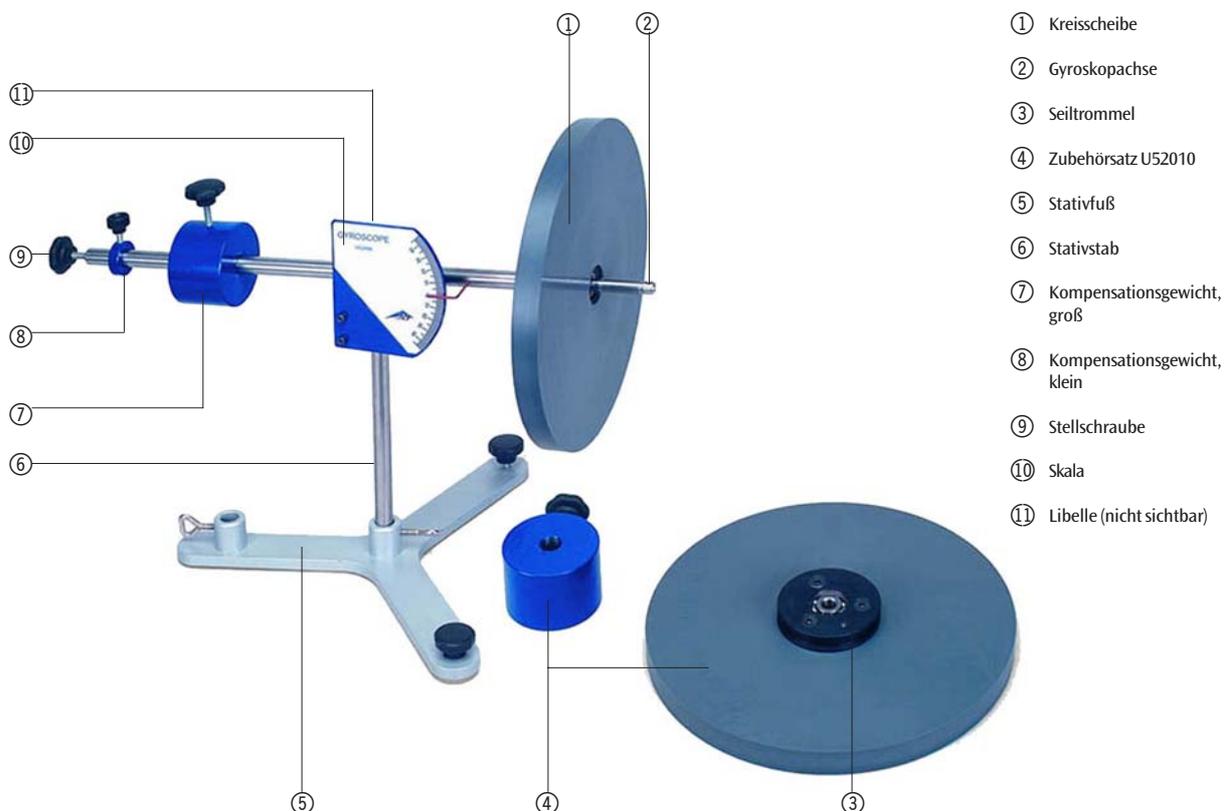


## Gyroskop U52006

## Zubehör Gyroskop U52010

### Bedienungsanleitung

9/05 ALF



Das Gyroskop dient sowohl zur Demonstration als auch zur quantitativen Erarbeitung der Kreiselgesetze im Praktikumsversuch. Folgende Themen können experimentell behandelt werden:

- Trägheitsmoment der Kreisscheibe
- Drehmoment/Drehimpuls
- Präzession
- Nutation

#### 1. Sicherheitshinweise

- Für sicheren Stand des Gyroskops sorgen.
- Darauf achten, dass keine Teile des Gyroskops (Kreisscheibe, Gewichte) herunter fallen können.

