhöhe im Stapel klar hervor, während das Mistalter und damit der Rottegrad keine so wesentliche Rolle zu spielen scheinen. Als durchschnittliches Raumgewicht ergeben sich 829 kg/m<sup>3</sup>. Unter Zugrundelegung eines täglichen Stallmistanfalls von 40 kg/GVE ergibt sich bei einer Frischstapelhöhe von 3,5 m und einer halbjährigen Stallmistausfuhr eine notwendige Stapelfläche von 2,5 m<sup>2</sup>/GVE und bei einer Höhe von 3 m eine Stapelfläche von 2,9 m<sup>2</sup>/GVE.

Dipl.-Landw. M. DÖLLING, Leipzig

### Literatur

- [1] G. KLAUDER: Landwirtschaftliche Faustzahlen, 2. Auflage, Parey, Berlin und Hamburg 1948
- [2] CORDS-PARCHIM: Das Handbuch des Landbaumeisters; Das Geböft, Neumannverlag, Radebeul und Berlin 1951. AK 2431