

M.10 Gyroskop-Versuch

Santiago R.

03.5.2019

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Aufbau	2
1.3 Formeln	2
2 Aufgabenstellung	3
2.1 Aufgabe 1 - Messung der Periodendauer T_p der Präzession in Abhängigkeit vom Drehmoment	3
2.2 Aufgabe 2 - Messung der Periodendauer T_p der Präzession in Abhängigkeit von der Kreiseldrehzahl	3
2.3 Aufgabe 3 - Messung der Periodendauer T_n der Nutation in Abhängigkeit von der Kreiseldrehzahl	4
2.4 Aufgabe 4 - Bestimmung der Trägheitsmomente J_x , J_s und Vergleich mit dem Sollwert für J_s	5

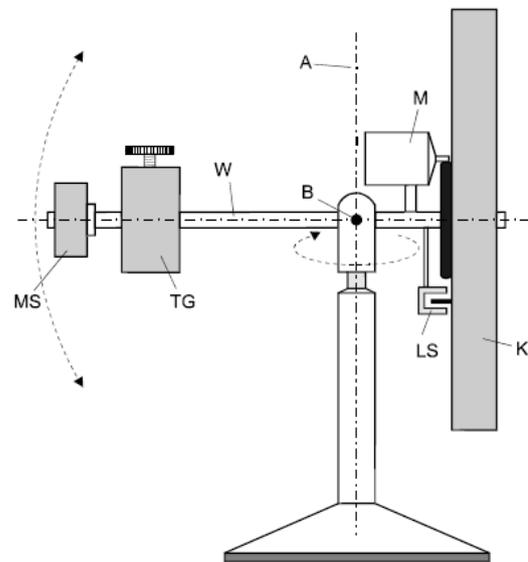
1 Einleitung

1.1 Einführung

Gyroskope sind symmetrische, frei rotierende Kreisel, die an einem Punkt festgehalten werden und durch die Wirkung ihres Drehimpulses anstreben, die Richtung ihrer Drehachse im Inertialraum beizubehalten. Durch die Wechselwirkung des Gyroskops mit äußeren Kräften kann außerdem eine sogenannte Präzessionsbewegung hervorgerufen werden, die sich rechtwinklig zur einwirkenden Kraft als eine Rotation im Sinne der Kreiseldrehung beobachten lässt, oder eine Nutationsbewegung, bei der sich das Gyroskop nach einem kurzen Einschlag in einer Art kegelförmiger Bewegung um dessen Drehimpulsachse dreht. Diese letzten beiden Bewegungsarten sollen in diesem Versuch für einen etwas einfacheren Aufbau eines Gyroskops untersucht werden, wobei insbesondere die Abhängigkeit beider von der Kreiseldrehzahl n , den einwirkenden Drehmoment M und den Hauptträgheitsmomenten J_x u. J_s zu beachten ist.

1.2 Aufbau

Der in diesem Versuchsaufbau betrachtete Gyroskop ist im wesentlichen ein kardani-scher Kreisel, der durch einen kleinen Elektromotor angetrieben ist und sich durch die Anlage eines Gegengewichts am anderen Ende des befestigenden Waagebalkens im kräftefreien Zustand befindet. Der Kreisel ist hierbei um dessen senkrechte Stütze so angelegt, das es frei um diese während der Präzession rotieren und auch eine leichte Nutationsbewegung ungestört vollziehen kann. Durch das Anlegen zusätzlicher Massenstücke an der Seite des Gegengewichts können dann mithilfe der Erdanziehungskraft beliebige Drehmomente erzeugt werden, die diese Präzession hervorrufen, während bei der Nutation ein leichtes Anstoßen auf das Ende des Waagenbalkens genügt, um diese im Kreisel auszulösen.



1.3 Formeln

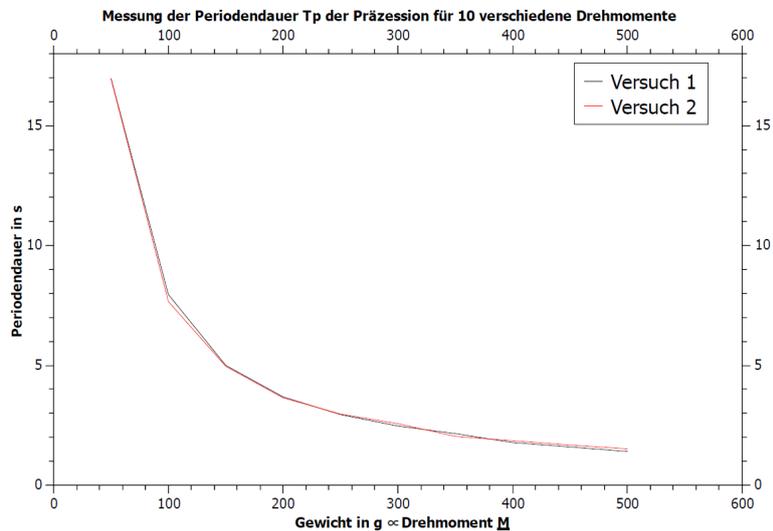
$$T_p = (4 \cdot \pi^2 \cdot J_x \cdot n) \div M \quad (1)$$

