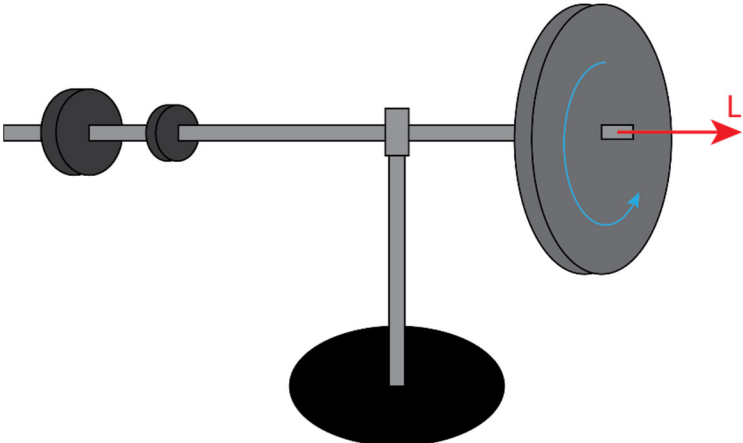


### das Szenario

<b>Schmelzen</b>	<b>Mechanik, Gyroskop</b>
<b>Filmlänge</b>	4:43
<b>Hauptziele</b>	Dynamik starrer Körper
<b>Spezifisches Ziel</b>	Erklärung von Präzession und Nutation.
<b>Aufbau und Beschreibung der Versuche:</b>	
<b>1. Einführung</b>	Beobachtung des Verhaltens der Kreiselwaage bei veränderter Gewichtsverteilung auf ihren Armen.
<b>2. Hauptthema</b>	Ziel des Experiments ist es, die Schüler*innen in Themen rund um das Konzept der Präzession und Nutation einzuführen. Darstellung des Phänomens Präzession und Nutation, Diskussion des Kraftmoments.
<b>Teil 1</b>	
<b>Versuch 1: 1:20</b>	<p><b>Materialien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kreiselwaage,</li> <li>• Gewichte,</li> <li>• Schnur.</li> <li>•</li> </ul> <p><b>Beschreibung:</b> Die Kreiselwuchtscheibe wird wie in Abb. 1 dargestellt in Rotation versetzt.</p>  <p>Abb. 1. Anfangsposition der Kreiselskala.</p> <p>Wir drehen die Waage und beobachten, was passiert. Wir sehen, dass die Rotationsachse die Zeit immer in einer Richtung hält. Die Unruh dreht sich nicht um die vertikale Achse.</p> <p><b>Gragen:</b> Warum dreht sich die Waage nicht um die vertikale Rotationsachse? Was können wir über Power Coins sagen? Wo im Alltag haben wir es mit ausgleichenden Kräfte momenten zu tun?</p>

**Schlussfolgerungen:**

Wenn die Massen so auf der Waage verteilt sind, dass sich die Kraftmomente ausgleichen, gibt es keine äußeren Beiträge zum System und der Drehimpuls bleibt erhalten. Die Waage bleibt im Gleichgewicht, dreht sich nicht um die vertikale Drehachse.

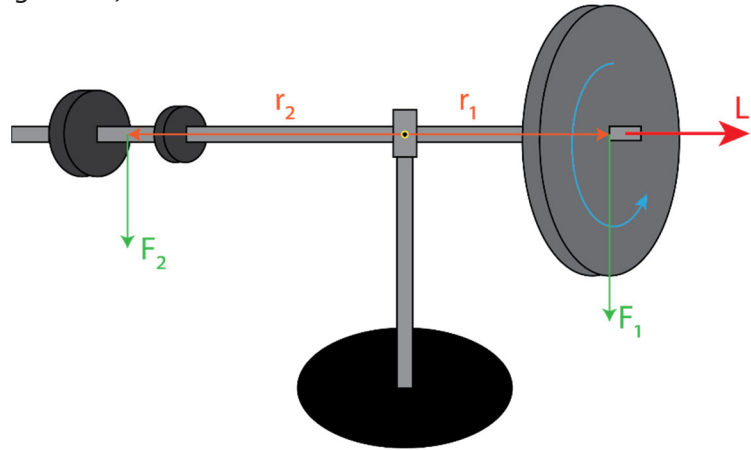


Abb. 2. Kräfteverteilung - Balance in Balance.

$$\begin{aligned}
 r_2 &> r_1 \\
 m_2 &< m_1 \\
 \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 &= \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 \\
 \vec{M}_1 &= \vec{M}_2
 \end{aligned}$$

**Versuch 2: 1:40**

**Materialien:**

- Kreiselwaage,
- Gewichte,
- Schnur.

