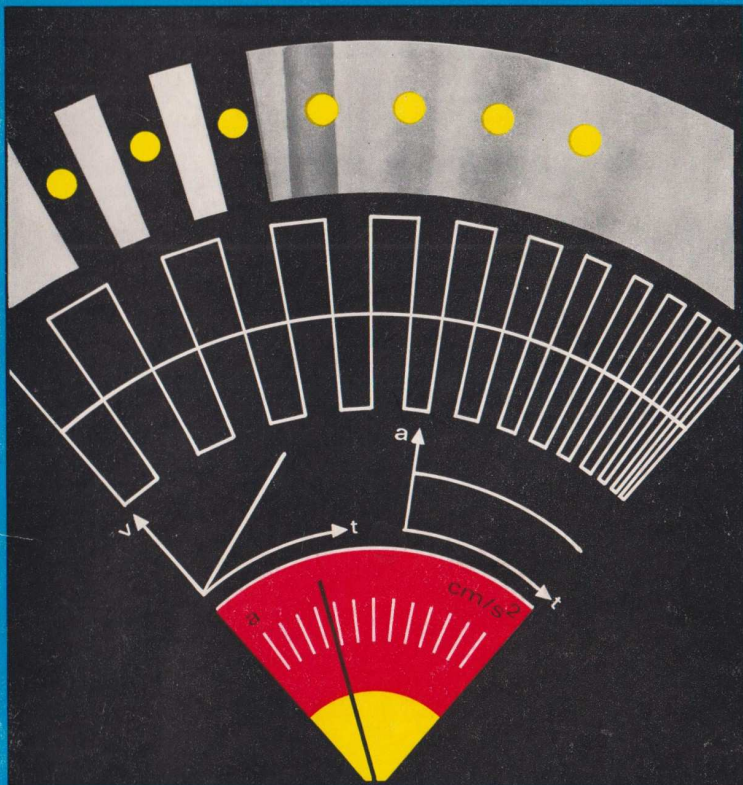


Optoelektronischer Geschwindigkeits- Beschleunigungsmesser BM 1



VEB Metallbau und Labormöbelwerk Apolda



Bedienungsanleitung

Optoelektronischer Geschwindigkeits-Beschleunigungsmesser BM 1

Autor:

Richard Hoffrichter
Akademie der
Pädagogischen Wissenschaften der DDR,
Institut für Unterrichtsmittel

Redaktion:

Dipl.-Ing. Ralf Grobe,
VEB Metallbau und Labormöbelwerk
Apolda

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorderansicht des Geschwindigkeits-Beschleunigungsmesser BM 1	3
2. Einleitende Bemerkungen	4
3. Technische Daten	5
4. Elemente der Frontplatte	6
5. Beschreibung des Meßprinzips	7
6. Meßbereiche	8
7. Inbetriebnahme und Handhabung des Gerätes	9
8. Anwendungsbeispiele	10
8.1. Vorbemerkungen	10
8.2. Reifenapparat mit Rotationszylinder	11
8.3. 100-p-Wagen auf geneigter Ebene	13
8.4. 100-p-Wagen auf ebener Bahn	14
8.5. Wagen mit Schiene	14
8.6. Beschleunigungsmessung am Fadenpendel	15
8.7. Drehzahlmessungen	15
8.8. Frequenzmessungen	16
9. Hinweise zum Einsatz des Gerätes bei der Durchführung einiger Messungen im Physikunterricht zur Kinematik und Dynamik	17
9.1.1. Experimente zur geradlinig gleichförmigen Bewegung	17
9.1.2. Messungen von Momentangeschwindigkeiten	18
9.2.1. Messen von Augenblicksgeschwindigkeiten	19
9.2.2. Messen von Geschwindigkeiten bei der Herleitung des Geschwindigkeits-Zeit-Gesetzes der geradlinig, gleichmäßig beschleunigten Bewegung	19
9.2.3. Beschleunigungsmessungen zur Bestätigung des Newtonschen Grundgesetzes	20
9.2.4. Beschleunigungsmessungen zur Demonstration der Abhängigkeit der Beschleunigung von der Masse	20
9.3. Drehzahl und Frequenzmessungen	21
10. Abschließende Bemerkung	23
11. Vertragswerkstätten	24

1. Vorderansicht des Geschwindigkeits- Beschleunigungsmessers BM 1

Bild 1



2. Einleitende Bemerkungen

Der wissenschaftlich-technische Fortschritt durchdringt alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens.

Er schafft auch für die Schule neue und effektivere Möglichkeiten des Erfassens und Messens physikalischer Größen. Mit dem Geschwindigkeits-Beschleunigungsmesser wird eine noch bestehende Lücke in der meßtechnischen Ausstattung geschlossen.

Durch den Einsatz dieses modernen Unterrichtsmittels wird wesentlich dazu beigetragen, den Unterricht erkenntnisprozegerechter und interessanter zu gestalten.

Durch die Anwendung moderner Schaltungstechniken in Verbindung mit hochwertigen integrierten Schaltelementen steht der Schule nunmehr ein Gerät zur Verfügung, das sich durch vielseitige Verwendungsmöglichkeiten und hohe Präzision auszeichnet.

Der Geschwindigkeits-Beschleunigungsmesser ist von seiner Funktion her ein Digital-Analog-Umsetzer.

Durch den reibungsarmen optoelektronischen Meßwandler mit Lochscheibe können die mechanischen Größen Geschwindigkeit, Beschleunigung, Drehzahl und Frequenz gemessen werden.

Die Anzeige der Meßwerte erfolgt durch Demonstrationsdrehspulmeßinstrumente, die über einen Gleichspannungsmeßbereich von 10 Volt verfügen müssen.

Eine wichtige Besonderheit des Gerätes besteht auch darin, daß gleichzeitig die Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung gemessen und angezeigt werden können.

Da der Anschluß der Anzeigegeräte auf elektrischem Wege erfolgt, können gute

Sichtbarkeitsbedingungen für alle Schüler realisiert werden.

