



Modul Mechanik

Luftkissentisch

Gegenstand dieses Versuches ist die Untersuchung der Kinematik und Dynamik in zwei Dimensionen bei vernachlässigbarer Reibung anhand des Luftkissentisches. Insbesondere soll die Impulserhaltung bei elastischen und inelastischen Stößen behandelt werden.

Versuch IM2 - Luftkissentisch

Gegenstand dieses Versuches ist die Untersuchung der Kinematik und Dynamik in zwei Dimensionen bei vernachlässigbarer Reibung anhand des Luftkissentisches. Insbesondere soll die Impulserhaltung bei elastischen und inelastischen Stößen behandelt werden.

1.1 Fragen zur Vorbereitung

- Überlege Dir, welche die allgemeinsten Erhaltungssätze der Physik sind, für welche Größen und unter welchen Bedingungen sie gelten.
- Was ist ein Inertialsystem?
- Was ist eine konservative Kraft?
- Was besagt das NOETHER-THEOREM?
- Leite die Impulserhaltung aus den NEWTON'SCHEN AXIOMEN her.
- Was ist das Schwerpunktsystem und wie ist sein Schwerpunkt zu berechnen?

1.2 Theorie

1.2.1 Die Newton'schen Axiome

Die von ISAAC NEWTON bereits im Jahre 1687 formulierten Grundsätze der Bewegung, die *Newton'schen Axiome* (auch Newton'sche Prinzipien, Newton'schen Gesetze oder Grundgesetze der Bewegung genannt), bilden das Fundament der klassischen Mechanik. Im Rahmen moderner physikalischer Theorien wie der Quantenmechanik oder der Relativitätstheorie sind sie nicht uneingeschränkt gültig, doch kann mit ihnen innerhalb eines weit gefassten Gültigkeitsbereiches zulässige Vorhersagen getroffen werden.

1. Newton'sches Gesetz - *Lex Prima*

Das erste Newton'sches Gesetz, auch TRÄGHEITSPRINZIP genannt, beschreibt die Bewegung von physikalischen Körpern in Inertialsystemen unter der Abwesenheit von äusseren Kräften. Es besagt, dass ein Körper im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Translation verharrt, sofern er nicht durch einwirkende Kräfte zur Änderung des Zustands gezwungen wird.

Unter diesen Voraussetzungen ist somit die Geschwindigkeit eines solchen Körpers sowohl in seinem Betrag als auch seiner Richtung konstant. Um eine Änderung des Bewegungszustandes zu erreichen, muss eine äussere Kraft (z.B. die Gravitationskraft) auf den Körper wirken.

2. Newton'sches Gesetz - *Lex Secunda*

Das zweite Newton'sche Axiom, das AKTIONSPRINZIP bildet die Grundlage für viele Bewegungsgleichungen der Mechanik. Nach ihm ist die Änderung der Bewegung der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt. Dieser Zusammenhang zwischen Kraft und Bewegungsänderung wird formal als

$$\dot{\vec{v}} \propto \vec{F}$$

ausgedrückt, und wurde im Originalwerk von Newton bereits in Form der allgemein gültigen Formulierung

$$\vec{F} = \dot{\vec{p}}$$

beschrieben. Seit 1750 ist die von Leonhard Euler formulierte Form

$$\vec{F} = m\vec{a} \tag{1.1}$$

bekannt, die *Grundgleichung der Mechanik*, wobei \vec{a} die zeitliche Veränderung der Geschwindigkeit, die *Beschleunigung*, bezeichnet.

3. Newton'sches Gesetz - *Lex Tertia*

Das dritte Newton'sche Axiom, das WECHSELWIRKUNGSPRINZIP, besagt, dass Kräfte immer paarweise auftreten. Ein Körper 1, der auf einen anderen Körper 2 eine Kraft ausübt, erfährt stets eine gleich grosse, aber ihm entgegengerichtete Kraft vom anderen Körper ausgehend:

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$$

In einem abgeschlossenen System ist somit die Summe der Kräfte gleich null:

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \quad (1.2)$$

Das dritte Newton'sche Axiom ist auch gemeinhin bekannt als das Prinzip von *actio und reactio*. Die Voraussetzung einer Fernwirkung hat jedoch als Konsequenz, dass dieses Axiom in der zeitabhängigen Elektrodynamik, wie überhaupt in der Speziellen Relativitätstheorie, seine Allgemeingültigkeit verliert, und nur unter bestimmten Bedingungen zutrifft.