**Beschreibung:**

Die Kreiselwuchtscheibe dreht sich nach wie vor. Kurzzeitig wird eine äußere Unwuchtkraft in das System eingeleitet Abb. 3.

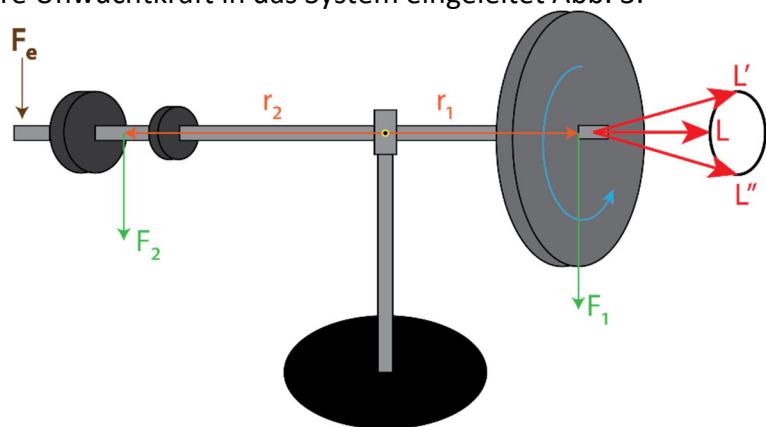


Abb. 3. Richtungsänderung des Drehimpulsvektors.

	<p>Wir drehen die Waage um die vertikale Achse und beobachten, was passiert. Wir sehen, dass die Rotationsachse die ganze Zeit in einer Richtung bleibt, aber es gibt eine zusätzliche Bewegung davon.</p> <p><b>Fragen:</b>          Warum erschien die zusätzliche Bewegung im System?          Wo im Alltag sind wir mit einer ähnlichen Situation konfrontiert?          Wie lange dauert die Nutationsperiode der Erde?          Was verursacht Erdnutation?          Gibt es auch Nutationen für einen Kreisel (Spielzeug)?          Beeinflusst die Schwerkraft von Mond und Sonne die Nutation der Erde?</p> <p><b>Schlussfolgerungen:</b>  <i>Das Einbringen einer kurzfristigen äußeren Kraft in das System verursacht eine Nutation.</i></p>
<p><b>Versuch 3: 2:06</b></p>	<p><b>Materialien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kreiselwaage,</li> <li>• Gewichte,</li> <li>• Schnur.</li> <li>•</li> </ul> <p><b>Beschreibung:</b>          Die Kreiselwuchtscheibe dreht sich nach wie vor. Wir ändern die Verteilung der Masse auf der linken Seite. Wir bewegen ein kleines Gewicht näher an die vertikale Rotationsachse Abb. 4.</p> <div data-bbox="651 1220 1412 1657" data-label="Image"> </div> <p>Abb. 4. Kräfteverteilung bei einer Kreiselwaage.</p> <p>Nachdem das Gewicht nach rechts bewegt wurde, beginnt sich die Waage mit einer sich drehenden Scheibe in Richtung des Experimentators zu drehen.</p> <p><b>Fragen:</b>          Warum erschien die zusätzliche Bewegung im System?          Wo im Alltag sind wir mit einer ähnlichen Situation konfrontiert?</p>

Wie lange dauert die Präzession der Erde?  
 Was verursacht die Präzession der Erde?  
 Gibt es auch für einen Kreisel (Spielzeug) eine Präzession?

**Schlussfolgerungen:**  
 Wenn wir die Situation in Abb. 4 analysieren, können wir das System wie folgt darstellen: Abb. 5.

