

Betriebsanleitung



Abb. 1

**1 ZWECK UND BESCHREIBUNG**

Die Wellenmaschine dient zur demonstrativen Darstellung der Wellenausbreitung am Beispiel gekoppelter Pendel. Mit Hilfe elektronischer Meßgeräte können Laufzeit- und Frequenzmessungen genau und reproduzierbar vorgenommen werden.

**2 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE**

**2.1 Schwingfähiges System**

Das schwingfähige System besteht aus 48 gleichen, ringförmigen Schwingern 1, die mit ihren Zentren äquidistant auf einem horizontal aufgespannten, dünnen Stahldraht 3 gelagert und über durchgehende Gummiseile miteinander gekoppelt sind. Die farbigen Zahlenplättchen markieren bei ruhendem System die Nulllinie und zeigen nach Schwingungsanregung weithin sichtbar den entstehenden Wellenzug.

**2.2 Anregung**

Die Anregung des schwingfähigen Systems erfolgt i.a. am ersten Schwinger. Dieser besitzt deshalb zur maschinellen Anregung zwei mit einer Ringnut zum Einhängen von Verbindungsstangen 4 versehene Zapfen 2, von denen in der Regel der obere benutzt wird. Abb. 3 zeigt schematisch den Bewegungsablauf: Vom rotierenden Exzenter 8 wird über die Exzenterstange 8.1 und den Umlenkhebel 7 die Steuerwelle 6 in Drehbewegung mit alternierendem Richtungssinn versetzt. Diese Drehbewegung wird über den Antriebshebel 5 und die Verbindungsstange 4 auf den ersten Schwinger übertragen. Der Hub der Steuerwellendrehbewegung und damit die Amplitude der Schwingerauslenkung ist durch Verschieben des Angriffspunktes der Verbindungsstange 4 im Langschlitz 7.1 des Umlenkhebels 7 einstellbar. Je kleiner der Abstand zur Steuerwelle ist, desto größer wird der Hub. Für einige Versuche muß die Wellenmaschine auch am letzten Schwinger maschinell angeregt werden können; dieser ist deshalb oberhalb des Schwin-

gerzentrums ebenfalls mit einem Nut-Zapfen versehen. Der Bewegungsablauf der Anregung entspricht dem für den ersten Schwinger.

Die Steuerwelle 6 besteht aus zwei Teilen; ihre kraftschlüssige Verbindung erfolgt mit Hilfe des Kupplungsgegenstückes 9, und zwar über die Imbusschraube 9.1 für den zum ersten Schwinger führenden Teil der Welle und die Rändelschraube 9.2 für den zum letzten Schwinger führenden Teil. Werkseitig ist die Wellenmaschine so justiert, daß bei vertikal nach oben weisenden Antriebshebeln 5 der Umlenkhebel 7 genau vertikal nach unten weist.

Bei gleichzeitiger Anregung am ersten und letzten Schwinger müssen – falls die Phasenbeziehung zwischen den beiden ausgelösten Wellen variiert werden soll – die fest auf der Steuerwelle 6 sitzenden Antriebshebel 5 gegeneinander verstellt werden. Das ist nach Lösen der Rändelschraube 9.2 durch Verdrehen des hinteren Teiles der Steuerwelle möglich. Die Imbusschraube 9.1 sollte nicht gelöst werden. Zum Lieferumfang der Wellenmaschine gehören zwei (gleiche) gerade Verbindungsstangen sowie eine abgewinkelte. Die geraden Stangen werden – außer zur Anregung des ersten Schwingers – noch zum Festsetzen des letzten Schwingers benutzt oder auch bei der beidseitigen gleichphasigen Anregung. Die abgewinkelte Verbindungsstange wird speziell bei der beidseitigen, gegenphasigen Anregung benötigt.

**2.2.1 Einseitige Erregung des Schwingersystems**

Der erste Schwinger wird mit einer geraden Verbindungsstange 4 mit dem Motor verbunden. Für Versuche mit „festem Ende“ wird der letzte Schwinger mit der zweiten, geraden Verbindungsstange in seiner Nulllage arretiert; dazu wird der schräge Schlitz der Stange an der Gehäuserückwand festgesetzt. Für Versuche mit „freiem Ende“ darf in den letzten Schwinger keine Verbindungsstange eingeklinkt sein.