4. Newton'sches Gesetz - *Lex Quarta*

Das vierte Newton'sche Gesetz wurde erst später als Zusatz zu den Bewegungsgesetzen zu den Newton'schen Axiomen gezählt. Es beschreibt das Prinzip der ungestörten Überlagerung, das SUPERPOSITIONSPRINZIP DER KRÄFTE, und besagt, dass wenn auf einen Punkt oder einen starren Körper mehrere Kräfte wirken, diese sich vektoriell zu einer resultierenden Kraft addieren:

$$\vec{F}_{res} = \sum_i \vec{F}_i \quad (1.3)$$

Impulserhaltung

Der Impulserhaltungssatz ist ein fundamentaler Erhaltungssatz der Physik und besagt, dass der Gesamtimpuls in einem abgeschlossenen System gleich bleibt, also konstant ist. Die Erhaltung des Impulses gilt in der klassischen Mechanik sowohl als in der Quantenmechanik und der speziellen Relativitätstheorie und ist unabhängig von der Erhaltung der Energie. Zur Beschreibung von Stossprozessen besagt der Satz, dass der Gesamtimpuls aller Stosspartner vor und nach dem Stoss identisch sein muss, sowohl beim *elastischen* (wenn die kinetische Energie beim Stoss erhalten bleibt), als auch beim *inelastischen Stoss* (wenn kinetische Energie beim Stoss verloren geht).

Die Impulserhaltung ist eine direkte Folgerung aus dem zweiten und dem dritten Newton'schen Axiom. Da die auf einen Körper wirkende Kraft gleich der zeitlichen Änderung des Impulses entspricht (zweites Newton'sches Axiom):

$$\vec{F} = \dot{\vec{p}}$$

und es für jede Kraft (wenn keine äusseren Kräfte wirken¹) eine gleich grosse, ihr entgegengesetzte Gegenkraft gibt, ist die Summe dieser Kräfte somit null. Da dies für alle Kräfte gilt, ist auch die Vektorsumme aller im System wirkenden Kräfte null und somit auch die Änderung des Gesamtimpulses:

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i = \sum_i \dot{\vec{p}}_i = \dot{\vec{p}} = 0 \quad (1.4)$$

¹Für den Impulserhaltungssatz ist diese Forderung, dass keine äusseren Kräfte wirken, nicht unbedingt notwendig. Vielmehr genügt bereits die schwächere Bedingung, dass die *Summe* der äusseren Kräfte null ist $\sum_i \vec{F}_i^{ext} = \vec{F}^{ext} = 0$. Somit müssen nicht die einzelnen äusseren Kräfte verschwinden, sondern lediglich deren Gesamtsumme.

Da die zeitliche Ableitung des Impulses verschwindet, ist der Impuls konstant, der Massenschwerpunkt bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit fort. Somit bewegt sich der Schwerpunkt eines Systems, wenn keine äusseren Kräfte wirken, mit konstanter Geschwindigkeit und Richtung.

Energieerhaltung

In der Newton'schen Mechanik ist die Summe aus kinetischer T und potentieller Energie V , $E = T + V$, im Falle einer Bewegung von Teilchen in einem konservativen Kraftfeld erhalten. Dabei ist der negative Gradient der potentiellen Energie, auch das Potential genannt, die Kraft:

$$\vec{F} = -\vec{\nabla}V$$

Ein Teilchen, das sich in solch einem Kraftfeld mit der Zeit t auf einem beliebigen Weg $x(t)$ von einem Start- zu einem Zielpunkt bewegt, benötigt unabhängig vom Weg immer die gleiche Arbeit, gegeben durch die Differenz der potentiellen Energie an Start und Ziel.

