

Levitron

Der schwebende Kreisel

Verfasser: Ciril Clerc
Betreuer: Dr. Christian Helm

Maturitätsarbeit 2022/23

Watch it here!



Die Arbeit befasst sich mit der physikalischen **Theorie** des Schwebevorgangs des Kreisels, dem Bau eines **Antriebs** für ewiges Schweben und der Erforschung seiner **Kinematik**.

Theorie*

Earnshaw-Theorem

Zwei Magnete können nicht in einem stabilen Gleichgewicht übereinander schweben.

Levitron

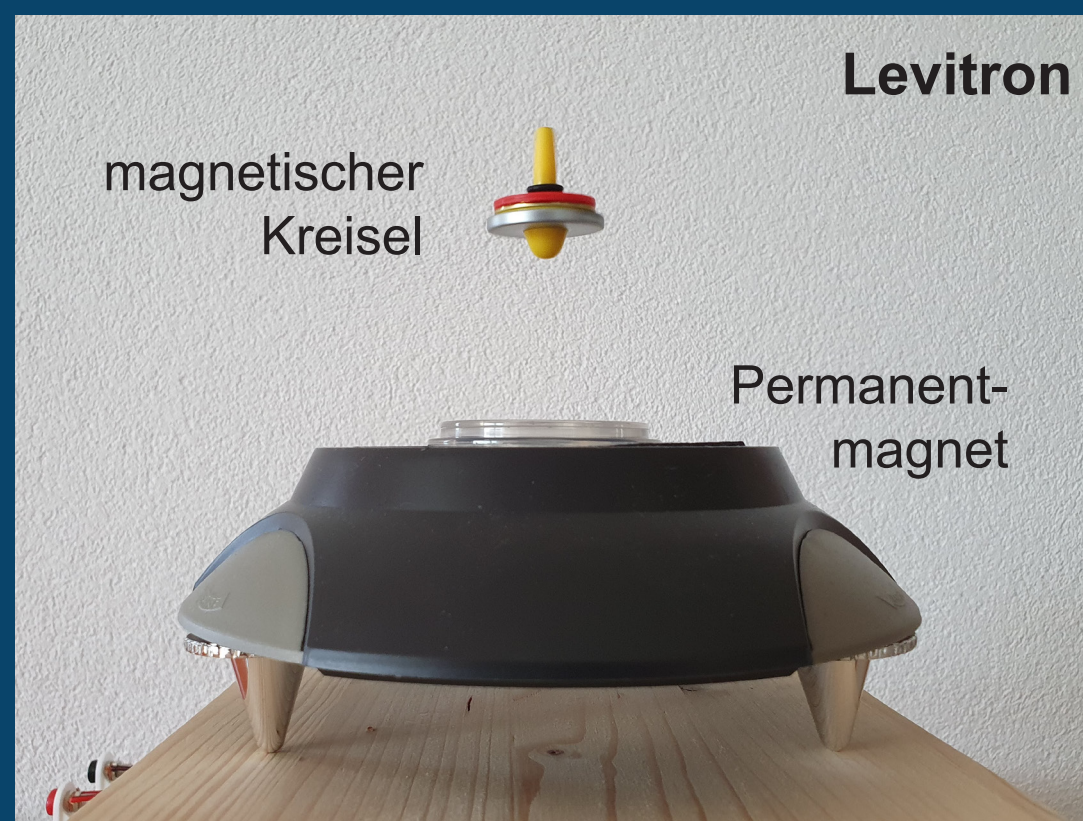
Rotierender magnetischer Kreisel schwebt stabil:

- für bestimmte Winkelgeschwindigkeiten ω ,
- da Drehimpuls L Kippen des Kreisels verhindert,
- wobei sich Präzessionsachse ω_p an lokalen Magnetfeldlinien B des Basismagneten ausrichtet.

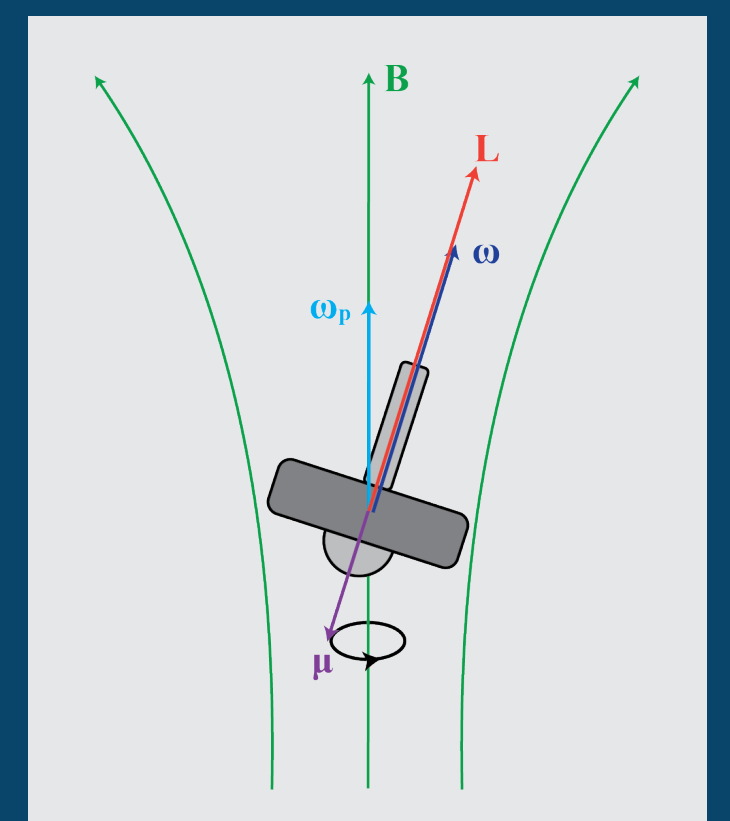
Daraus folgt ein mögliches lokales Energieminimum.

