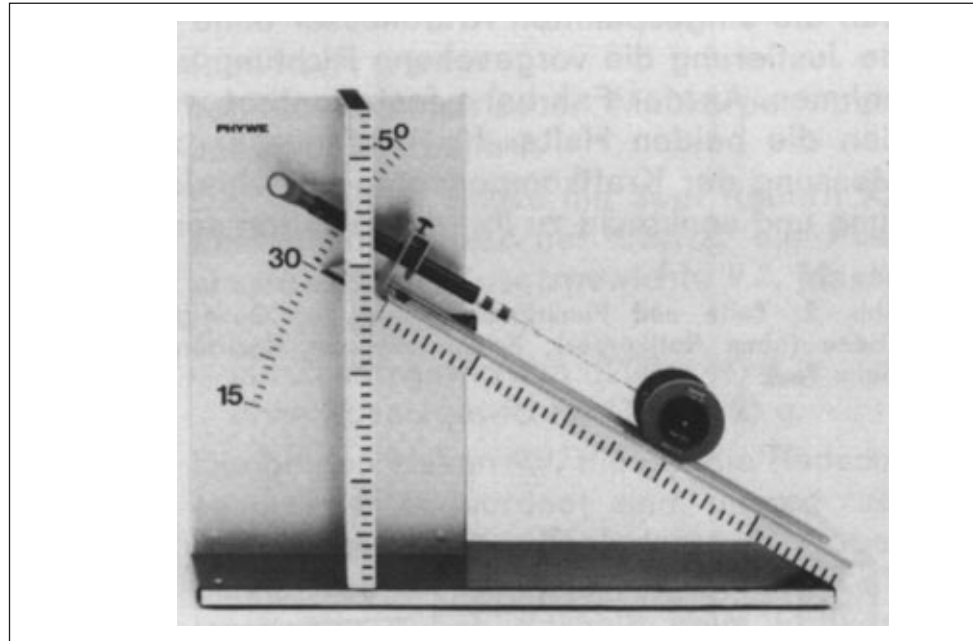




Geneigte Ebene mit Rollkörper

11301.00  
11301.88

Betriebsanleitung



## 1 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Mit Hilfe des Kompaktgerätes können ohne zeitraubende Aufbau- und Justierarbeiten für verschiedene Neigungswinkel einer geneigten Ebene Kräfte untersucht werden, durch die ein Körper auf dieser Ebene im Gleichgewicht gehalten wird. Neben dem wichtigen Sonderfall rechtwinkliger Kraftkomponenten können auch schiefwinklige Komponenten untersucht werden. Darüber hinaus läßt sich der für einfache Maschinen grundlegende Zusammenhang zwischen Kraft, Weg, Hub und Arbeit erarbeiten. Außerdem können die Kräfteverhältnisse am Keil modellmäßig untersucht werden.

Ein als Meßobjekt benutzter Rollkörper besitzt den Vorteil, daß sich die Angriffslinien aller angreifenden Kräfte in einem Punkt, dem Schwerpunkt schneiden. Dadurch werden einerseits unerwünschte Drehmomente vermieden, andererseits lassen sich die physikalischen Sachverhalte einfacher und durchsichtiger darstellen.

Zur direkten Ermittlung der Versuchsgeometrie ist das Gerät mit zwei Maßstäben und einer Winkelskala versehen, so daß der kontinuierlich verstellbare Neigungswinkel  $\alpha$  der Ebene direkt abgelesen werden kann, aber auch die für die geneigte Ebene relevante Winkelfunktion  $\sin\alpha$  als Quotient von Endhöhe zu Bahnlänge durch direktes Ablesen an den beiden Maßstäben bestimmt werden kann.

Mit Hilfe von einfach zu montierenden Spezialhaltern können Kraftmesser zur Bestimmung der Kraftkomponenten so fixiert werden, daß diese ohne zusätzliche Justierung auch bei Variation des Neigungswinkels jeweils direkt die vorgesehene Richtung einnehmen.