#### 2. Beschreibung, technische Daten

##### 2.1 Gyroskop

Das Gyroskop besteht aus einer auf einem Stativstab ⑥ horizontal und vertikal drehbar gelagerten Gyroskopachse ②, auf deren einen Seite eine doppelt kugelgelagerte Kreisscheibe ① aufgesetzt ist. Auf der Gegenseite befindet sich zwei verschiebbare Kompensationsgewichte ⑦, ⑧ zur Herstellung des Gleichgewichts, wobei die Feinjustierung über eine Stellschraube ⑨ am Ende der Achse erfolgt. Zur Erzeugung von äußeren Drehmomenten wird ein Hänger mit einem Zusatzgewicht an die Achse gehängt. Der Neigungswinkel der Achse wird an einer gut ablesbaren Skala ⑩ angezeigt. Eine Libelle ⑪ ermöglicht die waagrechte Ausrichtung des Gyroskops. Die Kreisscheibe kann von Hand oder mittels einer Schnur in

Rotation versetzt werden, wobei das Doppelkugellager eine nahezu reibungsfreie, lange Rotationsdauer gewährleistet. Dabei erlaubt die offene Bauweise des Gyroskops eine sehr gute Beobachtung der Kreiselphänomene.

Skala:	-45° bis +45°
Skalenteilung:	1°
Kreisscheibe:	250 mm Ø
Masse Scheibe:	1500 g
Masse Gegengewichte:	50 g, 1400 g
Gesamtmasse:	4650 g

## 2.2 Zubehör Gyroskop

Der Zubehörsatz zum Gyroskop U52006 besteht aus einer weiteren Kreisscheibe und einem Kompensationsgewicht. Er dient zur Demonstration der Aufhebung der Kreiselphänomene bei zwei entgegengesetzt rotierenden Scheiben mit gleicher Drehzahl.

## 3. Theorie

Unter einem Kreisel versteht man einen starren Körper, der sich um eine in einem Punkt fixierte Achse dreht. Wirkt auf den Kreisel kein äußeres Drehmoment, dann behält die Drehachse (gleichzeitig Drehimpulsachse) ihre Lage im Raum bei. Greift eine äußere Kraft an der Achse an, so bewirkt das Drehmoment eine Änderung des Drehimpulses. Die Achse weicht seitlich aus. Der Kreisel bewegt sich in die zur Figurenachse und zur einwirkenden Kraft senkrechte Richtung. Diese Bewegung wird als Präzession bezeichnet. Erhält ein ruhig drehender Kreisel einen Stoß gegen seine Drehachse, so bewirkt dieses Drehmoment eine zusätzliche Drehbewegung. Der Kreisel führt Kippbewegungen aus, die Nutation genannt werden. Beide Bewegungen überlagern sich im Allgemeinen.

## 4. Bedienung

- Stativfuß ⑤ auf eine ebene, schwingungsfreie Arbeitsplatte platzieren.
- Stativstange ⑥ in den Stativfuß stellen und fixieren.
- Gyroskopachse ② in das Lager einsetzen.
- Mittels der Libelle ⑪ Gerät waagrecht ausrichten.
- Kreisscheibe ① und Gegengewichte ⑦, ⑧ auf die Achse schieben. Kreisscheibe mit dem Sprengring sichern. Gyroskop ins Gleichgewicht bringen. Feinjustierung mit der Stellschraube ⑨ vornehmen.
- Gerät per Hand oder mittels der auf der Seiltrommel ③ aufgewickelten Schnur in Rotation versetzen.

## 5. Versuchsbeispiele

Zur Durchführung der Experimente sind folgende Geräte zusätzlich erforderlich:

- U11901 Mechanische Additions-Stoppuhr zur Messung der Präzessions- und Nutationsfrequenz
- U15002 Stativstange und U13250 Doppelmuffe zum Fixieren des Kreisels
- U18020 Lichtschranke und U21005 Digitalzähler zum Messen der Umlaufzeit der Kreisscheibe

## 5.1 Bestimmung des Trägheitsmoments / der Kreisscheibe

- Gyroskop gemäß Fig. 1 aufbauen und ins Gleichgewicht bringen.
- Auf die Scheibe wird ein bekanntes Drehmoment  $D$  ausgeübt. Die bewirkte Winkelbeschleunigung  $d\omega/dt$  wird gemessen. Es gilt:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{D}{I}$$