Die Bedienung des Gerätes ist sehr einfach und beschränkt sich im wesentlichen auf die Wahl der entsprechenden Meßbereiche. Trotzdem sollte die Bedienungsanleitung sehr gründlich studiert werden, um einen vorzeitigen Ausfall des Gerätes zu verhindern.

Der Geschwindigkeits-Beschleunigungsmesser zeichnet sich durch seine hohe Meßgenauigkeit aber auch durch seine vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten aus.

In Verbindung mit den Geräten

- Reifenapparat
- 100-p-Wagen
- Wagen mit Schiene
- Atwoodsche Fallmaschine u. a.

können Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mit geringen Meßfehlern gemessen werden.

Ebenfalls ist es möglich, mit diesem Gerät Drehzahlen und Frequenzen zu messen.

3. Technische Daten

Meßverstärker:

Abmessungen

Breite	220 mm
Höhe	80 mm
Tiefe	200 mm
Masse	2,5 kg
Betriebsspannung	220 V $\pm$ 10 %
Netzfrequenz	50 ... 60 Hz
Sicherung	G Schmelzeinsatz
	50 mA träge
Umgebungstemperatur	+5 ... + 40 °C
max. Eingangsfrequenz	500 Hz
max. Ausgangsspannungswert	12,5 V
Kennwert des Umsetzers	400 Hz = 10 V
Meßbereiche: Geschwindigkeit	0 ... 10 cm s ⁻¹

Beschleunigung

0 ... 100 cm s ⁻¹
0 ... $\pm$ 0,5 cm s ⁻²
0 ... $\pm$ 5 cm s ⁻²
0 ... $\pm$ 50 cm s ⁻²

Besonderheiten

Ausgänge kurzschlußfest

Meßwandler:

Abmessungen

Breite	80 mm
Höhe	120 mm
Tiefe	37 mm
Masse	0,3 kg
Bohrung für Befestigung	13,2 mm
Durchmesser der Laufrille	79,6 mm
Anzahl der Löcher	100
max. Belastbarkeit der Scheibe	1 N (etwa 100 p)

4. Elemente der Frontplatte

4.1. Elemente der Frontplatte des Meßverstärkers

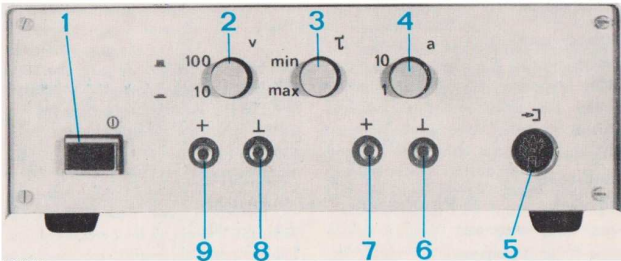


Bild 2

- | | |
|--|---------------------------|
| 1 Netztaste | 5 Eingang Meßwandler |
| 2 Wahl der Geschwindigkeitsbereiche | 6 Masse |
| 3 Dämpfung der Beschleunigungsbereiche | 7 Ausgang Beschleunigung |
| 4 Wahl der Beschleunigungsbereiche | 8 Masse |
| | 9 Ausgang Geschwindigkeit |

4.2. Elemente des Meßwandlers

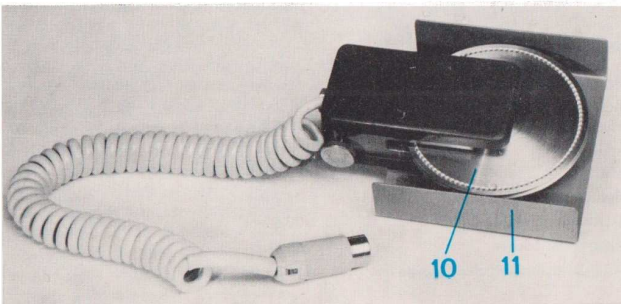


Bild 3

- | |
|------------------|
| 10 Meßwandler |
| 11 Schutzgehäuse |

5. Beschreibung des Meßprinzips

Der Geschwindigkeits-Beschleunigungsmesser besteht aus dem optoelektronischen Meßwandler mit Lochscheibe und

dem Grundgerät mit den Stufen: Impulsformerstufe, monostabiler Multivibrator, Integrator und Differenzierstufe.

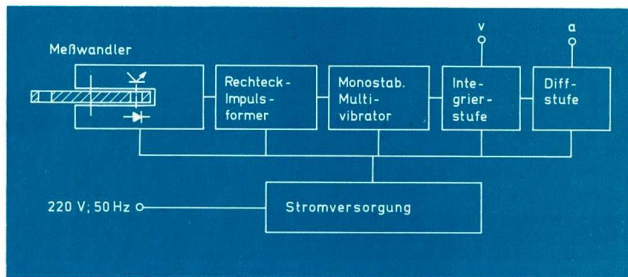


Bild 4

Die mit 100 Löchern versehene, spitzen-gelagerte Lochscheibe erzeugt bei Rota-tion Lichtwegunterbrechungen, einer im Meßwandler eingebauten Lichtschanke. Diese Lichtwegunterbrechungen bewir-ken ein Erzeugen von elektrischen Im-pulsen. Die Anzahl der erzeugten Impulse in einer bestimmten Zeit ist dabei proportional der Drehzahl der Loch-scheibe.

Diese elektrischen Impulse gelangen über den Eingang des Grundgerätes auf eine Impulsformerstufe und werden hier in exakte Rechteckimpulse gewandelt. Diese Rechteckimpulse schalten einen monostabilen Multivibrator, dessen zeit- und amplitudenkonstanten Ausgangs-impulse zu der nachfolgenden Integrier-stufe gelangen.

In dieser Integrierstufe werden die Im-pulse in eine geschwindigkeitsproportio-

nale Gleichspannung gewandelt, die an-gezeigt wird.

Somit ist das Meßprinzip für die Ge-schwindigkeit bereits geklärt.

Um auch Beschleunigungen messen zu können, ist ein Differenzieren erforder-lich, entsprechend:

$$a = \frac{dv}{dt}$$

Diese Aufgabe übernimmt im Grundge-rät die elektronische Differenzierstufe.