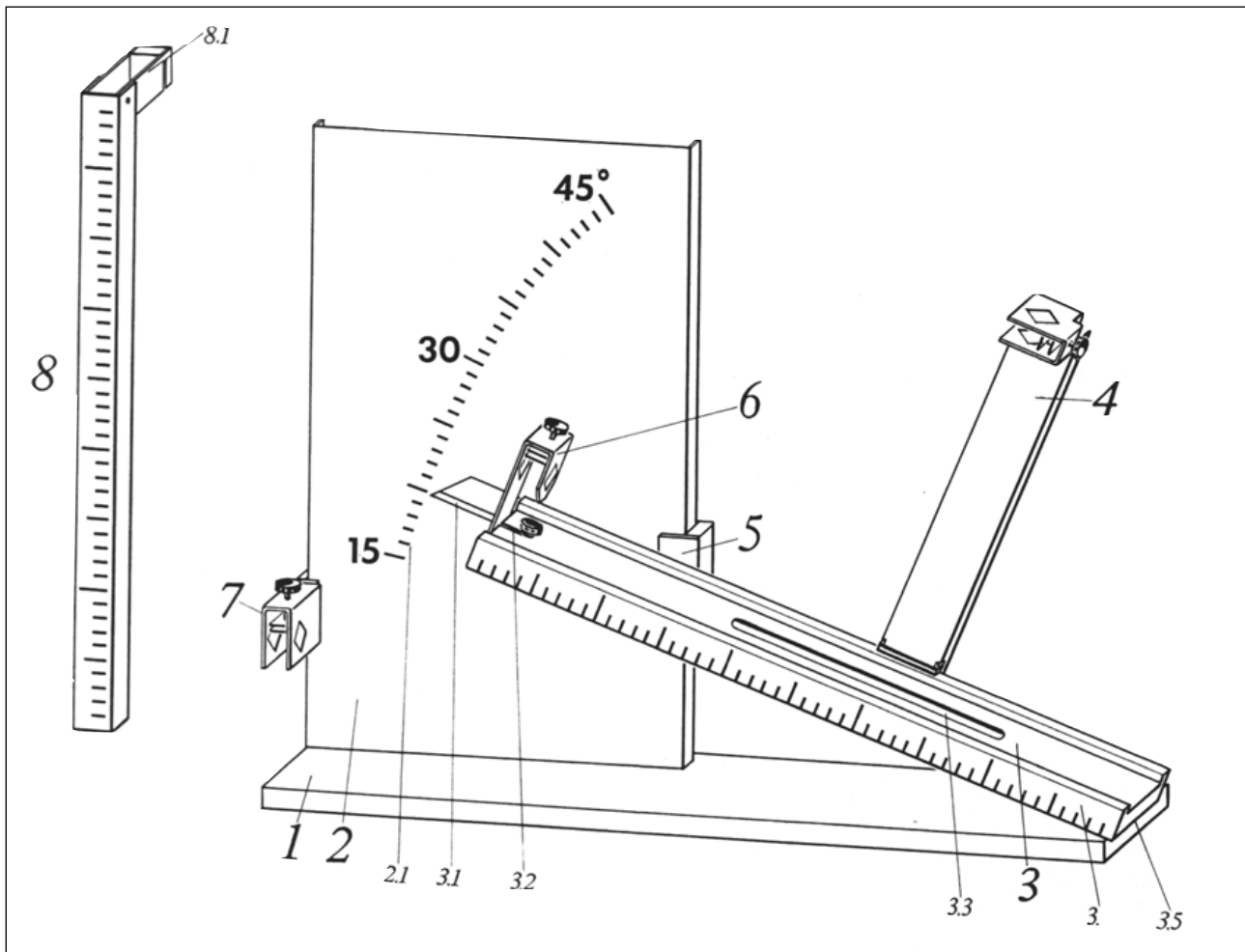


Abb. 2

## 2 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

Die geneigte Ebene besitzt folgende Teile bzw. Funktionselemente (vgl. Abb. 2, 3 und 4).

- 1 Grundplatte
- 2 Vertikalplatte mit Winkelskala 2.1. Zwei rückseitige Rändelschrauben dienen zur Befestigung an der Grundplatte.
- 3 Neigbare Fahrbahn mit Demonstration-cm-Teilung zur Realisierung der geneigten Ebene. Die Bahn ist um das Scharnier 3.5 drehbar und ruht auf dem Stiff der Fahrbahnauflage 5. Zur Anzeige des Neigungswinkels dient der Zeiger 3.1 in Verbindung mit Skala 2.1. In die Aussparung 3.2 wird der Kraftmesserhalter 6 eingesetzt. Durch den Schlitz 3.3 kann ein Faden geführt werden, mit dem der Rollkörper 9 an einen in Halter 7 befestigten Kraftmesser gekoppelt werden kann.
- 4 Halter für Kraftmesser zur Bestimmung der Kraftkomponente in Richtung der Bahnnormalen. Mit Hilfe der Führungsleiste 4.1 lässt sich der Halter längs der Bahn verschieben und mit seiner Rändelschraube auch arretieren. In das Spannlager 4.2 wird mittels einer Rändelschraube ein Kraftmesser fixiert.
- 5 Verstellbare Fahrbahnauflage zur Änderung des Neigungswinkels. Der Lagerstift 5.1 lässt sich mit Hilfe der Führungsleiste 5.2 längs des Vertikalplattenrandes verschieben (selbstklemmende Arretierung).