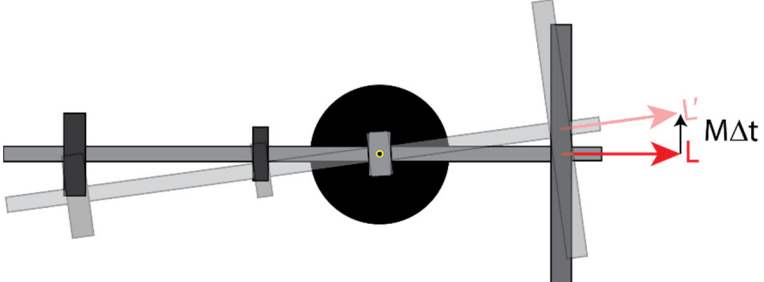


Abb. 5. Ansicht von oben für die Situation in Abb. 4.

Infolge des Auftretens eines unausgeglichenes Kraftmoments im System beginnt sich die Unruh zu drehen - der Drehimpulsvektor ändert seine Richtung.

**Versuch 4: 2:38**

**Materialien:**

- Kreiselwaage,
- Gewichte,
- Schnur.

**Beschreibung:**  
 Die Kreiselwuchtscheibe dreht sich nach wie vor. Wir ändern die Verteilung der Masse auf der linken Seite. Bewegen Sie das kleine Gewicht weiter von der vertikalen Rotationsachse weg Abb. 6.

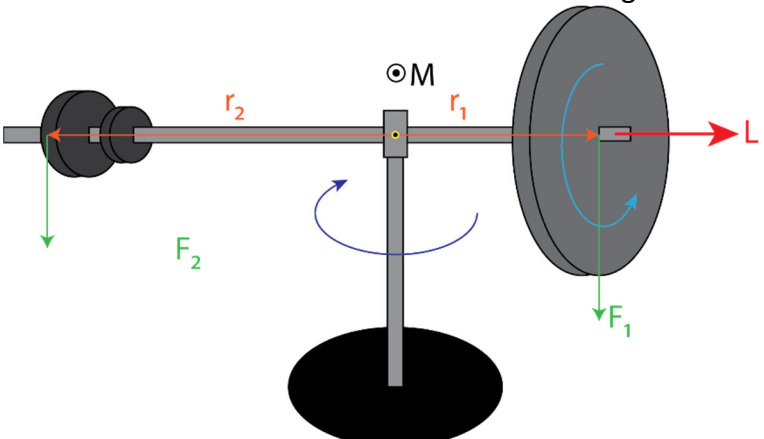
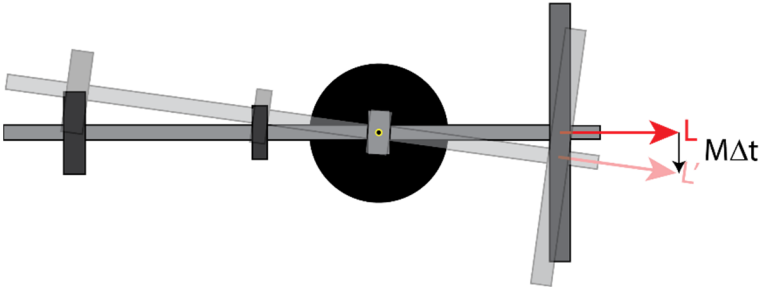
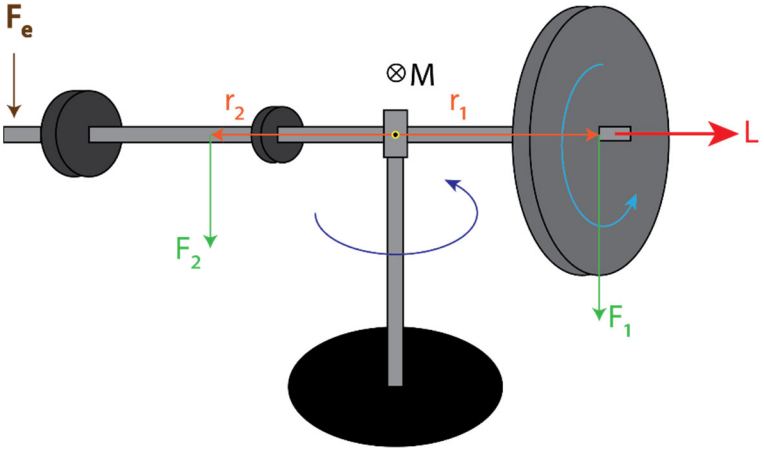
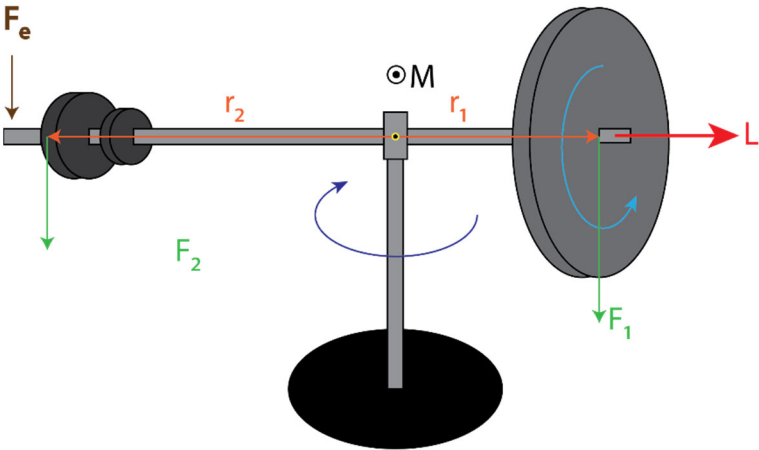