Immer dann, wenn sich die geschwindig-keitsproportionale Gleichspannung än-dert, kann am Ausgang der Differen-zierstufe eine Spannung abgenommen werden, die direkt proportional der auf-tretenden Beschleunigung ist.

Während die Geschwindigkeitsanzeige unabhängig von der Bewegungsrichtung

des Körpers ist, kann bei der Messung der Beschleunigung auch die Richtung der Beschleunigung (positiv oder negativ) abgelesen werden.

Das verwendete Anzeigegerät muß deshalb auf Zeigermittelstellung einreguliert werden.

6. Meßbereiche

Die Meßbereiche des Geschwindigkeits-Beschleunigungsmessers wurden so abgestimmt, daß gute Anpassungsmöglichkeiten zu allen Bahnen und anderen Experimentiereinrichtungen, die in der Schule eingesetzt werden, bestehen.

Durch die hohe Meßempfindlichkeit und Präzision des Gerätes können auch sehr kleine Geschwindigkeiten, Beschleunigungen sowie Drehzahlen und Frequenzen mit geringem Fehler gemessen werden.

Insgesamt sind 4 Meßbereiche vorgesehen, die durch Tastendruck eingeschaltet werden.

Dabei ist zu beachten, daß die Empfindlichkeit des Beschleunigungsmeßbereiches **abhängig** ist von der Stellung der Geschwindigkeitsmeßbereichstaste.

Die Angabe der Meßbereiche bezieht sich dabei auf den 10 Volt Meßbereich des Anzeigegerätes.

Eine weitere Empfindlichkeitserhöhung des Gerätes um den Faktor 10 kann erreicht werden, wenn der 10 Volt Meßbereich des Anzeigegerätes gegen einen 1 Volt Bereich ausgetauscht wird. Dazu wird jedoch kaum eine Notwendigkeit bestehen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Wahl der Meßbereiche

	Stellung der Tasten		Meßbereich	
	v (2)	a (4)	v	a
I			100 cm s ⁻¹	± 50 cm s ⁻²
II			100 cm s ⁻¹	± 5 cm s ⁻²
III			10 cm s ⁻¹	± 0,5 cm s ⁻²
IV			10 cm s ⁻¹	± 5 cm s ⁻²

7. Inbetriebnahme und Handhabung des Gerätes

Das Grundgerät ist an einem zweckmäßigen Platz bei der Versuchsanordnung aufzustellen.

Die Verbindungsleitungen zu den Anzeigegeräten sind herzustellen. Dabei ist beim Anschließen des Meßgerätes für die Geschwindigkeitsanzeige auf richtige Polung zu achten.

Das Anzeigegerät für die Beschleunigung ist vorher auf Zeigermittellage einzustellen.

Der Meßwandler (10) ist mit einer äußerst reibungsarmen aber auch empfindlichen Spitzenlagerung versehen. Um Stöße von den Lagerstellen fernzuhalten, ist der Meßwandler mit einem Schutzgehäuse (11) versehen, das bei Versuchsbeginn zu entfernen ist.

Anschließend ist der Meßwandler mit Lochscheibe, der bereits in die Versuchsanordnung eingebaut wurde, über das Diodenkabel an das Grundgerät (5) anzuschließen.

Die für die Versuchsanordnung betreffenden Meßbereiche sind durch Tastendruck (2) und (4) zu wählen.

Wird der Meßbereich III gewählt, empfiehlt es sich zusätzlich die Dämpfungstaste (3) zu drücken.

Nachdem die Verbindung zum Netz (220 V; 50 Hz) hergestellt wurde, kann Netztaсте (1) gedrückt werden.

Das Leuchten der Taste (1) signalisiert die Betriebsbereitschaft. Wird die Lochscheibe in Rotation versetzt, so müssen die Anzeigegeräte einen Ausschlag zeigen.

Ist das nicht der Fall, so ist das Gerät auszuschalten (1) und ein eventuell vorhandener Fehler in der äußeren Beschaltung zu beseitigen (z. B. Vertauschen von Anschlußleitungen u. ä.).

Es wird davon abgeraten, das Gerät zu öffnen und eigenmächtig Reparaturen ausführen zu wollen. Erfahrungsgemäß wird dabei oft großer Schaden angerichtet.

Sollte sich dennoch ein Öffnen des Gerätes erforderlich machen, so ist der Netzstecker zu ziehen.

Folgende Hinweise müssen unbedingt beachtet werden:

1. Um eine Zerstörung des Meßwandlers zu vermeiden, ist dieser nach Gebrauch wieder in das Schutzgehäuse einzuschrauben.
2. Eine Zerstörung der Lagerung der Lochscheibe kann dann eintreten, wenn die Belastung der Lochscheibe 1 N (≈ 100 p) überschreitet.

Weitere Hinweise:

Da die Drehung der Lochscheibe über den Faden bewirkt wird, ist eine geringe Fadenspannkraft erforderlich. Diese sollte etwa 1 p – 5 p betragen. Es ist deshalb erforderlich, am Ende des Fadens einen Hakenkörper mit entsprechender Masse zu befestigen.

Dabei sollte beachtet werden, daß bei höheren Beschleunigungen ein Schlupf zwischen Faden und Rolle auftreten kann, der die Meßgenauigkeit beeinträchtigt. Diesem Schlupf kann durch Erhöhung der Fadenspannkraft entgegengewirkt werden.

Um zu verhindern, daß der Faden ständig von der Rolle abgleitet, muß darauf geachtet werden, daß der Meßwandler mit Lochscheibe entsprechend genau fluchtend zur Versuchsanordnung ausgerichtet wird.

Besonders bei sehr kleinen Drehzahlen der Lochscheibe ist am Beschleunigungsausgang ein Schwanken des Ausgangswertes zu beobachten, das auf die geringe Impulseingangsfrequenz zurückzuführen ist.

Damit sich dieser Effekt nicht störend auf die Messung auswirken kann, wurde eine

Dämpfungstaste (3) vorgesehen.