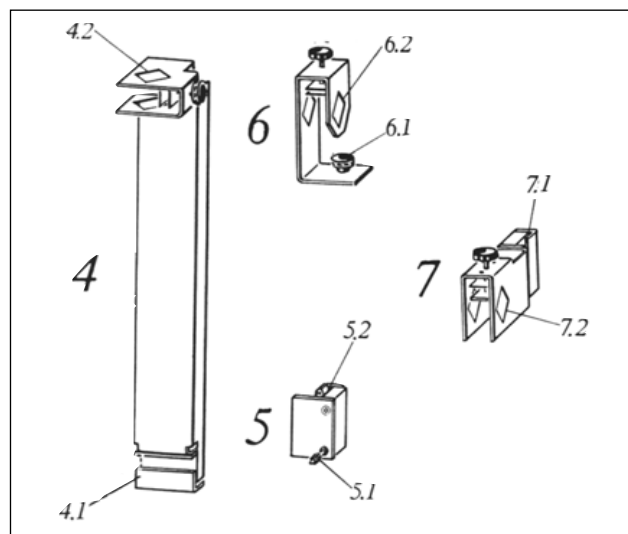


Abb. 3

6. Halter für Kraftmesser zur Bestimmung der Kraftkomponente in Bahnrichtung. Mit Hilfe der Rändelschraube 6.1 wird der Halter in der Aussparung 3.2 befestigt. Das Spannlager 6.2 gewährleistet eine Ausrichtung des Kraftmessers parallel zur Bahn.
7. Halter für Kraftmesser zur Bestimmung der Kraftkomponente in Horizontalrichtung. Mit Hilfe der Führungsleiste 7.1 ist der Halter längs der Vertikalplatte in der Höhe verschiebbar und mit seiner Rändelschraube auch arretierbar. Das Spannlager 7.2 gewährleistet eine horizontale Ausrichtung des Kraftmessers.

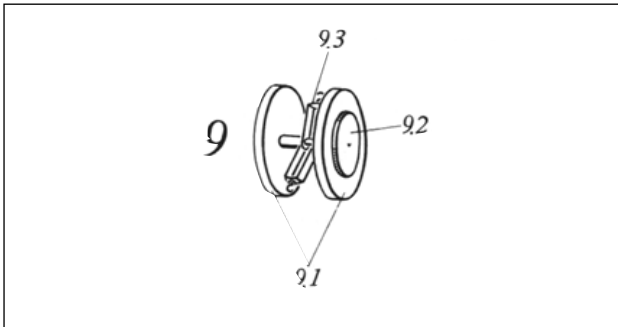


Abb. 4

8. Vertikalmaßstab. Zur Befestigung am oberen Rand der Vertikalplatte dient der herausklappbare Arm 8.1 mit Führungsschlitz und Rändelschraube.
9. Rollkörper mit zwei Rädern 9.1 und mit einem Paar abschraubbarer Zusatzmassen 9.2. Die beiden um die Radachse drehbaren Haken 9.3 dienen mit Hilfe von Schnurverbindungen zum Ankoppeln von Kraftmessern. Die Angriffslinien aller Kräfte gehen dadurch immer durch den Rollkörperschwerpunkt.

### 3 HANDHABUNG

Die Geneigte Ebene läßt sich bei Bedarf zerlegen und raumsparend aufbewahren. Beim Zusammenbau ist wie folgt vorzugehen:

- Fahrbahn 3 hochklappen und Vertikalplatte 2 mit ihrem unteren Rand dicht auf die Grundplatte aufsetzen und mit rückseitigen Rändelschrauben anziehen.
- Fahrbahnauflage 5 von oben auf den rechten Rand der Vertikalplatte schieben und Fahrbahn auf den Stift 5.1 der Auflage legen.
- Kraftmesserhalter 6 in Aussparung 3.2 befestigen.
- Vertikalmaßstab 8 mit herausgeklapptem Arm 8.1 am oberen Rand der Vertikalplatte befestigen. Zusätzlich sind ggf. noch Halter 4 und 7 zu montieren, und zwar
- zur Messung der Normalkomponente Halter 4 von rechts auf den hinteren Rand der Fahrbahn schieben und arretieren,
- zur Messung der Horizontalkomponente Halter 7 von oben auf den linken Rand der Vertikalplatte schieben und arretieren.