Nach dem zweiten Newton'schen Gesetz gilt somit:

$$m\ddot{x} = \vec{F} = -\vec{\nabla}V$$

Multiplikation beider Seiten mit \dot{x} liefert:

$$\begin{aligned} m\ddot{x}\dot{x} &= -(\vec{\nabla}V)\dot{x} \\ &= -\sum_{i=1}^3 \frac{\partial V}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt} \\ &= -\frac{dV}{dt} \end{aligned}$$

Integration nach der Zeit führt zu der benötigten Arbeit entlang eines beliebigen, stetig differenzierbaren, Weges mit der jeweiligen potentiellen Energie V_1 am Start- und V_2 am Zielpunkt:

$$\begin{aligned} \int_{t_1}^{t_2} m\ddot{x}\dot{x}dt &= -\int_{V_1}^{V_2} dV \\ T_2 - T_1 &= -V_2 + V_1 \\ T_1 + V_1 &= T_2 + V_2 \end{aligned}$$

Somit ist die Summe aus potentieller und kinetischer Energie nach einer Bewegung des Körpers unverändert, die Gesamtenergie bleibt *erhalten*.

Schwerpunktsatz

Der Schwerpunktsatz besagt, dass sich der Schwerpunkt eines Systems mehrerer Körper wie ein Massenpunkt verhält, dessen Masse die Summe der Massen der einzelnen Körper ist und auf den die vektorielle Summe aller von aussen an den einzelnen Körpern angreifenden Kräfte wirkt.

Somit bewegt sich der Schwerpunkt unbeeinflusst von den inneren Kräften zwischen den einzelnen Körpern des Systems. Ist die Vektorsumme der äusseren Kräfte Null, so bewegt sich der Schwerpunkt kräftefrei und somit geradlinig und ohne Änderung seiner Geschwindigkeit (erstes Newton'sches Axiom).

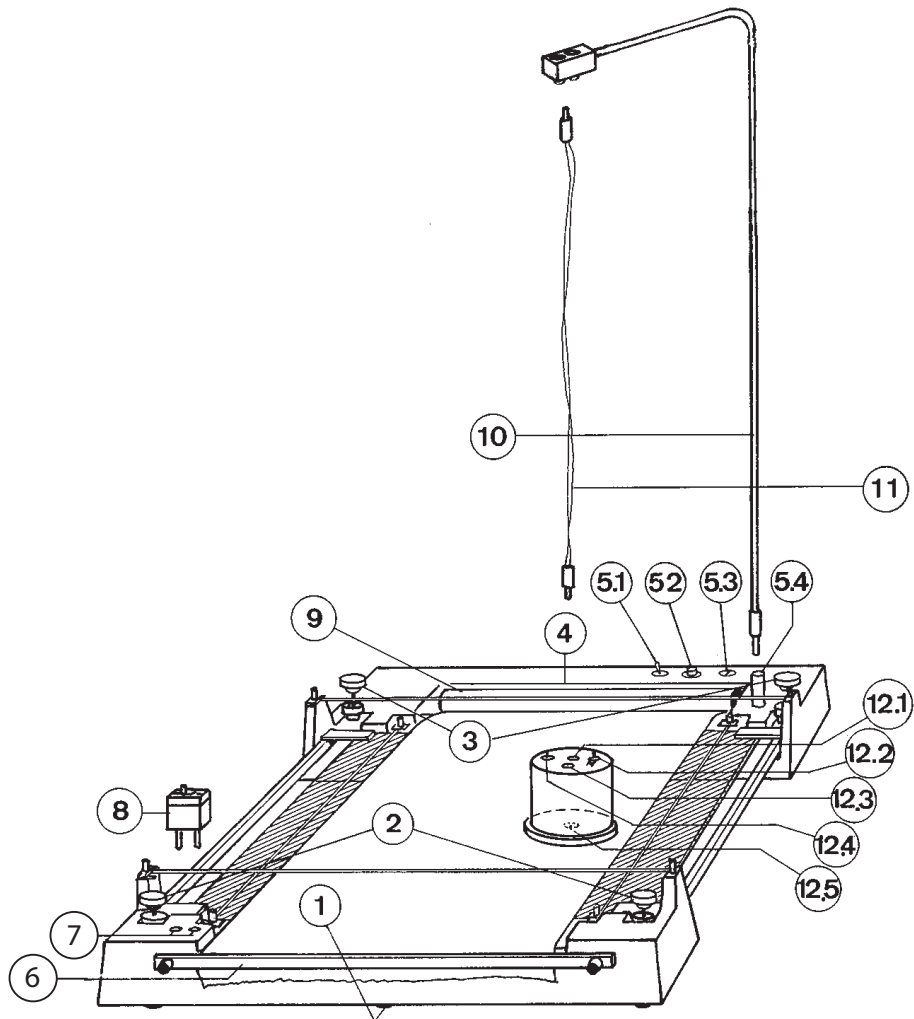


Abbildung 1.1: Versuchsaufbau Luftkissentisch.