Die Dämpfung sollte jedoch nur dann gedrückt werden, wenn die Drehzahl der Lochscheibe sehr gering ist.

Das Drücken der Dämpfungstaste (3) während des Meßvorganges ist zu vermeiden, da es zu kurzzeitigen Fehlablesungen kommen kann.

8. Anwendungsbeispiele

8.1. Vorbemerkungen

Durch die Betriebsparameter des Gerätes können Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Drehzahlen sowie Frequenzen in weiten Grenzen gemessen werden.

Auf Grund der hohen Empfindlichkeit des Gerätes gehen auch alle auftretenden Reibungseffekte deutlich in die Meßwerte ein und können sich unter Umständen nachteilig auf die Meßresultate auswirken. Deshalb müssen alle Versuche mit der nötigen Sorgfalt vorbereitet werden. Vermeidbare Reibungsquellen sind zu beseitigen oder zu mindern.

Da die Lochscheibe stets durch einen Faden angetrieben wird, ist auf möglichst genauen Ausgleich des Fadengewichtes zu achten, da ansonsten auch hier eine Verfälschung der Meßwerte auftreten kann.

Grundsätzlich sollte der Lehrer den Versuch vor dem Unterricht bereits einmal durchgeführt haben, um sich mit dem Gerät vertraut zu machen und um mögliche Fehlerquellen zu beseitigen.

Die Anzeigergeräte sollen so aufgestellt werden, daß gute Wahrnehmungsbedingungen für alle Schüler bestehen.

Das sollte allerdings nicht zu einer größeren räumlichen Trennung von Ver-

suchsaufbau und Anzeigergeräten führen. In diesem Falle könnte nicht gewährleistet werden, daß der Schüler Bewegungsablauf und Meßwert gleichzeitig beobachten und ablesen kann.

Der Lehrer sollte auch entscheiden, ob bei ein und demselben Bewegungsablauf Geschwindigkeits- und Beschleunigungswert abgelesen werden sollen.

8.2. Reifenapparat mit Rotationszylinder

Gute Ergebnisse für das Erkennen physikalischer Bewegungsgesetze werden bei der Verwendung des Reifenapparates mit Rotationszylinder erzielt.

Positiv wirken sich bei diesem Gerät aus,

- die langsam ablaufenden Bewegungsvorgänge,
- die sehr geringen Reibungseffekte.

Durch die langsam ablaufenden Bewegungsvorgänge verbleibt genügend Zeit, die Meßwerte für Geschwindigkeit und Beschleunigung sicher zu erfassen und den Bewegungsablauf zu beobachten.

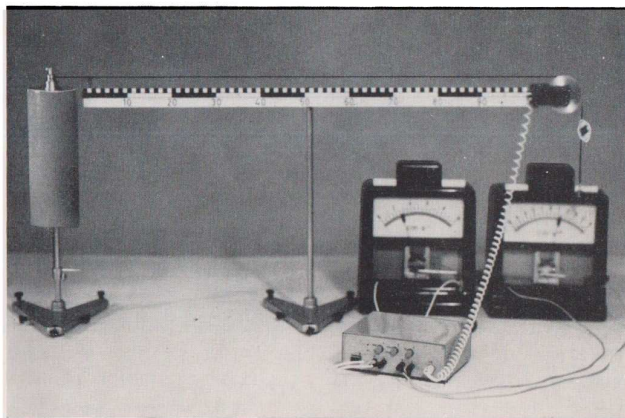


Bild 5

Das Bild gibt den Aufbau der gesamten Versuchsanordnung an. Der Faden des Reifenapparates treibt die Lochscheibe des Meßwandlers an. Die Fadenspannung sollte dabei etwa 1 p betragen.

Auf Grund der sehr langsamen Bewegung sind die Tastenstellungen III bzw. II zu wählen (vgl. Tabelle 1).

Für die Beruhigung des Zeigers des Beschleunigungsanzeigergerätes ist die Taste für die Dämpfung (3) zu drücken.

Die nachfolgende Tabelle gibt einige Orientierungswerte für die auftretenden Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte am Reifenapparat.

	Weg s in cm	Zeit t in s	Endgeschw. V_E in cm s ⁻¹	Beschleun. a in cm s ⁻²	Tastenst.
Reifenapparat mit Massestücke 250 p, F = 20 p	100	40	5	0,12	III
Reifenapparat mit Massestücke 250 p, F = 100 p	100	20	10	0,50	III
Reifenapparat mit Reifen 500 p F = 20 p	100	30	6,6	0,22	III
Reifenapparat mit Rot. Zylinder ds = 2 cm F = 100 p	100	15	13,35	0,89	III oder II
Reifenapparat mit Rot. Zylinder ds = 3 cm F = 100 p	100	10	20	2,00	II

8.3. 100-p-Wagen auf geneigter Ebene

Höhere Geschwindigkeiten und Beschleunigungen werden durch den Einsatz des reibungsarmen 100-p-Wagen erreicht. Die Skizze zeigt den prinzipiellen Versuchsaufbau.

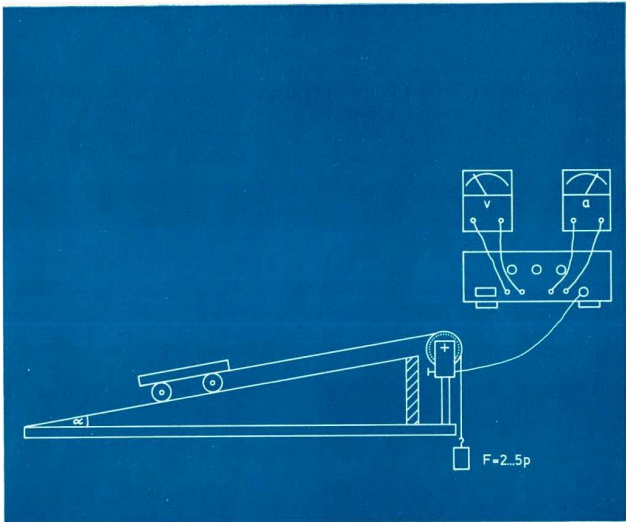


Bild 6

Durch Winkelveränderungen können unterschiedliche Beschleunigungen und Endgeschwindigkeiten hervorgerufen werden.