Abb. 6. Kräfteverteilung bei einer Kreiselwaage.

Nachdem Sie das Gewicht nach links bewegt haben, beginnt sich die Waage mit einer sich drehenden Scheibe des Experimentators zu drehen.

	<p><b>Fragen:</b> wie oben</p> <p><b>Schlussfolgerungen:</b> Wenn wir die Situation in Abb. 6 analysieren, können wir das System wie folgt darstellen: Abb. 7.</p>  <p>Abb. 7. Ansicht von oben für die Situation in Abb. 6.</p> <p>Infolge des Auftretens eines unausgeglichenes Kraftmoments im System beginnt sich die Unruh zu drehen - der Drehimpulsvektor ändert seine Richtung.</p>
<p><b>Versuch 5: 3:13</b></p>	<p><b>Materialien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kreiselwaage,</li> <li>• Gewichte,</li> <li>• Schnur.</li> </ul> <p><b>Beschreibung:</b> Die Kreiselwuchtscheibe dreht sich nach wie vor. Wir ändern die Verteilung der Masse auf der linken Seite. Wir bewegen ein kleines Gewicht näher an die vertikale Rotationsachse und wenden eine äußere Kraft, wie in Abb. 8, an.</p>  <p>Abb. 8. Kräfteverteilung bei einer Kreiselwaage.</p> <p>Nachdem das Gewicht nach rechts bewegt wurde, beginnt sich die Waage mit einer sich drehenden Scheibe in Richtung des Experimentators zu drehen. Außerdem ist eine Nutation sichtbar (Experiment 3).</p>

	<p><b>Schlussfolgerungen:</b> Das System ist eine Kombination aus zwei Experimenten und ermöglicht es, die volle Bewegung des Kreisels (oben) unter Berücksichtigung äußerer Kräfte darzustellen. Das Experiment kann auf die Präzession der Erde mit Nutation bezogen werden.</p>
<p><b>Versuch 6: 3:40</b></p>	<p><b>Materialien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kreiselwaage,</i></li> <li>• <i>Gewichte,</i></li> <li>• <i>Schnur.</i></li> </ul> <p><b>Beschreibung:</b> Die Kreiselwuchtscheibe dreht sich nach wie vor. Wir ändern die Verteilung der Masse auf der linken Seite. Wir bewegen ein kleines Gewicht weiter von der vertikalen Rotationsachse und wenden eine äußere Kraft wie in Abb. 9 an.</p>  <p>Abb. 9. Kräfteverteilung bei einer Kreiselwaage.</p> <p>Nachdem das Gewicht nach links verschoben wurde, beginnt die Waage mit einer sich drehenden Scheibe des Experimentators zu rotieren. Außerdem ist eine Nutation sichtbar (Experiment 3).</p> <p><b>Schlussfolgerungen:</b> <i>Wie in Versuch 5.</i></p>
<p><b>Zusammenfassung, Bewertung und Kommentare</b></p>	<p><b>Anwendung:</b> Der Film kann zu Beginn des Unterrichts als Einführung in Themen der Mechanik und Astronomie und als Zusammenfassung zur Überprüfung des Wissens der Schüler verwendet werden. Es behandelt die Themen Drehimpuls, Drehmoment, Ungleichgewichte im System.</p> <p><b>Stufe:</b> Sekundarschule</p>