$$T_n = J_s \div (J_x \cdot n) \quad (2)$$

$$M = r \times F = r \cdot m \cdot g \leftarrow r \perp g \quad (3)$$

2 Aufgabenstellung

2.1 Aufgabe 1 - Messung der Periodendauer T_p der Präzession in Abhängigkeit vom Drehmoment

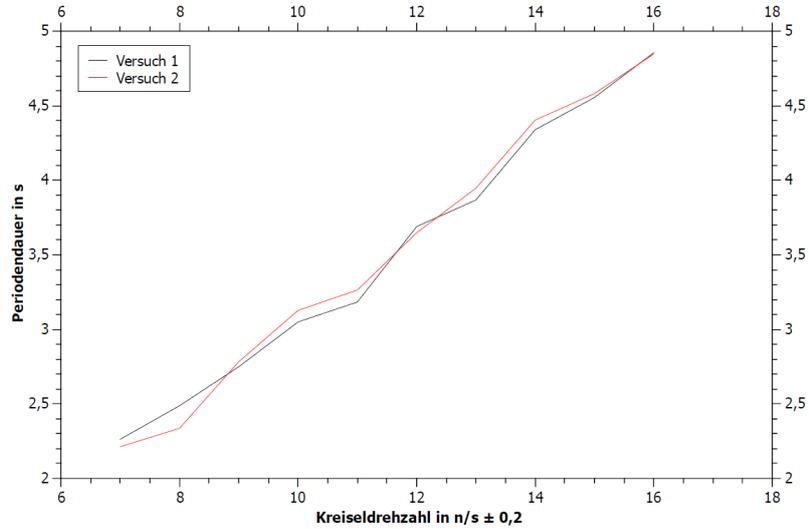


Es sollte die Periodendauer T_p der Präzession für 10 verschiedene Drehmomente bei einer Kreiseldrehzahl $n=12$ 1/s gemessen werden. Für das Anlegen der Drehmomente wurden jeweils nach [1.3] unterschiedliche Gewichte von $m=[50,500]$ g in jeweils 50g Schritten angelegt. Das dadurch entstehende Drehmoment kann dann mit [1.3] bestimmt und ggf. bewertet werden.

2.2 Aufgabe 2 - Messung der Periodendauer T_p der Präzession in Abhängigkeit von der Kreiseldrehzahl

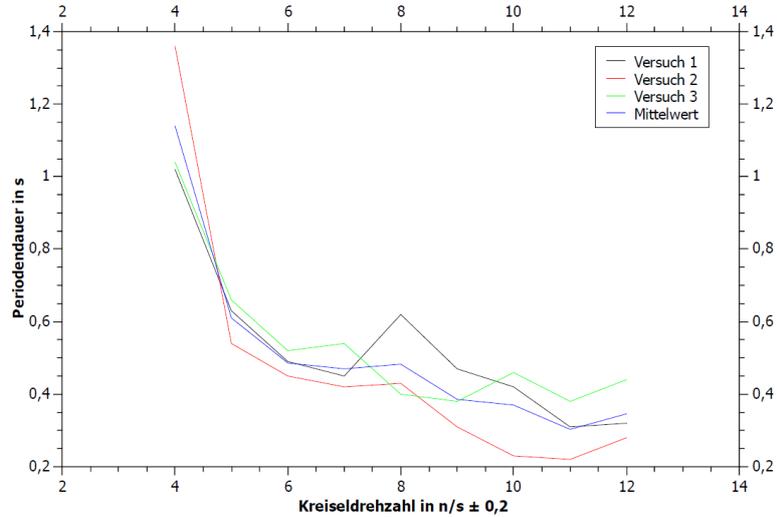
Es sollte die Periodendauer T_p der Präzession für 10 verschiedene Kreiseldrehzahlen bei einem konstanten Drehmoment (hervorgerufen durch $m=200$ g) gemessen werden. Die Kreiseldrehzahl kann hierbei durch geeignetes Erhöhen der Spannung am Elektromotor passend eingestellt und jeweils in 1-Schritten von $n=[7,16]$ 1/s untersucht werden.

Messung der Periodendauer T_P der Präzession für 10 verschiedene Kreiseldrehzahlen



2.3 Aufgabe 3 - Messung der Periodendauer T_n der Nutation in Abhängigkeit von der Kreiseldrehzahl

Messung der Periodendauer T_n der Nutation für 10 verschiedene Kreiseldrehzahlen



Für die Periodendauer T_n der Nutation war gegeben, diese unter 10 verschiedenen Kreiseldrehzahlen im Bereich $n=[4,12]$ 1/s zu untersuchen. Da die Nutation im

Vergleich zur Präzession eine wesentlich kürzere Periodendauer T_n aufweist, ist die Messunsicherheit derselben auch größer; aus diesem Grunde wurde hier zusätzlich ein 3. Versuch durchgeführt und dann zuletzt noch das Mittelwert zusammen mit den anderen 3 Messwerten im Graph dargestellt.

2.4 Aufgabe 4 - Bestimmung der Trägheitsmomente J_x , J_s und Vergleich mit dem Sollwert für J_s

Für die Bestimmung der Hauptträgheitsmomente J_x und J_s des Kreisels bedarf es nun wieder, auf die Formeln in [1.3] zurückzugreifen. Hiermit lassen sich durch Umformen folgende Parametrisierungen für J_x und J_s herleiten

$$J_x = (T_p \cdot r \cdot m \cdot g) \div (4 \cdot \pi^2 \cdot n) \quad (4)$$

$$J_s = T_n \cdot J_x \cdot n \quad (5)$$

Wobei nach einsetzen der experimentell ermittelten Werte sich für J_x und J_s ergeben;

$$J_x = 2,399 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (6)$$

$$J_s = 8,6231 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (7)$$

Vgl. mit Sollwert für J_s am Versuchsplatz 2.

$$J_s = (8,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (8)$$