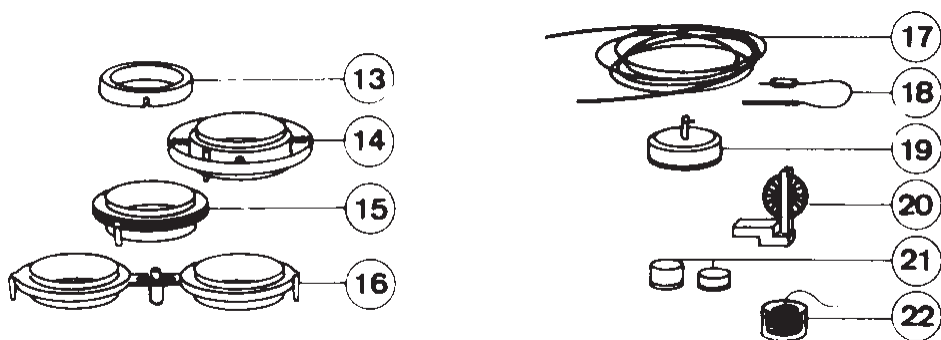


Abbildung 1.2: Zubehör zum Luftkissentisch.

1.3 Experiment

1.3.1 Versuchszubehör

- ① fester Fuss der Dreipunktauflage
- ② Stellschrauben für Zusatzfüsse (zur Stabilisierung der mit der Dreipunktauflage ① / ③ erreichten Niveau-Einstellung)
- ③ Nivellierschrauben für Dreipunktauflage
- ④ Mulde für Metall-Registrierpapier
- ⑤ Netzteil zur Spannungsversorgung des Gebläses und der Registrierelektroden
- ⑤.1 Frequenzwähler 10Hz/50Hz für Nadelimpulse (an Registrier-Elektroden ⑫ und/oder ⑱)
- ⑤.2 Netzschalter mit Betriebsanzeigeleuchte
- ⑤.3 Halter mit Primärsicherung
- ⑤.4 Steckbuchse für Stromversorgungsmast ⑩
- ⑥ Spannleiste zum Einspannen des Registrier-Metallpapiers und zur elektrischen Kontaktgabe (Registrierstromkreis)
- ⑦ 4-mm-Buchsen, intern verbunden mit Spannleiste ⑥ und Netzteil (Registrierstromkreis)
- ⑧ Tastschalter zum Schliessen des Registrierstromkreises
- ⑨ Rolle Registrier-Metallpapier, 20m, 45cm breit
- ⑩ Versorgungsmast, steckbar in Buchse ⑤.4; mit 2 parallel geschalteten Buchsen zum Anschluss der Versorgungsleitungen ⑪ für 2 Gleiter ⑫. Höhe des Mastes über der Glasplatte: ca. 80cm
- ⑪ Versorgungskabel (2x), ca 85cm lang, zum Anschluss der vom Netzteil ⑤ gelieferten Spannungen am Gleiter ⑫.
- ⑫ Gleiter (2x) mit Gebläse zur Erzeugung des Luftkissens und mit schleifender Mittelpunkt-Elektrode zur Registrierung. (Durchmesser: ca. 10cm; Höhe: ca. 10cm; Masse: 937g ± 1g)
- ⑫.1 Buchse mit Stift für Versorgungskabel ⑪
- ⑫.2 Ein-Aus-Schalter für Gebläse
- ⑫.3 Buchse zum Anschluss der Zusatz-Elektrode ⑱; unabhängig von Stellung des Schalters ⑫.4 stets mit Registrierspannung belegt
- ⑫.4 Ein-Aus-Schalter für Registrierspannung an Mittelpunkt-Elektrode ⑫.5
- ⑫.5 Mittelpunkt-Elektrode; Registrierung bei geschlossenem Schalter ⑫.4 und gleichzeitig gedrücktem Taster ⑧
- ⑬ Zusatzmasse (2x, Masse: 501g ± 1g) für Gleiter ⑫
- ⑭ Elastischer Federring (2x) für Gleiter ⑫; an der Peripherie Halter für Zusatz-Elektrode ⑱ (Masse: 61g ± 1g)

