

# Erweiterung des Arbeitsbereiches eines Universal-Pulsers auf Torsionswechselbeanspruchungen mit Schwingwinkeln bis zu $\pm 15^\circ$

Von Gerhard Vellguth, Braunschweig \*)

DK 620.1.05:620.175

Pulser sind Schwingprüfmaschinen, die in Verbindung mit Betriebsfestigkeitsversuchen dazu dienen, die Haltbarkeit von dynamisch beanspruchten Konstruktionen zu verbessern bzw. den Werkstoffaufwand bei gleicher Haltbarkeit zu senken. Aus Kostengründen wird angestrebt, Pulser zeitlich voll auszunutzen. Für dieses Ziel können Zusatzeinrichtungen von Nutzen sein, da sie die Anwendungsbreite vergrößern. Bei Torsionsbeanspruchungen und einer Prüfung von sperrigen, torsionsweichen Landmaschinen-Bauteilen reicht der Arbeitsbereich der Pulser oft nicht aus. Es wird über eine preiswerte Vorrichtung für diesen Aufgabenbereich berichtet.

## 1. Der Betriebsfestigkeitsversuch

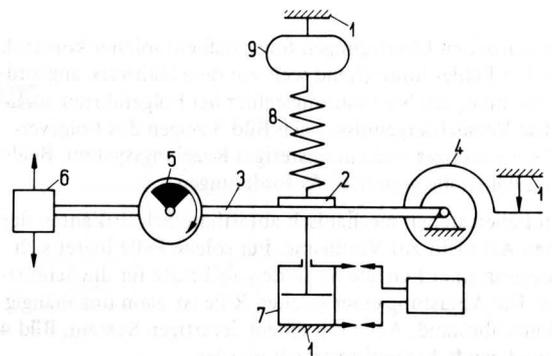
Betriebsfestigkeitsversuche beruhen auf der Erkenntnis, daß für das Versagen eines Bauteiles infolge Bruch oder Anriß nicht allein die Höhe der Beanspruchung maßgebend ist, sondern auch die Häufigkeit ihres Auftretens.

Diese Erkenntnis besagt aber auch, daß dynamisch beanspruchte Konstruktionen, die nur nach der maximalen Beanspruchung oder einer mittleren, mit einem Stoß- oder Sicherheitsfaktor multiplizierten Beanspruchung bemessen wurden, in den meisten Fällen nicht optimal den Grundsätzen des Leichtbaues entsprechen. Da der Leichtbau im weitesten Sinne mit einer Voraussetzung für wirtschaftliche Konstruktionen ist, gewinnen Betriebsfestigkeitsversuche zunehmend an Bedeutung [ 1 ].

Voraussetzung für verlässliche Ergebnisse ist die genaue Aufnahme von Höhe und Häufigkeit der Beanspruchung, und deren Verwirklichung auf den Prüfmaschinen. Versuche haben ergeben, daß es in den meisten Fällen ausreicht, sowohl bei der Aufnahme als auch der Wiedergabe nahezu gleiche Belastungshöhen in einer Belastungsstufe zusammenzufassen und ihre Häufigkeit zu addieren [ 2 ]. So entstehen Belastungsfolgen, die sich mit den Pulsern gut verwirklichen lassen.

## 2. Aufbau und Wirkungsweise der Pulser

Der Aufbau und die Wirkungsweise aller Pulser sind im Prinzip gleich und lassen sich daher am Beispiel des benutzten 200 kN-Universal-Pulsers beschreiben. **Bild 1** zeigt die wesentlichen Teile im Schema. Das Maschinengehäuse ( 1 ) bildet die feste Aufspannfläche der zu prüfenden Bauteile und der Zusatzeinrichtungen. Relativ zu dieser Fläche wird der Schwingtisch ( 2 ) bewegt, von dem die Prüfkräfte ( Lasten ) auf das zu prüfende Bauteil, die Probe, eingeleitet werden. Der Tisch befindet sich auf der federnd im Maschinen-Gehäuse gelagerten und einstellbaren Schwinge ( 3 ). Die Vorspannung der Feder ( 4 ) bestimmt die Mittelkraft der Schwingung, die bei diesem Pulser zwischen 0 und 120 kN in Zug- und Druckrichtung betragen kann. Die Schwingkraft wird durch eine Unwuchtmass ( 5 ) erzeugt, die von einem regelbaren Gleichstrommotor über eine Gelenkwelle angetrieben wird. Sie kann bis zu  $\pm 100$  kN erreichen und ist der Mittelkraft überlagert. Die Summe beider Kräfte ist auf max.  $\pm 200$  kN begrenzt.