Die Geneigte Ebene ist auf einer horizontalen Fläche aufzustellen. Die Ankopplung der Kraftmesser erfolgt am Besten mit Hilfe über Schnurverbindungen (Angelschnur). Geeignete Längen hierzu sind:

- Halter 4 (Normalkomponente) : ca. 2 cm
- Halter 6 (Bahnkomponente) : ca. 10 cm
- Halter 7 (Horizontalkomponente) : ca. 25 cm

Zur Bestimmung der Kraftkomponenten sind Kraftmesser mit 1 N und 2,5 N geeignet, deren Nulleinstellung vor dem Versuch in der jeweiligen Gebrauchslage kontrolliert und eventuell korrigiert werden muß. Um Reibungsfehler zu eliminieren, sollte das Ablesen erst nach leichtem Beklopfen der Kraftmesser erfolgen. Soll eine Höhenmessung vorgenommen werden, so ist der Vertikalmaßstab 8 dicht an die geneigte Fahrbahn heranzurücken und im Gelenk so zu drehen, daß er vertikal steht. Gemessen wird die Höhe zwischen der Fahrbahnunterkante und dem Fußpunkt des Vertikalmaßstabes.

## 4 EXPERIMENTE

### 4.1 Messung der Bahnkomponente $F_s$ (Hangabtriebskraft)

Zunächst wird die Gewichtskraft  $F$  des Rollkörpers mit und ohne Zusatzmassen bestimmt (Kraftmesser 2 N). Dann wird der Kraftmesser in Halter 6 eingespannt und mit einer Schnur an den auf die Fahrbahn gelegten Rollkörper gekoppelt (Kraftmesser 1 N für Rollkörper ohne Zusatzmassen, Kraftmesser 2 N für Rollkörper mit Zusatzmassen). Die Komponente  $F_s$  wird für verschiedene Neigungswinkel bzw. Höhen  $h$  bestimmt, so daß die Beziehungen

$$F_s = F \cdot \sin \alpha \quad \text{bzw.} \quad F_s = F \cdot \frac{h}{l} \quad (l = \text{Bahnlänge})$$

ggf. auch durch grafische Auftragung verifiziert werden können.

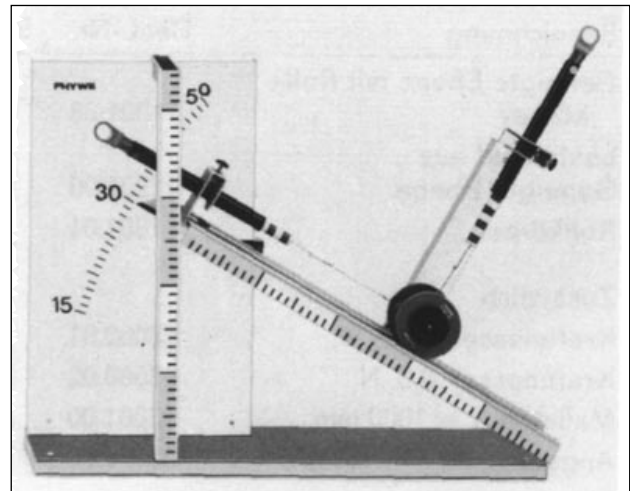


Abb. 5

### 4.2 Zerlegung der Gewichtskraft eines Körpers auf der geneigten Ebene (Hangabtriebskraft $F_s$ und Normalkraft $F_n$ )