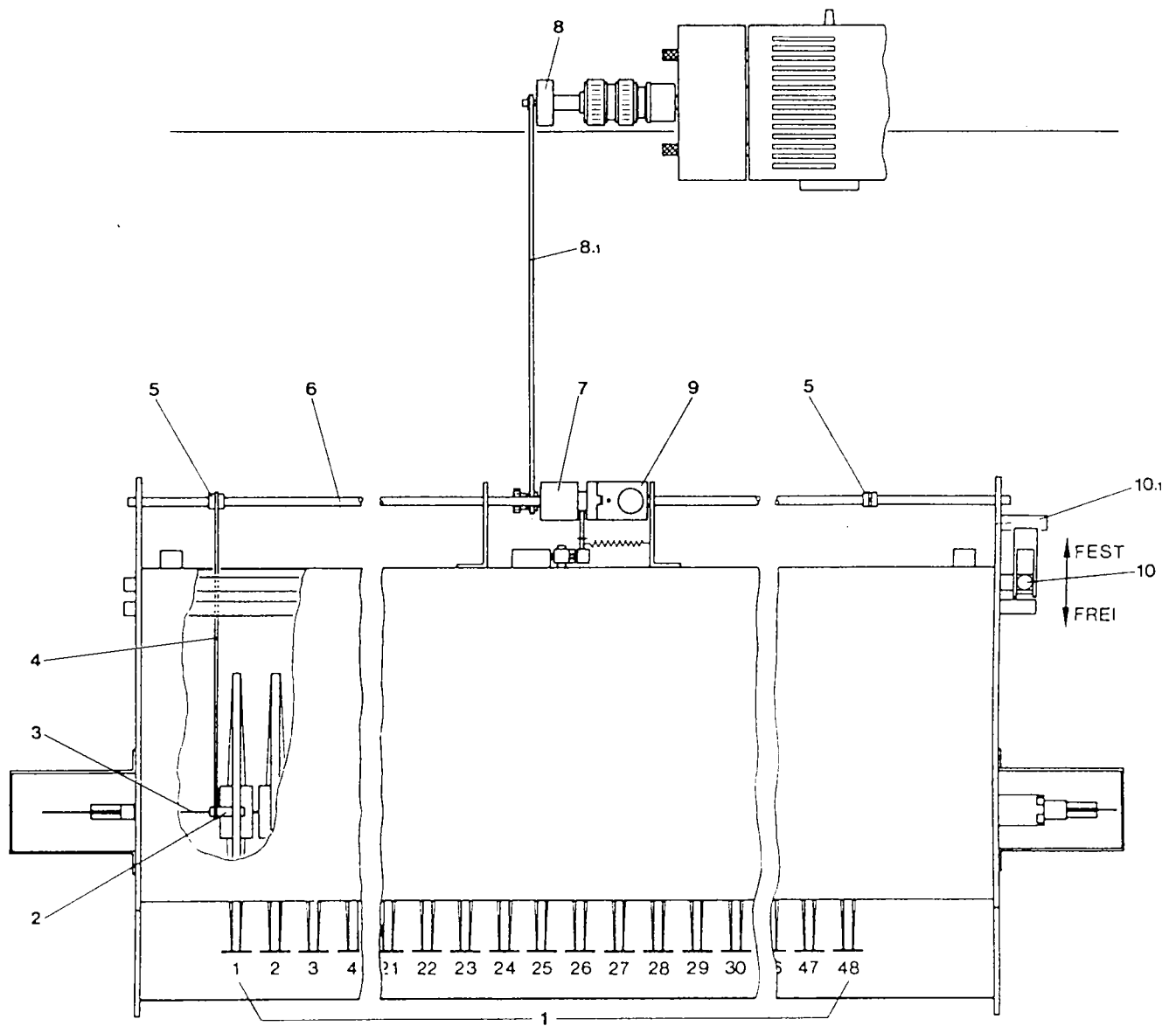


Abb. 2

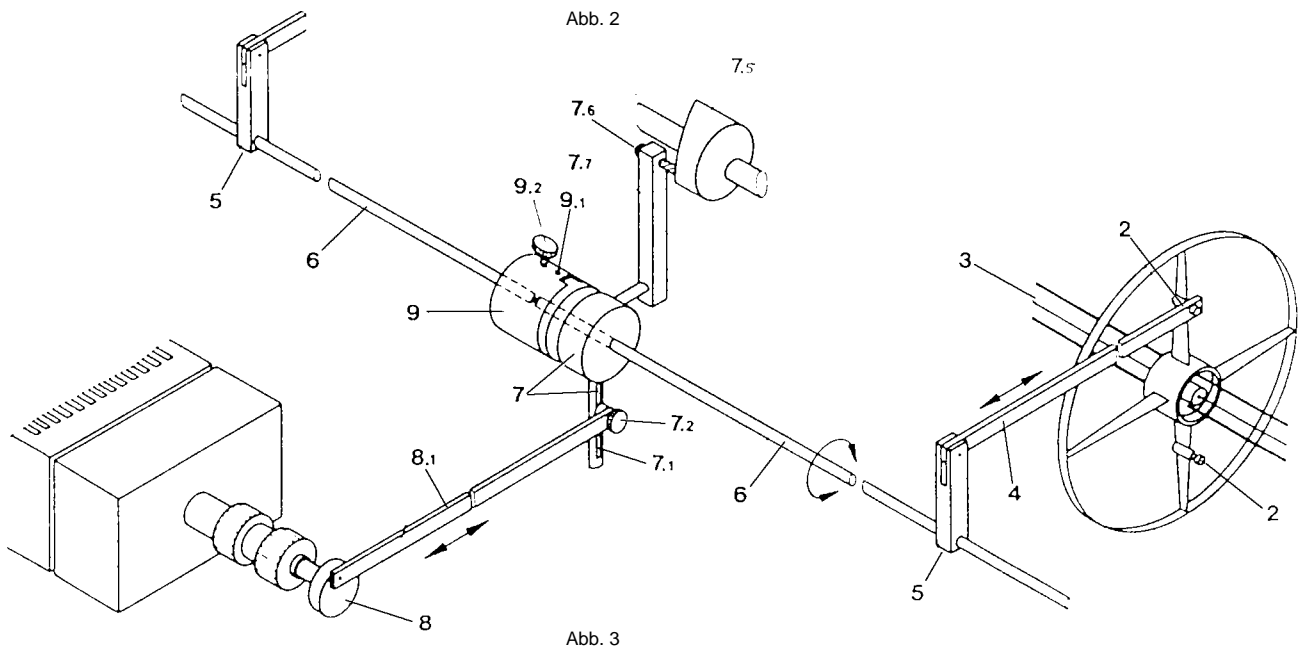


Abb. 3

### 2.2.2 Beidseitige Erregung

Die Phasenbeziehung zwischen den am Anfang und am Ende ausgelösten Wellen hängt von der Stellung der beiden Antriebshebel 5 zueinander ab. Sie beträgt exakt 0° bzw. 180°, wenn die Hebel genau parallel zueinander gerichtet sind. Nach Lösen der Rändelschraube 9.2 läßt sich ein gewünschter Phasenwinkel zwischen dem ersten und letzten Schwinger einstellen.

- Gleichphasige Anregung: Gerade Verbindungsstangen werden mit dem ersten und letzten Schwinger verbunden.
- Gegenphasige Anregung: Der letzte Schwinger wird über eine gerade Verbindungsstange mit dem Umlenkhebel verbunden; zur Erregung des ersten Schwingers wird die abgewinkelte Verbindungsstange benutzt und zwar so, daß ihr längerer Hebelarm in den Antriebshebel und der kürzere Hebelarm in den unteren Zapfen des ersten Schwingers eingeklinkt ist.