Die Fadenspannkraft sollte je nach der auftretenden Beschleunigung $2p - 5p$ betragen.

Der Meßwandler mit Lochscheibe ist so zu befestigen, daß ein Reiben an den

Befestigungselementen und an der Tischplatte ausgeschlossen ist.

Die Neigung der Ebene sollte aber nicht zu groß gewählt werden, da der gesamte Bewegungsablauf sonst zu kurz ist und die Meßwerte nicht mit Sicherheit erfaßt werden können.

Als Meßbereich sollte Tastenstellung I gewählt werden (vgl. Tabelle 1).

8.4. 100 p – Wagen auf ebener Bahn

Der Versuchsaufbau ist nahezu identisch mit dem Aufbau des Versuches 100-p-Wagen auf geneigter Ebene.

Um den Wagen entsprechend zu beschleunigen, wirkt die beschleunigende Kraft über den Faden, an dessen Ende ein entsprechend großer Hakenkörper zu befestigen ist.

Dabei ist wiederum zu beachten, daß die angreifende Kraft 1 N nicht überschreiten darf.

Dieser Versuchsaufbau läßt sich auch dazu verwenden, daß Newtonsche Grundgesetz herzuleiten. In diesem Fall müssen die an den Wagen angreifenden Kräfte und die Masse des Wagens variiert werden.

8.5. Wagen mit Schiene

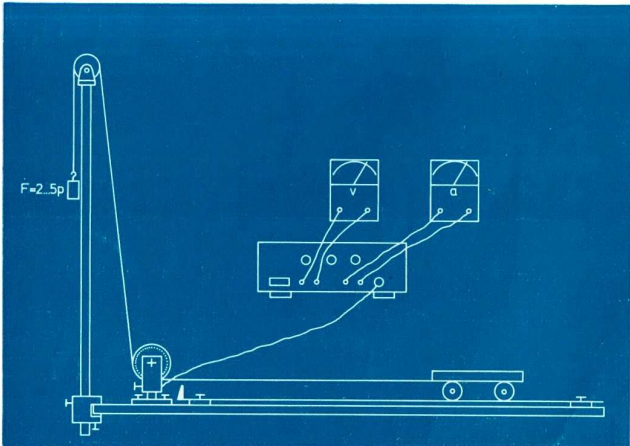
Prinzipiell kann die Versuchseinrichtung Wagen mit Schiene anstelle des 100-p-Wagens eingesetzt werden.

Dazu ist es notwendig, die Schiene mit den Stellschrauben und mit Hilfe einer Wasserwaage genau waagrecht auszurichten. Noch vorhandene Reibungskräfte kompensiert man mit einem kleinen Gewicht.

Die Lochscheibe mit dem Meßwandler ist entsprechend Bild 7 in die Versuchsanordnung einzubauen.

Um zu verhindern, daß der relativ schwere Wagen den Meßwandler bei einem eventuellen Aufprall zerstört, ist vor dem Meßwandler eine entsprechende Stoppeinrichtung anzubringen. Die be-

Bild 7



schleunigende Kraft greift über eine zweite Umlenkrolle über den Faden an dem Wagen an.

Damit ausreichend Zeit für das Erfassen der Meßwerte zur Verfügung steht, ist die Schienenbahn möglichst in ihrer vollen Länge auszunutzen.

Mit dieser Anordnung ist es möglich, die kinematischen Bewegungsgesetze der geradlinig gleichförmig beschleunigten Bewegung sowie des Newtonschen Grundgesetzes zu demonstrieren.

Es wird Meßbereich I oder II gewählt.

8.6. Beschleunigungsmessung am Fadenpendel

Bei der Schwingung eines Fadenpendels treten Beschleunigungen auf, die gemessen werden können.

Folgender Versuchsaufbau wird empfohlen (Bild 8):

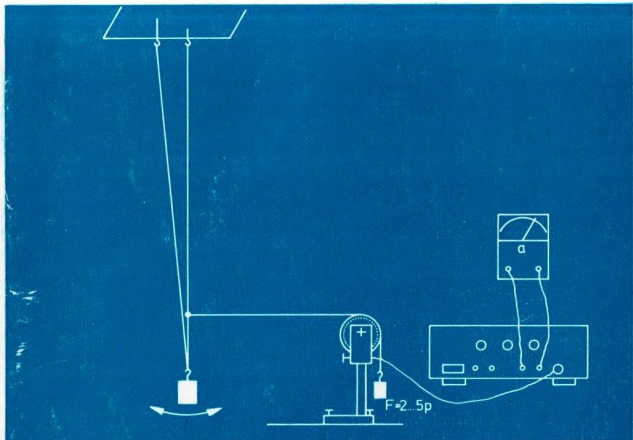
Eine doppelte Aufhängung des Körpers ist notwendig, damit eine eindeutige Schwingungsrichtung gewährleistet ist.

Die Fadenlänge ist möglichst groß ($> 2\text{ m}$) zu wählen, um deutliche Meßwerte zu erhalten. (Die Einschwingzeit der Meßgeräte wirkt störend!)

Ein direktes Befestigen des Fadens an der Lochscheibe ist nicht zu empfehlen, da diese dadurch zerstört werden könnte. Die Fadenspannkraft sollte $1\text{ p} - 2\text{ p}$ betragen.

Entsprechend den auftretenden Beschleunigungen bei einer Pendelschwingung ist die Schwingungsfrequenz des Meßgerätes doppelt so hoch wie die Schwingungsfrequenz des Fadenpendels. Geschwindigkeitsmessungen können ebenfalls vorgenommen werden, da die Geschwindigkeitsanzeige alternierend erfolgt.

Bild 8



8.7. Drehzahlmessungen

Mit dem Geschwindigkeits-Beschleunigungsmesser können auch Drehzahlen mechanisch bewegter Teile gemessen werden.