- ⑮ unelastischer Haftring (2x) für Gleiter ⑫; an der Peripherie Halter für Zusatz-Elektrode ⑱ (Masse: $60\text{g} \pm 1\text{g}$)
- ⑯ Doppelring zur Kupplung von 2 Gleitern ⑫ mit 3 Haltern für Zusatz-Elektroden; 1 Halter verschiebbar (Trägheitsachse), 2 Halter fest (Peripherie)
- ⑰ Gummiband (ca. 3m) zur elastischen Kopplung von 2 Gleitern sowie zur elastischen Begrenzung der Experimentierfläche
- ⑱ Zusatz-Elektrode (2x) zum Einsetzen in die Halter ⑭, ⑮ und ⑯ als Peripherie-Elektrode oder Schwerpunkt-Elektrode; mit Kabel und Stecker zum Anschluss an Buchse ⑫.③
- ⑲ Standfuss mit Befestigungsring (Drehachse für Versuche zur Kreisbewegung)
- ⑳ Umlenkrolle mit Haftmagnet zum Ansetzen an Spannleiste ⑥; für Beschleunigungsversuche
- ㉑ 2 Unterlegklötze für Fuss ①, 1cm und 2cm hoch, \varnothing 3cm; zum Neigen des Tisches um etwa 1° , 2° und 3° (Schiefe Ebene)
- ㉒ Schnur zur Verbindung des Gleiters mit einer beschleunigenden Masse (über die Umlenkrolle ⑳) oder mit dem Ring an der Drehachse von Standfuss ⑲.

1.3.2 Versuchsaufbau und Justage

Horizontaljustierung

- Zusatzfüsse mit den Stellschrauben ② so weit anheben, dass der Tisch nur noch in Dreipunktauflage auf Fuss ① und den beiden, durch Schrauben ③ justierbaren Füßen steht.
- Einen Gleiter etwa in die Mitte des Tisches stellen und über Kabel ⑪ mit dem Versorgungsmast ⑩ verbinden.
- Netzschalter ⑤.② eindrücken und Gebläse zur Erzeugung des Luftkissens an Schalter ⑫.② einschalten.
- Glasplatte durch Betätigen der Nivellierschrauben ③ horizontal ausrichten, so dass sich der Gleiter nicht bewegt.
- Nivellierschrauben ③ durch Kontermuttern fixieren.
- Nivellierschrauben ② für Stabilisierungsfüße langsam betätigen, bis diese sanft auf der Arbeitsfläche aufsetzen, ohne die vorher eingestellte Horizontal-Lage des Tisches zu beeinträchtigen (Kontrolle durch ruhenden Gleiter).
- Schrauben ② ebenfalls durch Kontern fixieren.

Vorbereitung der Gleiter

Wichtig: Montage der Zusatzteile am Gleiter nicht auf dem Luftkissentisch vornehmen!

- Gleiter (12) (ohne Kabel (11)) auf eine saubere Unterlage (z.B. Blatt Papier) stellen; je nach Versuchsbedingungen Zusatzmasse (13) und/oder elastischen Federring (14) bzw. unelastischen Haftring (15) bzw. Doppelring (16) über den Gleiter streifen und diesen so drehen, dass der Anschlagnocken am Gleiterboden in die Nut des Ringes einrastet.
- Bei gleichzeitiger Verwendung von Zusatzmasse (13) und Federring (14) (oder Haftring (15) oder Doppelring (16)) zuerst Zusatzmasse montieren.
- Erforderlichenfalls Elektrode (18) in Halter einsetzen und an Buchse (12.3) anschliessen.

Wichtig: Gleitkörper grundsätzlich am Gleiter (12) und nicht an den zusätzlich montierten Teilen anfassen, um deren definierte Position nicht zu verändern.