Den Versuchsaufbau zeigt Abb. 5. Hier ist nun zusätzlich ein Kraftmesser 2 N zu verwenden, den man in Halter 4 einspannt und der an der Fahrbahn am Ort der Rollkörperachse montiert sein muß. Der Kraftmesser wird wieder mit Hilfe einer Schnurverbindung an den zweiten Haken des Rollkörpers befestigt. Der Kraftmesser ist in seinem Spannager so weit nach oben zu verschieben, daß der Rollkörper gerade nicht mehr auf der Bahn aufliegt. Außerdem muß sichergestellt sein, daß die Angriffsrichtung der Zugkraft genau senkrecht zur Bahn verläuft. Bei richtiger Justierung muß die Kraftkomponente  $F_s$  für entsprechende Neigungswinkel der Ebene die gleichen Werte haben, wie im Fall des aufliegenden Rollkörpers (Experiment 4.1). Für verschiedene Neigungswinkel bzw. Höhen  $h$  können nun für den Rollkörper mit und ohne Zusatzmassen die Beziehungen

$$F_n = F \cdot \cos \alpha \quad \text{bzw.} \quad F_n = F \cdot \frac{x}{l}$$

verifiziert werden. Hierbei ist  $x$  die Projektion der Bahnlänge  $l$  auf die Horizontale.

Da der Rollkörper in diesem Fall durch zwei aufeinander senkrecht stehende Kräfte im Gleichgewicht gehalten wird, ergibt der Versuch außerdem die Zerlegung der Gewichtskraft  $F$  in zwei rechtwinklige Komponenten, deren Richtung durch Änderung des Neigungswinkels variiert.

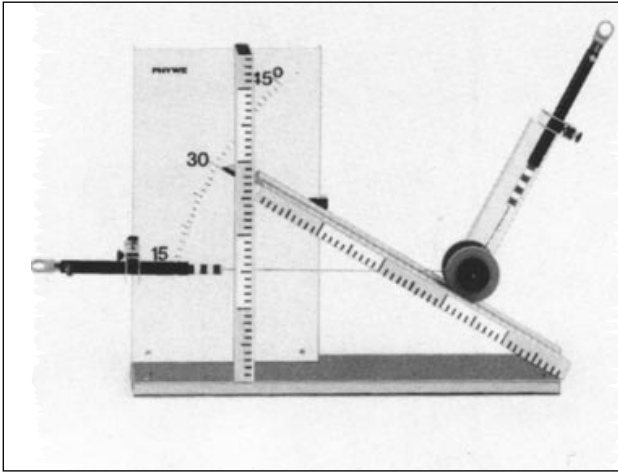


Abb. 6

### 4.3 Kraftzerlegung in schiefwinklige Komponenten $F_x$ und $F_n^*$ (Modellversuch zum Keil)

Der Versuchsaufbau erfolgt gemäß Abb.6. Hier wird nun die Zugkraft in Bahnrichtung durch eine Zugkraft in Horizontalrichtung ersetzt. Auf diese Weise erhält man eine Zerlegung der Gewichtskraft  $F$  in die zwei zueinander schiefwinklig stehenden Horizontalkomponente  $F_x$  und Normalkomponente  $F_n^*$ . Damit die horizontale Führungsschnur reibungsfrei durch den Schlitz der Ebene geht, muß sich der Rollkörper etwa über dem unteren Ende des Schlitzes befinden. Führt man den Versuch wiederum für verschiedene Neigungswinkel bzw. Höhen  $h$  sowie mit und ohne Zusatzgewichte des Rollkörpers durch, so lassen sich folgende Beziehungen wieder verifizieren:

$$F_x = F \cdot \tan \alpha = F \cdot \frac{h}{x} \quad ;$$

$$F_n^* = \frac{F}{\cos \alpha} = F \cdot \frac{l}{x}$$

$$\frac{F_x}{F_n^*} = \sin \alpha = \frac{h}{l}$$

Die Größe  $x$  ist wiederum die Projektion der Bahnlänge  $l$  auf die Horizontale.

Das in diesem Versuch ermittelte Kräftegleichgewicht ist im Prinzip das gleiche wie bei einem Keil.

### 5. Technische Daten

Grundplatte	(600 x 136) mm
Vertikalplatte	(270 x 440) mm
Skalenbereich	15° - 45°
Ebenenlänge	500 mm
Masse des Rollkörpers	100 g ±2%
Masse der Zusatzgewichte	100 g ±2%

### 6. Literaturhinweis

Physik in Demonstrationsversuchen Ausgabe A/B-Mechanik	01141.21
Physik in Demonstrationsversuchen Ausgabe C-Teil1	01146.01

### 7. Geräteliste

Geneigte Ebene mit Rollkörper <i>bestehend aus</i>	11301.88
Geneigte Ebene	11301.00
Rollkörper	11301.01

*zusätzlich wird benötigt*

Kraftmesser 1 N	(2x) 03060.01
Kraftmesser 2,5 N	(2x) 03060.02
Angelschnur, $l = 100\text{m}$	02090.00