Zu diesem Zweck ist die Lochscheibe des Meßwandlers mit dem rotierenden Teil über einen Antriebsriemen zu verbinden. Je nach der Drehzahl des rotierenden Teils (z. B. Welle des Experimentiermotors) ist der entsprechende Meßbereich zu wählen.

Die Wahl des Meßbereiches erfolgt mit der Taste (2).

Ebenfalls ist das Anzeigegerät an den Ausgang für die Geschwindigkeit anzuschließen; Buchse (9) und (8).

Die jeweilige Drehzahl des rotierenden Teiles wird auf der entsprechenden Skala für Drehzahlen abgelesen.

Durch die beiden vorhandenen Tastenstellungen (2) ergeben sich für den 10-Volt-Bereich des Anzeigegerätes folgende Meßbereiche:

Stellung der Taste		Meßbereich
n (2)		n in U/min
I		240
II		24

Bei einigen physikalischen Experimenten treten zeitliche Änderungen der Drehzahlen auf.

Diese Winkelgeschwindigkeitsänderung ist ebenfalls meßbar. Hierzu ist das Anzeigegerät an den Ausgang für Beschleunigung (6) und (7) anzuschließen. Die Wahl des entsprechenden Meßbereiches erfolgt ebenfalls durch die Tasten (2) und (4). Je nach Erfordernis ist die Dämpfungstaste (3) zu drücken.

8.8. Frequenzmessungen

Sollen Frequenzmessungen vorgenommen werden, so ist der Meßwandler durch den Antriebsriemen in entsprechender Weise mit dem rotierenden Teil zu verbinden.

Die Wahl der Frequenzmeßbereiche erfolgt mit Taste (2). Durch die beiden vorhandenen Tastenstellungen der Taste (2) ergeben sich für den 10-Volt-Anzeigebereich des Anzeigegerätes folgende Meßbereiche:

Stellung der Taste		Meßbereich
f (2)		f in Hz
I		400
II		40

Das Anzeigegerät wird über die Buchsen (8) und (9) angeschlossen.

9. Hinweise zum Einsatz des Gerätes bei der Durchführung einiger Messungen im Physikunterricht zur Kinematik und Dynamik

Nachfolgend sollen einige Hinweise zur Durchführung von Messungen verbindlicher Experimente gegeben werden, die mit dem BM 1 durchführbar sind.

Diese beziehen sich hauptsächlich auf die Klassenstufen 6, 9 und 10, gemäß der jetzt gültigen Lehrpläne.

Die nachfolgenden Hinweise ersetzen keine methodische Anleitung zum Einsatz des Gerätes im Unterricht.

Folgende Grundsätze müssen aber bei allen Messungen mit dem BM 1 beachtet werden:

- Der Meßvorgang muß von allen Schülern eindeutig erkannt werden.
- Der Bewegungsvorgang des Meßobjektes muß sich über einen solchen Zeitabschnitt erstrecken, der ein sicheres Erfassen der Meßwerte garantiert.
- Der Bewegungsvorgang muß so gestaltet werden, daß die auftretenden Reibungskräfte möglichst konstant gehalten werden.

9.1. Der Lehrplan Physik der Klasse 6 fordert bei der Behandlung der Bewegung fester Körper die Einführung der physikalischen Größe Geschwindigkeit.

Im Unterricht werden Meßwerte ermittelt, Meßwerttabellen angelegt und entsprechende Diagramme gezeichnet.

Bei der Durchführung von Messungen steht dabei nicht nur der jeweilige Meßwert im Vordergrund, sondern es sind auch vielfältige Meßwertableseübungen vorzunehmen.

Beide Aufgabenstellungen können mit dem BM 1 realisiert werden.

Entsprechend den Lehrplanforderungen sind für das Stoffgebiet 2.3., Bewegung fester Körper, folgende Experimente verbindlich:

- Experiment zur geradlinig gleichförmigen Bewegung,
- Experimente, die Geschwindigkeitsmessungen zur Grundlage haben (auch Ablesen der Momentangeschwindigkeit).

9.1.1. Experiment zur geradlinig gleichförmigen Bewegung

Neben der lt. Lehrplan geforderten Bestimmung der Geschwindigkeit durch Weg- und Zeitmessung liefert die unmittelbare Messung der Größe Geschwindigkeit den anschaulichen Beweis dafür, daß die Geschwindigkeit bei einer geradlinig gleichförmigen Bewegung konstant bleibt. Insofern läßt sich bei beliebigen Bewegungen feststellen, ob diese konstant oder nicht konstant sind.

Um gleichförmige Bewegungsabläufe zu erzielen, kann vorteilhaft der Experimentiermotor verwendet werden.

Entsprechend Bild 7 wird der Wagen über einen Faden durch den Motor bewegt.

Unterrichtsmittel:

BM 1 mit Anzeigergerät

Wagen mit Schiene

Experimentiermotor

Stativmaterial

1 Hakenkörper

Bei der Durchführung des Experiments ist darauf zu achten, daß die gewählte Geschwindigkeit nicht zu groß ist.

Als sehr einfache Aufwickelvorrichtung des Fadens durch den Experimentiermotor wird ein kurzer, durchbohrter Stativstab verwendet, der in das Futter des Motors eingespannt wird.

9.1.2. Messungen von Momentangeschwindigkeiten

Zur Ablesung von Momentangeschwindigkeiten wird die in 9.1.1. vorgeschlagene Anordnung der Geräte verwendet.

Unterschiedliche Geschwindigkeiten werden durch Veränderung der Motordrehzahl erreicht.

Andere Varianten, bei denen auf den Experimentiermotor verzichtet werden kann, bestehen in der Realisierung von beschleunigten Bewegungsvorgängen.

Analog zum Abschnitt 8.3. kann die Messung der Momentangeschwindigkeit in der dort abgebildeten Art und Weise über die auf den Wagen wirkende Hangabtriebskraft, die eine beschleunigte Bewegung hervorruft, vorgenommen werden.