Registrierung

- Netzschalter (5.2) eindrücken
- Frequenzwähler (5.1) auf 50Hz (für Markierungen in Zeitabständen von 0.02s) oder, bei sehr langsamen Bewegungen oder zur Vereinfachung der Auswertung, auf 10 Hz einstellen.
- Gebläse mit Schalter (12.2) einschalten.
- Zur Registrierung mit Mittelpunkt-Elektrode (12.5) Schalter (12.4) schliessen; soll ausschliesslich mit der Zusatz-Elektrode (18) registriert werden, Schalter (12.4) öffnen.
- Gleiter in Bewegung setzen und zur Registrierung Taster (8) gedrückt halten.

Falls nach dem Betätigen der Registrierungs-Tasters (8) die Registrierung nicht funktioniert, muss der Kontakt des Metallpapiers zur Spannleiste (6) überprüft und gegebenenfalls optimiert werden.

1.3.3 Aufgaben zur Auswertung

a) Gleichförmig geradlinige Bewegung

Komponente	Anzahl
Gleiter	1
Zusatzmasse	1

Durchführung

- Luftkissentisch horizontal ausrichten
- Registrier-Frequenz 50Hz einstellen
- Gleiter in einer Ecke aufsetzen
- Motor einschalten
- Gleiter diagonal anstossen und gleichzeitig Registrier-Knopf drücken, bis der Gleiter den Tisch durchlaufen hat

Auswertung

- Bestimme die Durchschnittsgeschwindigkeit des Gleiters
- Bestimme den Momentanwert der Geschwindigkeit des Gleiters für jeden registrierten Punkt und erstelle ein Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm.
- Erstelle ein Weg-Zeit-Diagramm der gleichförmigen geradlinigen Bewegung
- Untersuche anhand Deiner Messungen die bei jeder physikalischen Messung auftretenden systematischen und statistischen Abweichungen
- Bestimme die Verluste durch Reibung

b) Schiefe Ebene - Beschleunigung durch Hangabtrieb

Komponente	Anzahl
Gleiter	1
Zusatzmasse	1
Ring für elastischen Stoss	1
Unterlegklotz 1cm	1
Unterlegklotz 2cm	1

Durchführung

- Luftkissentisch horizontal ausrichten (ohne Stabilisierungsfüsse aufzusetzen)
- Registrier-Frequenz 50Hz einstellen
- Unterlegklotz unter den Festfuss der Dreipunktauflage schieben, um die schiefe Ebene herzustellen
- Gleiter am erhöhten Ende der schiefen Ebene aufsetzen
- Motor einschalten, Gleiter aber noch festhalten
- Registrierknopf drücken, gleichzeitig Gleiter freigeben, ohne ihm einen zusätzlichen Impuls zu erteilen
- Registrierknopf loslassen, wenn der Gleiter den Tisch durchlaufen hat
- Mit anderem Unterlegklotz wiederholen

Auswertung

- Erstelle für beide Messungen ein Weg-Zeit sowohl als auch ein Impuls-Zeit-Diagramm der beschleunigten Bewegung
- Berechne jeweils die mittlere beschleunigende Kraft
- Vergleiche Deinen Wert mit dem theoretisch berechneten Wert

c) Schiefer Wurf - Wurfparabel

Komponente	Anzahl
Gleiter	1
Zusatzmasse	1
Ring für elastischen Stoss	1
Unterlegklotz 1cm	1

Durchführung

- Luftkissentisch als schiefe Ebene (vgl. c)) aufstellen
- Registrier-Frequenz 50Hz einstellen
- Gleiter mit Zusatzmasse und Ring für elastischen Stoss ausrüsten
- Auf Ausrichtung des Registrierpapiers achten: Rand muss genau parallel zur Glasplattenkante verlaufen (wichtig für die Auswertung zum Eintragen der X- und Y-Achsen!)
- Motor einschalten und den Gleiter auf das erhöhte Ende der schiefen Ebene setzen (Abstand vom seitlichen Papierrand ca. 1cm und vom oberen Begrenzungsgummi ca. 10cm.)
- Gleiter so ausrichten, dass zwei entgegengesetzte Federn des Ringes senkrecht zu dem oberen und unteren Begrenzungsgummiband des Tisches liegen
- Gleiter loslassen: Er bewegt sich geradlinig nach unten und prallt gegen das untere Begrenzungsgummiband, das nun den Gleiter schräg nach oben zurückwirft. Der Gleiter beschreibt eine Parabel. (Positioniere zur Übung den Gleiter in einer geringen Distanz zum unteren Begrenzungsgummi und vergrößere danach in kleinen Schritten die Distanz, um den Gleiter durch den Aufprall nicht zu beschädigen.)
- Die Registrierung sofort nach dem Rückwurf des Gleiters durch das Gummiband beginnen und kurz nach dem Wiedererreichen dieses Bandes beenden