- Dazu Schnur auf die Seiltrommel aufwickeln und am Ende der Schnur ein Gewichtstück aufhängen und fallen lassen.
- Für das Drehmoment  $D$  gilt  $D = mgr$  ( $m$  = Masse des beschleunigenden Gewichtstücks und  $r$  = Radius der Seiltrommel).
- Zur Bestimmung der Winkelbeschleunigung wird die Zeit  $\Delta t$  gemessen von der Freigabe der Scheibe bis zum Auftreffen des Gewichtstücks auf dem Boden.
- Dann sofort die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_E$  bestimmen. Dazu mit der Lichtschranke die Dauer eines Scheibenumlaufs messen. Vor dem Versuch einen weichen Papierstreifen an den Rand der Kreisscheibe kleben.
- Das Trägheitsmoments  $I$  ergibt sich aus:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_E}{\Delta t} \quad I = \frac{D \Delta t}{\omega_E}$$

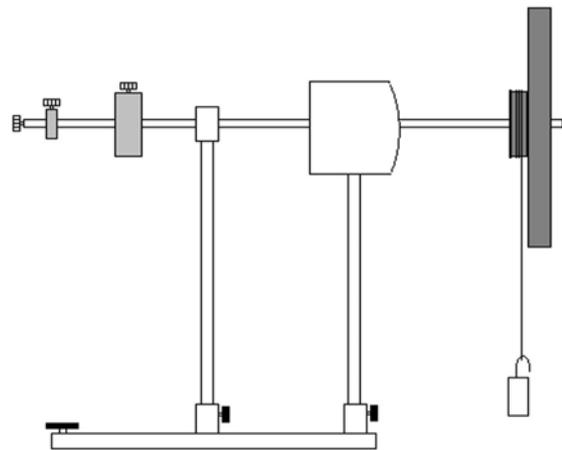


Fig. 1: Bestimmung des Trägheitsmoments der Kreisscheibe

## 5.2 Präzession

- Ziel des Versuchs ist es die Präzession zu demonstrieren und die Abhängigkeit der Präzessionsdauer von der Rotationsfrequenz der Scheibe zu untersuchen.
- Gyroskop gemäß Fig. 2 aufbauen und ins Gleichgewicht bringen.
- Zusatzgewicht an die Achse hängen.
- Gerät per Hand oder mittels der Schnur in Rotation versetzen.
- Das Gyroskop führt eine Präzessionsbewegung aus.

- Rotationsfrequenz  $f$  der Scheibe bestimmen und Dauer für einen Präzessionsumlauf  $T_p$  messen.
- Die Beziehung zwischen  $f$  und  $T_p$  ergibt sich aus der Gleichung:

$$f = \frac{m g R}{4\pi^2 I} T_p$$

Dabei ist  $R$  der Abstand vom Lagerpunkt der Gyroskopachse zum Angriffspunkt der Zusatzmasse  $m$ .

- Weitere Messpunkte bei abnehmender Rotationsfrequenz erfassen.
- Die Rotationsfrequenz als Funktion der Dauer eines Präzessionsumlaufts in ein Koordinatensystem auftragen.
- Aus der Steigung  $a$  der Geraden kann alternativ zur oben beschriebenen Methode das Trägheitsmoment  $I$  der Kreisscheibe bestimmt werden:

$$f = \frac{m g R}{4\pi^2 a}$$

- Den Versuch mit einem anderen Zusatzgewicht wiederholen. Es lässt sich zeigen, dass die Zusatzmasse annähernd proportional zur Präzessionsfrequenz ist.