**Bild 1.** Grundmaschine des Universal-Pulsers ( schematisch ).

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1 Maschinengehäuse | 6 Zusatzmasse       |
| 2 Schwingtisch     | 7 Hydraulikzylinder |
| 3 Schwinge         | 8 Probe             |
| 4 Feder            | 9 Kraftmesser       |
| 5 Unwuchtmass      |                     |

\*) Dipl.-Ing. Gerhard Vellguth ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig - Völkenrode.

Der Pulser arbeitet nach dem Resonanzprinzip, d. h. die Frequenz der Schwingkraft liegt wenig unterhalb der Eigenfrequenz des gesamten Schwingungssystems, welches durch die Massen der Schwin- ge, des Schwingtisches und eines Teiles der Probe und durch die Federn der Maschine und die Elastizität der Probe gebildet wird. Das hat den Vorteil, daß sich mit geringem Aufwand große Schwingkräfte erzeugen lassen. Nachteilig ist die Begrenzung des nutzbaren Drehzahlbereiches auf 600 bis 4000 1/min. Die untere Grenze wird durch die Gefahr des Mitschwingens des Maschinen- gehäuses, die obere durch die max. Drehzahl des Antriebsmotors und die Beanspruchung von Lagern und Welle der Unwuchtmasse bestimmt. Eine begrenzte Anpassung der Eigenfrequenz des Schwingungssystems und der Schwingkraft an den Drehzahlbe- reich der Erregung ist möglich durch die Anbringung von Zusatz- massen an der Schwinge bzw. die Veränderung der Unwuchtmassen.

### 3. Zusatzeinrichtungen

Zusatzeinrichtungen dienen in Verbindung mit der Pulser-Grund- einheit dazu, die Anwendungsbreite zu vergrößern. Eine oft ver- wendete Zusatzeinrichtung ist der hydraulische Langsamantrieb. Unter dem Schwingtisch ( 2 ) befindet sich ein an- und abkoppel- barer Hydraulik-Zylinder ( 7 ), der von einer getrennt aufgestell- ten Einheit versorgt und von der Meß- und Regeleinrichtung der Grundmaschine gesteuert wird. Er dient vor allem der Erzeugung großer Kräfte ( Schwingkraft bis  $\pm 160 \text{ kN}$  ) bei kleinen Frequen- zen ( bis 60 1/min ). Die max. erreichbare Formänderungsarbeit läßt sich von 400 Nm im Schnellantrieb auf 1250 Nm im Lang- samantrieb steigern. Erfordert ein Betriebsfestigkeitsversuch beide Antriebsarten, so findet die Umschaltung automatisch statt.

Als weitere Zusatzeinrichtungen sind zu nennen, ein Säulenaufbau als festes Widerlager gegenüber dem Schwingtisch, eine Spann- vorrichtung für Rundproben und eine für Flachproben, eine Warm- prüfeinrichtung, eine Wechselbiegeeinrichtung und eine Schwellbie- geeinrichtung. Sie machen es möglich, ohne oder mit wenigen zu- sätzlichen Befestigungsteilen sehr verschiedenartige Proben den unterschiedlichen Prüfungen zu unterziehen.

Torsionsbeanspruchungen, die für Landmaschinen von Bedeutung sind, lassen sich mit einer Verdreheinrichtung erzeugen. Die Pro- bengröße ist bei dieser handelsüblichen Zusatzeinrichtung auf einen Durchmesser von max. 260 mm und eine Länge von max. 1220 mm begrenzt. Der Schwingwinkel beträgt max.  $\pm 7^\circ$ . Das ist für größere und torsionsweiche Bauteile oft nicht ausreichend.

### 4. Erweiterung auf Schwingwinkel bis zu $\pm 15^\circ$

Eine Zusatzeinrichtung, mit der man den Arbeitsbereich des Pul- sers für Torsionsbeanspruchungen weiter ausdehnen kann, zeigt Bild 2. Sie ist für Probenlängen bis 2000 mm und Schwingwinkel bis  $\pm 15^\circ$  ausgelegt. Da sie aus den Einfach- und Doppelgelenken, sowie den Stützböcken der Biegeeinrichtung und einigen handels- üblichen Trägern besteht, sind die zusätzlichen Kosten gering.

Das Funktionsprinzip entspricht einem einfachen Kurbeltrieb mit Kreuzkopf. Der Schwingtisch mit der Kraftmeßdose ( 1 ) stellt die "Kolbenstange" dar, seine Hubbewegung wird vom unteren Lager ( "Kreuzkopf" ) über die Laschen ( "Pleuel" ) und das obere Lager ( "Pleuellager" ) eines Doppelgelenkes ( 2 ) in den Kastenträger ( 3 ) ( "Kurbelwelle" ) eingeleitet. Die "Kurbelwellenlager" bilden die beiden Einfachgelenke auf Stützböcken ( 4 ). Am Ka- senträger ( 3 ) befindet sich der Anschlußflansch ( 5 ), an dem die Probe ( 6 ), — in diesem Fall ein versteifter Träger —, dreh- fest eingespannt ist.