Werden andere Aufbauvarianten gewählt, bei denen die Bewegung in Richtung des Meßwandlers erfolgt, so ist eine entsprechende Stoppvorrichtung, auf die bereits im Abschnitt 8.5. verwiesen wurde, anzubringen.

Unterrichtsmittel:

BM 1 mit Anzeigergerät

Wagen mit Schiene (oder andere Anordnung)

Experimentiermotor

Stativmaterial

Zentraluhr

Hakenkörper

Für die Durchführung der Messung können mit der Zentraluhr akustische Zeitmarken gesetzt werden oder es werden an der verwendeten Bahn einzelne Stellen markiert, an denen die Geschwindigkeitswerte abzulesen sind.

9.2. Die im Physikunterricht der Klasse 9 behandelten Stoffgebiete Kinematik und Dynamik bauen auf den Kenntnissen der Schüler aus den Klassen 6 und 7 auf.

Innerhalb des Stoffgebietes 1.1., Grundlagen der Kinematik, fordert der Lehrplan, daß der Abstraktionsprozeß bei der Behandlung des Geschwindigkeitsbegriffes sehr

sorgfältig zu führen ist, damit die Schüler das Gemeinsame und Unterschiedliche der Bewegungsvorgänge, ihre Gesetzmäßigkeiten erkennen.

Im Vordergrund der experimentellen Behandlung dieses Stoffgebietes stehen deshalb solche qualitativen und quantitativen Experimente, die das Wesen der physikalischen Erscheinungen aufzeigen.

Die hohe Meßgenauigkeit und Anpassungsfähigkeit des BM 1 an unterschiedliche Meßobjekte der Mechanik ermöglicht das Lösen zahlreicher Meßaufgaben auf hohem experimentellem Niveau.

Die Möglichkeit der gleichzeitigen Erfassung und Messung der Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung erleichtert das Erkennen gesetzmäßiger Zusammenhänge der physikalischen Größen wesentlich.

Innerhalb des Stoffgebietes Mechanik der Klasse 9 können mit dem BM 1 folgende verbindliche Messungen, die Bestandteil von verbindlichen Demonstrationsexperimenten sind, durchgeführt werden:

- Messen von Augenblicksgeschwindigkeiten (Momentangeschwindigkeiten) bei beschleunigten oder verzögerten Bewegungen fester Körper,
- Messen von Geschwindigkeiten bei der Herleitung des Geschwindigkeits-Zeit-Gesetzes der geradlinig, gleichmäßig beschleunigten Bewegung,
- Beschleunigungsmessungen zur Ableitung der Bestätigung des Newtonschen Grundgesetzes,
- Messungen zur Demonstration der Abhängigkeit der Beschleunigung von der Masse.

9.2.1. Messen von Augenblicksgeschwindigkeiten

Der Aufbau der Meßanordnung und die Durchführung der Messungen ist entsprechend Abschnitt 9.1.2. vorzunehmen. Die dort gegebenen Hinweise sind zu beachten.

9.2.2. Messen von Geschwindigkeiten bei der Herleitung des Geschwindigkeits-Zeit-Gesetzes der geradlinig, gleichmäßig beschleunigten Bewegung

Das Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz der geradlinig, gleichmäßig beschleunigten Bewegung gehört zu den grundlegenden Gesetzen der Mechanik.

Die direkte und genaue Messung der Größe Geschwindigkeit mit dem BM 1 ermöglicht eine rationelle experimentelle Herleitung dieses Gesetzes.

Unterrichtsmittel:

BM 1 mit Anzeigegerät,
Reifenapparat; 100-p-Wagen oder Wagen mit Schiene,
Zentraluhr oder Polydigit,
Stativmaterial,
Hakenkörper

Nach dem Aufbau der Anordnung entsprechend der Darstellung (8.2. bis 8.5.) werden nach jeweils vorgegebenen Zeitabständen die entsprechenden Geschwindigkeitswerte erfaßt.

Die sich anschließende graphische Darstellung zeigt das lineare und proportionale Verhältnis von Geschwindigkeit und Zeit bei dieser Bewegungsart.

Da die experimentelle Herleitung des Geschwindigkeits-Zeit-Gesetzes an verschiedenen Objekten (Reifenapparat, 100-p-Wagen, Wagen mit Schiene) erfolgen kann, ist es dem Lehrer überlassen, welche Anordnung er, entsprechend den gegebenen Bedingungen, für die günstigste wählt.

9.2.3. Beschleunigungsmessungen zur Bestätigung des Newtonschen Grundgesetzes

Das Newtonsche Grundgesetz nimmt eine zentrale Stellung innerhalb des Stoffgebietes Dynamik in Klasse 9 ein.

Durch die direkte Messung der physikalischen Größe Beschleunigung kann das Newtonsche Grundgesetz in einfacher und anschaulicher Weise bestätigt werden.

Unterrichtsmittel:

BM 1 mit Anzeigergerät,
Reifenapparat oder 100-p-Wagen,
Stativmaterial,
Hakenkörper

Der Aufbau der Experimentieranordnung ist analog der Darstellungen der Abschnitte 8.2. bis 8.5. vorzunehmen, wobei das Anzeigergerät für die Geschwindigkeit entfällt.

Bei der Verwendung des Reifenapparates werden durch das Wirken unterschiedlicher Kräfte (Hakenkörper) entsprechende Beschleunigungen hervorgerufen. Die jeweils beschleunigende Kraft und die von ihr hervorgerufene Beschleunigung werden in die Meßwerttabelle eingetragen und anschließend graphisch dargestellt.

Die auftretenden Fehler bei dieser Versuchsanordnung sind sehr gering und bestätigen das Newtonsche Grundgesetz überzeugend.

Bei der Verwendung des 100-p-Wagens ist experimentell entsprechend vorzugehen. Die Länge der verwendeten Bahn sollte in diesem Falle 1 m nicht unterschreiten.

Es ist zu sichern, daß die Größe der auf die Lochscheibe angreifenden Kraft 1 N nicht übersteigt.