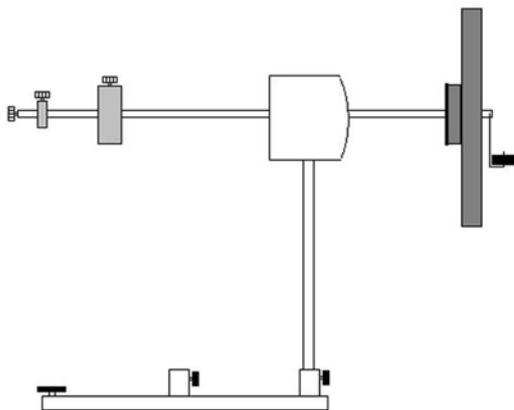


Fig. 2: Präzession

### 5.3 Nutation

- Ziel des Versuchs ist es die Nutation zu demonstrieren und die Abhängigkeit der Nutationsfrequenz von der Rotationsfrequenz der Scheibe zu untersuchen.
- Gyroskop gemäß Fig. 3 aufbauen und ins Gleichgewicht bringen.
- Kreisscheibe per Hand oder mittels der Schnur in Rotation versetzen.
- Durch einen leichten, seitlichen Schlag auf die Gyroskopachse wird die Nutation ausgelöst.
- Zur quantitativen Auswertung des Versuchs die Dauer einer geeigneten Anzahl von Nutationsumläufen bestimmen.
- Anschließend die Umdrehungszeit der Kreisscheibe messen.

- Weitere Messpunkte bei abnehmender Scheibenfrequenz erfassen.
- Die Nutationsfrequenz als Funktion der Rotationsfrequenz der Scheibe in ein Koordinatensystem auftragen.
- Die Nutationsfrequenz ist proportional zur Rotationsfrequenz.

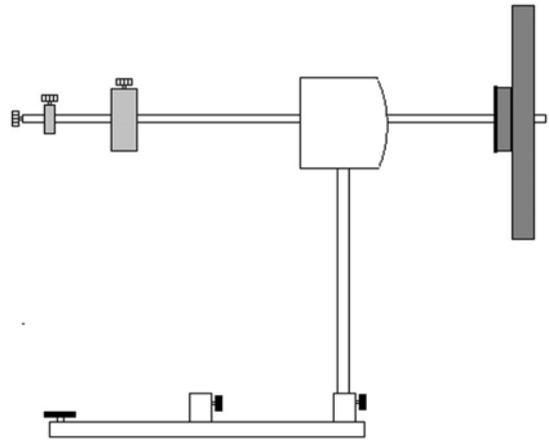


Fig.3: Nutation

### 5.4 Aufhebung der Kreiselphänomene

- Die zweite Kreisscheibe und das Kompensationsgewicht gemäß Fig.4 auf die Achse schieben. Kreisscheibe mit dem Sprengring sichern.
- Das Gyroskop ausbalancieren.
- Zusatzmasse anbringen.
- Kreisscheiben per Hand in Rotation versetzen, so dass sie in gleicher Richtung drehen. Zur besseren Sichtbarmachung der Drehrichtung kann ein Stück weißes Papier auf die Kreisscheiben geklebt werden.
- Präzession und Nutation demonstrieren.
- Beide Enden der Schnur werden dann auf die entsprechenden Seiltrommeln in entgegengesetztem Wicklungssinn aufgewickelt.
- Nach Ziehen der Schnur rotieren die beiden Scheiben mit annähernd gleicher Drehzahl jedoch in entgegengesetzter Richtung.
- Aufhebung der Kreiselphänomene demonstrieren.

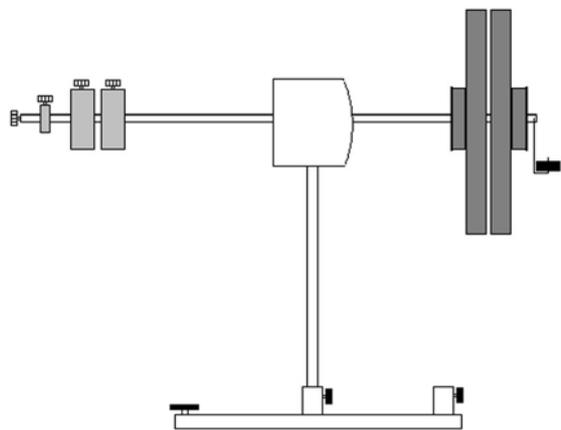


Fig. 4: Aufhebung der Kreiselphänomene