Die Einspannung am anderen Ende der Probe ist nicht drehbar, sondern über ein Gerüst ( 7 ) mit der Spannfläche ( 8 ) auf der Oberseite des Gehäuses der Grundmaschine verbunden. Zusätz- lich wurden an dem Anschlußflansch zwei Federn ( 9 ) angebracht. Sie dienen der Darstellung des Schwingwinkels durch eine Kraft, weil die Regelung des Pulsers von den Meßwerten der Kraftmeß- dose ausgeht. Diese Zusatzfedern sind nur bei bestimmten Bedin- gungen erforderlich. Ihre Steifigkeit ist der Probe anzupassen.

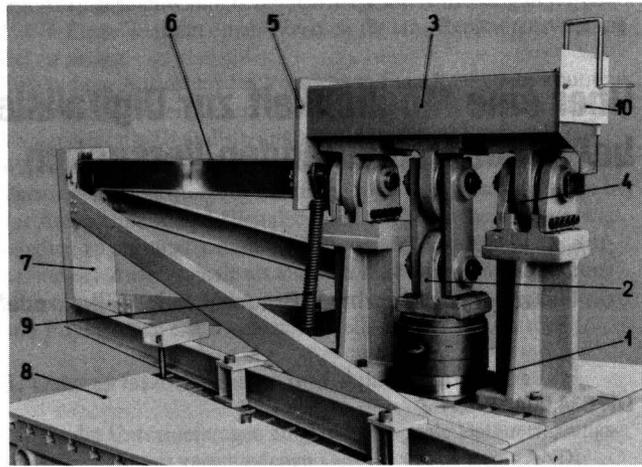


Bild 2. Verdreheinrichtung für Schwingwinkel bis  $\pm 15^\circ$

- |                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Schwingtisch mit Kraftmeßdose | 7 Auslegergerüst mit Gegenlager      |
| 2 Doppelgelenk                  | 8 Spannfläche der Grundma-<br>schine |
| 3 Kastenträger                  | 9 Zusatzfeder                        |
| 4 Einfachgelenk mit Stützbock   | 10 Registriereinrichtung             |
| 5 Anschlußflansch               |                                      |
| 6 Probe                         |                                      |

Da die Federkräfte an gegenüberliegenden Hebelarmen angreifen, unterstützen sie gleichzeitig die Rückkehr der Schwingung in die Mittelstellung. Die Federn können auch dann nützlich sein, wenn sie eine ausreichende Erhöhung der Eigenfrequenz ermöglichen.

Bei Versuchen mit extrem torsionsweichen Proben reichen Zusatz- federn nicht aus, um die Eigenfrequenz des Systems in den Be- reich des Schnellantriebs ( über 600 1/min ) zu bringen. Die nied- rign frequenten Hub-, Wank- und Nickschwingungen des Grundma- schinengehäuses und die im Verhältnis zur Federsteifigkeit großen bewegten Massen der Einrichtung ergeben Störschwingungen, die eine zuverlässige Regelung beeinträchtigen. Insbesondere beim au- tomatischen Wechsel vom Langsam- zum Schnellantrieb können Instabilitäten auftreten. Unter solchen Bedingungen ist der Betrieb nur mit dem Langsamantrieb möglich. Der "Kurbelradius" und damit die Übersetzung des Hubes in den Schwingwinkel sind in Abhängigkeit von der Probensteifigkeit so zu wählen, daß die Kräfte an der Meßdose in einem günstigen Meß- und Regelbereich liegen. Es dürfen jedoch die horizontalen Komponenten der Kräf- te an der Meßdose kein größeres Biegemoment als 2000 Nm er- zeugen.

Eine Registriereinrichtung ( 10 ), die an der Stirnseite des Kasten- trägers angebracht ist, ermöglicht die Kontrolle der Schwingwin- kel.

Über Ergebnisse von Betriebsfestigkeitsversuchen an abschnittwei- se versteiften Fahrzeugträgern mit der oben beschriebenen An- ordnung wird gesondert berichtet.

### Schrifttum

- [ 1 ] *Gaßner, E.*: Betriebsfestigkeit, eine Bemessungsgrundlage für Konstruktionsteile mit statistisch wechselnden Betriebs- beanspruchungen. Konstruktion 6 ( 1954 ) Heft 3, S. 97/104.
- [ 2 ] *Haibach, E.*: Sinnvolle Festlegung der Kollektiv-Treppung für Betriebsfestigkeitsversuche. Techn. Mitt. Labor f. Be- triebfestigkeit 47, Darmstadt 1969.