### 2.3 Bremsenrichtung und Antriebskupplung

Die Bremsenrichtung ermöglicht es, sämtliche Schwinger zu jedem Zeitpunkt gleichzeitig in ihrem Bewegungsablauf zu stoppen, so daß die Schwinger das jeweilige Momentanbild der Welle bzw. der Gleichgewichtsstörung zeigen. Durch zügige Betätigung des Bremshebels 10 blockiert eine schaumstoffbespannte Bremsleiste die Schwinger schlagartig, der Hebel bleibt in dieser Stellung arretiert. Gleichzeitig wird der Motorantrieb ausgekuppelt. Die Schraube 7.6 ermöglicht eine optimale Einstellung der Kupplung; das Auskuppeln muß einerseits sicher erfolgen, jedoch sollte die Verschiebung des Umlenkhebels 7 nicht unnötig groß sein, um eine Verspannung der Exzenterstange 8.1 zu vermeiden. Der in der Stellung „fest“ durch seine Bügel blockierte Bremshebel kann erst nach Anheben des Bügels von Hand gelöst werden. Die Bremsvorrichtung kehrt dann selbsttätig in ihre Ausgangsstellung zurück und gibt das Schwingersystem frei. Gleichzeitig rastet auch der Antrieb wieder ein.

### 2.4 Dämpfungssystem

Um unerwünschte Reflexionen am Ende des Schwingersystems zu vermeiden, ist bei der Wellenmaschine eine geschwindigkeitsproportionale Flüssigkeitsdämpfung vorgesehen. Hierzu sind die letzten fünf (44 ... 48) Schwinger mit Dämpfungsplatten in abgestufter Größe versehen. Die Platten befinden sich bei Ruhelage der Schwinger an deren tiefstem Punkt und tauchen in eine mit Leitungswasser gefüllte Wanne ein, die unter die Schwinger geschoben wird. Die Zahlenplättchen der Schwinger 42 und 43 sind auf den einander zugewandten Seiten etwas verkürzt, damit sie nicht an die Seitenwände der Dämpfungswanne anstoßen. Für Versuche mit besonders energiereichen Wellen kann die Dämpfung durch Zugabe von Glycerin nach Bedarf erhöht werden. Am Ende des Versuches sollte die Dämpfungsflüssigkeit mit Hilfe des Schlauches in ein genügend großes Gefäß (Fassungsvermögen 2 l) abgelassen werden.

## 3 HANDHABUNG

Beim Auspacken der Wellenmaschine beachte man, daß sich in der Verpackungskiste auch zwei Päckchen mit Zubehör befinden: Drei Verbindungsstangen (zwei gerade, eine abgewinkelt), ein Exzenter mit Schubstange, zwei aufsteckbare Blenden, eine Dämpfungswanne mit Abflußschlauch und Schlauchschelle sowie ein Steckschlüssel (SW 2) für Imbusschrauben.

Die Wellenmaschine kann sowohl manuell als auch durch einen Motor angeregt werden.

### 3.1 Aufstellung

Die Wellenmaschine besitzt eine Stellfläche von 132 cm Breite und 35 cm Tiefe. Die Aufstellung sollte auf einer stabilen und möglichst horizontalen Fläche erfolgen. Wenn mit maschineller periodischer Daueranregung gearbeitet werden soll, ist für die Halterung des Motors hinter der Wellenmaschine (vgl. Abb. 2) ein Abstand zur hinteren Tischkante von ca. 30 cm erforderlich.

### 3.2 Motorbetrieb

Zunächst wird die Exzenterstange 8.1 am Umlenkhebel 7 befestigt. Hierzu ist die Rändelschraube 7.2 vollständig zu lösen, wodurch ein mit Gewinde versehener Führungsbolzen 7.4 im Hohlstiel frei wird (Abb.4). Hierauf wird die Exzenterstange aufgesetzt und mit der Schraube etwa auf mittlerer Höhe befestigt.

Den Experimentiermotor (11030.93) versieht man mit geeignetem Vorsatzgetriebe, auf dessen Welle man die Spannzange des Motors befestigt hat. (Motorhandhabung siehe zum Motor gehörige Bedienungsanleitung!)