Auswertung

- Zerlege die Bewegung in horizontale und vertikale Komponenten, indem Du die Tangente im Gipfelpunkt der Parabel als X-Achse und eine Senkrechte dazu als Y-Achse einführest
- Erstelle ein Weg-Zeit-Diagramm des schiefen Wurfes
- Bestimme die Art der horizontalen und vertikalen Komponente
- Berechne die Verzögerung/Beschleunigung im aufsteigenden/absteigenden Ast
- Vergleiche Deine Werte mit den theoretisch bestimmten Werten

d) Bewegung des Schwerpunktes - Überlagerung von Translation und Rotation

Komponente	Anzahl
Gleiter	1
Ring für elastischen Stoss	1
Zusatz-Elektrode	1

Durchführung

- Luftkissentisch horizontal ausrichten
- Registrier-Frequenz 50Hz einstellen
- Ring für elastische Stösse über Gleiter streifen
- Zusatz-Elektrode in Peripherie-Halter setzen und am Gleiter anschliessen
- Gleiter anschliessen und Motor einschalten
- Gleiter anstossen und ihm gleichzeitig einen Drehimpuls erteilen
- Nach Start des Gleiters Registrierknopf drücken, ihn dann kurz freigeben und wiederum drücken (Damit können die Registrierstiche der Peripherie-Elektrode den zeitlich entsprechenden (synchron erzeugten) Registrierstrichen der Mittelpunktselektrode zugeordnet werden)
- Registrierung beenden, wenn der Gleiter den Tisch durchlaufen hat

Auswertung

- Bestimme die Schwerpunktschwindigkeit
- Bestimme die Rotationsgeschwindigkeit des Gleiters
- Erstelle ein Weg-Zeit-Diagramm der Translation und der Rotation
- Bestimme die Art der Bewegung des Schwerpunkts und die der Drehbewegung

e) Elastischer Stoss

Komponente	Anzahl
Gleiter	2
Zusatzmasse	1
Ring für elastischen Stoss	2

Durchführung

- Luftkissentisch horizontal ausrichten
- Registrier-Frequenz 50Hz einstellen
- Einen Gleiter mit Zusatzmasse und Ring für elastische Stösse, den anderen nur mit Ring für elastische Stösse ausrüsten
- Gleiter anschliessen und Motoren einschalten

- Die Gleiter gleichzeitig so anstossen, dass sie schräg gegeneinander laufen
- Gleichzeitig mit der Registrierung beginnen, dann kurz unterbrechen und wiederum einschalten, um synchrone Registrierstriche erfassen zu können

Auswertung

- Untersuche die Erhaltung des Impulses des elastischen Stosses
- Untersuche die Impulsübertragung vom einen Gleiter auf den anderen
- Untersuche die Erhaltung der Energie
- Berechne und plote den Systemschwerpunkt und bestimme die Art seiner Bewegung

f) Inelastischer Stoss

Komponente	Anzahl
Gleiter	2
Zusatzmasse	2
Ring für inelastischen Stoss	2

Durchführung

- Luftkissentisch horizontal ausrichten
- Registrier-Frequenz 50Hz einstellen
- Beide Gleiter mit Zusatzmasse und Ring für inelastische Stösse ausrüsten
- Gleiter anschliessen und Motoren einschalten
- Einen Gleiter in Ruhe, den zweiten ein wenig exzentrisch gegen den unbewegten laufen lassen
- Gleichzeitig mit der Registrierung beginnen

Auswertung

- Untersuche die Erhaltung des Impulses des inelastischen Stosses
- Untersuche die Impulsübertragung vom einen Gleiter auf den anderen
- Untersuche die Erhaltung der Energie
- Berechne den Systemschwerpunkt und bestimme die Art seiner Bewegung

1.4 Literatur

- Friedhelm Kuypers, *Klassische Mechanik*, WILEY-VCH
- Goldstein, Poole & Safko, *Classical Mechanics*, Addison-Wesley