9.2.4. Beschleunigungsmessungen zur Demonstration der Abhängigkeit der Beschleunigung von der Masse

Durch die direkte Messung der physikalischen Größe Beschleunigung mit dem BM 1 kann anschaulich nachgewiesen werden, daß bei konstanter Krafteinwirkung auf den geradlinigen Bewegungsvorgang die Größe Beschleunigung indirekt proportional zur Masse des beschleunigten Körpers ist.

Ausgehend von diesem Experiment, kann gezeigt werden, daß die Masse die Trägheit eines Körpers kennzeichnet.

Unterrichtsmittel:

BM 1 mit Anzeigergerät,
100-p-Wagen,
geneigte Ebene (möglichst mit Glasauflfläche),
Wägesatz,
Federkraftmesser – 100 p.

Für den Versuchsaufbau wird der Aufbau nach Abschnitt 8.3. verwendet. Alle in diesem Abschnitt gegebenen Hinweise sollten berücksichtigt werden.

Da die beschleunigende Kraft über die Hangabtriebskraft des Wagens realisiert wird, ist den Schülern die wirkende Kraft auf den Wagen mit dem Federkraftmesser zu demonstrieren. Die Masse des Wagens ist durch Auflegen von entsprechenden Körpern aus dem Wägesatz zu variieren. Wir empfehlen Massedifferenzen von je 100 g.

Der gleiche Versuchsaufbau ist geeignet, dynamische Kraftmessungen durchzuführen.

Das Produkt aus Beschleunigungsmeßwert und Masse des Wagens ist gleich der wirkenden Kraft, die die Beschleunigung hervorruft.

9.3. Drehzahl- und Frequenzmessungen

Die Möglichkeit der direkten Drehzahl- und Frequenzmessung mechanisch bewegter Teile erweitert die Anwendungsmöglichkeiten des BM 1.

9.3.1. Drehzahlmessungen sind Bestandteil einiger physikalischer Experimente. Die Lochscheibe des BM 1 ist hierzu über einen Antriebsriemen mit dem rotierenden Teil der Versuchsanordnung zu verbinden.

Mögliche experimentelle Anordnungen zur Drehzahlmessung sind beispielsweise Untersuchungen der Abhängigkeit der Drehzahl verschiedener Elektromotoren von der Betriebsspannung oder der Frequenz der Betriebsspannung oder die Höhe der erzeugten Induktionsspannung eines Generators in Abhängigkeit von dessen Ankerdrehzahl u. a.

Wird der Ausgang des Gerätes für die Beschleunigungsmessungen an das Anzeige-gerät angeschlossen, dann können Änderungen der Winkelgeschwindigkeit des rotierenden Teils der Anordnung entsprechend der Beziehung

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

gemessen werden.

Diese Verwendungen sind jedoch nicht Bestandteil des Lehrplanes Physik der Klassen 6 bis 10.

In Verbindung mit dem Reifenapparat ist es möglich, zur Kinematik und Dynamik der Rotationsbewegung Messungen der Winkelgeschwindigkeitsänderung α durchzuführen.

Die Bedienungsanleitung zum Reifenapparat mit Rotationszylinder informiert über die entsprechenden Experimentieranordnungen und gibt detaillierte Angaben zur Auswertung der jeweiligen Meßergebnisse.

Der Meßwandler ist entsprechend Abschnitt 8.2. in diese Anordnungen einzubauen.

9.3.2. Die direkte Frequenzmessung schwingender mechanischer Systeme mit dem BM 1 ist dann möglich, wenn die Schwingungen des Systems durch eine Rotationsbewegung hervorgerufen werden oder wenn die Schwingungsbewegungen in rotie-

rende Bewegungen gewandelt werden, die die Lochscheibe des Meßwandlers in Rotationen versetzen.

Mechanische Frequenzmessungen sind z. B. in Verbindung mit Resonanzexperimenten erforderlich.

Zusammen mit dem Gerät „Mechanischer Schwingungsschreiber“ und dem BM 1 mit Anzeigegegerät können entsprechend der Bedienungsanleitung zum „Mechanischen Schwingungsschreiber“ die Versuche zur Resonanz ausgeführt werden. Die mechanische Kopplung des rotierenden Teils der Experimentieranordnung mit dem Meßwandler des BM 1 erfolgt über einen Antriebsriemen.

Höhere Belastungen der Spitzenlagerung der Lochscheibe als 1 N sind unbedingt zu vermeiden.

Die Wahl des entsprechenden Frequenzmeßbereiches erfolgt durch Taste (2) am Anzeigegegerät.

Um Kreisfrequenzen rotierender Teile direkt ablesen zu können, empfiehlt es sich, eine zusätzliche Skale anzufertigen.

10. Abschließende Bemerkung

Der BM 1 ist ein hochwertiges elektronisches Meßgerät. Seine Qualitätsparameter kommen jedoch nur dann im Unterricht zur vollen Wirksamkeit, wenn der Lehrer sich ausreichend mit der Handhabung und Funktion des Gerätes vertraut gemacht hat.

11. Vertragswerkstätten

Sollte der BM 1 einen Defekt aufweisen, so ist er **unter Verwendung der Originalverpackung** zur Reparatur einzusenden an:

VEB Telelux

5700 Mühlhausen

Steinweg 68

Tel. 38 14

Bezug:

Inlandskunden bestellen beim
Staatlichen Kontor für
Unterrichtsmittel und Schulmöbel
7021 Leipzig, Wittenberger Straße 8

Exporteur:

Holz- und Papier export - import
Volkseigener Außenhandelsbetrieb
der Deutschen Demokratischen Republik
DDR - 1080 Berlin
Krausenstraße 35/36 · Postfach 1211



Mitglied im Warenzeichenverband Unterrichtsmittel
und Schulausrüstungen e. V., Apolda

DDR - 5320 Apolda, Sulzaer Straße 7

Geschäftsführung: DDR - 9030 Karl-Marx-Stadt, Oberfrohnaer Straße 4



VEB Metallbau und Labormöbelwerk Apolda

5320 Apolda · Sulzaer Straße 7 · Telefon 566 · Telex 0617465