Den Motor haltert man in einer Tischklemme an der hinteren Tischkante und zwar so, daß die Drehachse parallel zur Tischkante verläuft und gleiche Höhe wie der im Langschlitz 7.1 gewählte Angriffspunkt der Exzenterstange hat. Bei sehr tiefen Tischen kann der Experimentiermotor auch in einem Stativfuß „PASS“ (02005.55) gehalten werden. Der 10-mm-Zapfen des Exzenter ist in der Spannzange des Motors, bzw. des Getriebes zu halten. Die Exzenterstange soll bei eingekuppeltem Umlenkhebel 7 senkrecht zu den parallel zueinander ausgerichteten Wellen (Motorwelle, Steuerwelle) verlaufen; ggf. ist der Motor entsprechend längs der Tischkante zu verschieben.

Wird Wert darauf gelegt, daß die Erregung des Schwingersystems mit symmetrischer Amplitude erfolgt, so müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Der Antriebshebel 5 muß vertikal nach oben weisen, wenn der Umlenkhebel 7 vertikal nach unten steht.
- Der Umlenkhebel 7 steht vertikal, wenn der exzentrisch sitzende Lagerzapfen für die Schubstange 8.1 den höchsten und den tiefsten Punkt seiner Umlaufbahn einnimmt.

Die erste Bedingung ist durch die werkseitige Einstellung erfüllt; bei zwischenzeitlicher Dejustierung kann der Umlenkhebel nach Lösen seiner Imbusschraube auf der Steuerwelle verdreht werden.

Die zweite Bedingung ist durch Wahl des richtigen Abstands der Wellenmaschine zum Motor zu erfüllen.

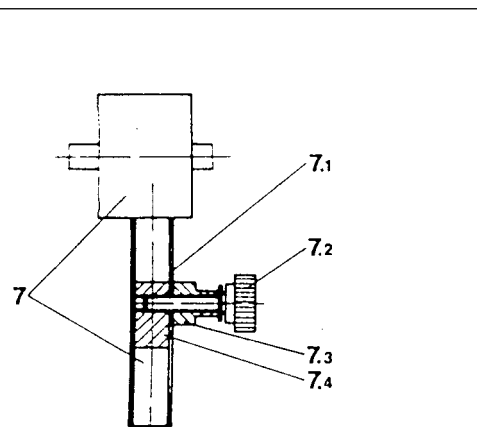


Abb. 4

### **3.3 Meßeinrichtungen**

In Verbindung mit Lichtschranken und elektronischen Zählern lassen sich Laufzeit- und Frequenzmessungen demonstrativ und ohne mechanische Rückwirkung auf das schwingende System durchführen. Jeder Wellenmaschine sind zwei Aufsteckblenden beigefügt, die als Schaltblenden für die Lichtschranken dienen. Hierzu können sie, nach Aufspreizen, mit ihren Schlitzern auf die Zahlenplättchen beliebiger Schwinger aufgeklemmt werden.

### **3.4 Aufbewahrung**

Wird die Wellenmaschine längere Zeit nicht benutzt, so empfiehlt sich ein Aufbewahrungsort, an dem sie – insbesondere das Schwingersystem – keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist.

Da bei angedrückter Bremsleiste der Lagerdraht des Schwingersystems zusätzlich belastet wird, achte man darauf, daß der Bremshebel nicht arretiert ist.

### **3.5 Wartung**

Die Wellenmaschine ist wartungsfrei. Lediglich bei Versuchen mit „freiem Ende“ kann sich im Laufe der Zeit eine erhöhte Reibung durch Gummiabrieb störend bemerkbar machen. Dann empfiehlt sich eine Säuberung der Gummiseilagerung hinter dem letzten Schwinger. Hierzu muß der Spannbügel der Gummiseile nach rechts abgezogen und die Auflageflächen der gegeneinander beweglichen Teile mit einem sauberen Lappen gereinigt und etwas geölt werden (z.B. mit einem Tropfen Nähmaschinenöl).

Achtung: Niemals eine abgezogene Lagerplatte abrupt loslassen, da sie beim Zurückschnellen die empfindliche Lagerkugel zerstören würde.

## **4 GARANTIEHINWEIS**

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir eine Garantie von 5 Jahren; sie umfaßt nicht den natürlichen Verschleiß sowie Mängel, die durch unsachgemäße Behandlung entstehen. Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich ermächtigte Stellen ausgeführt werden.