Problem

Luftreibung bremst den Kreisel, so dass er nach ca. 3 Minuten herunterfällt.



Nach Feinjustierung der Gewichtsringe des Kreisels und der Lage der Basis schwebt der Kreisel durch Andrehen bis zu 3 min.



Der Kreisel präzediert um Magnetfeldlinien B des Permanentmagneten.

Antrieb

Kreisel

wird angetrieben, damit er nicht langsamer wird.

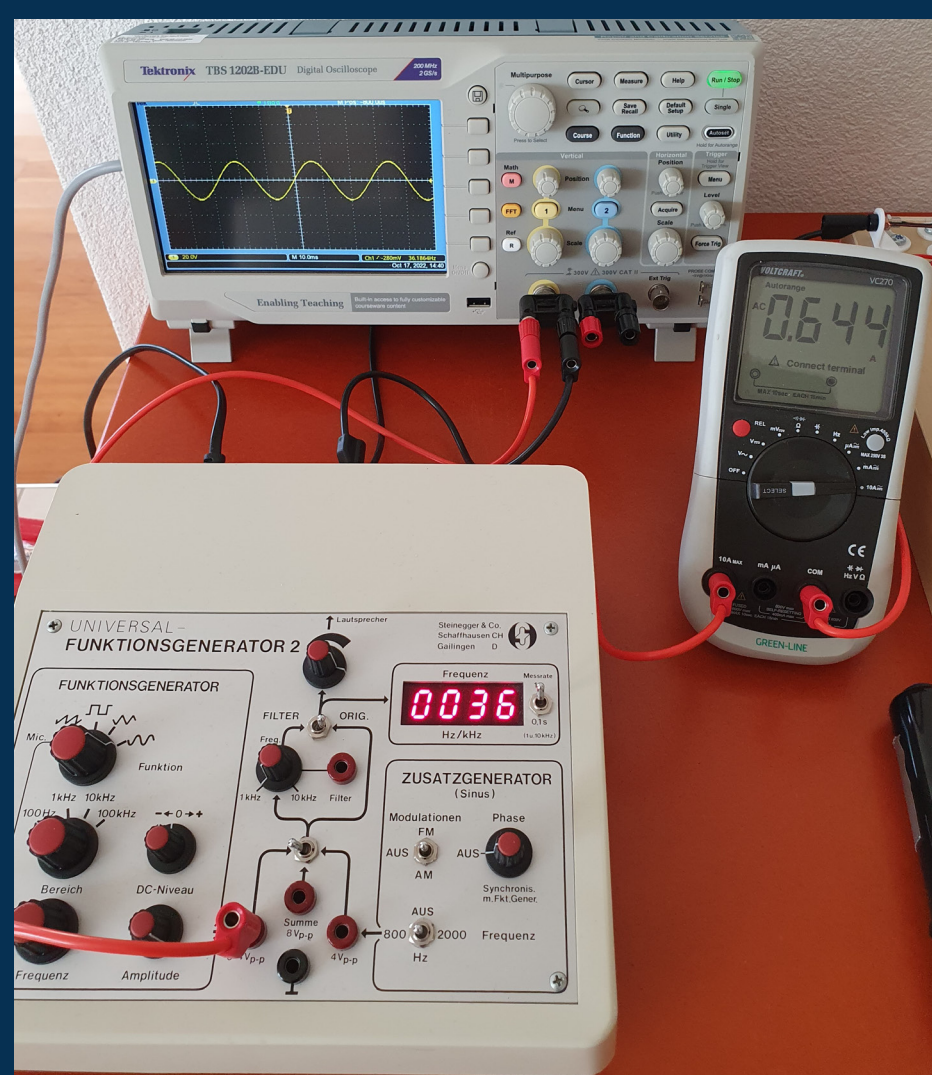
Helmholtz-Spulenpaar

- berechnet und selbstgebaut,
- von Frequenzgenerator angetrieben,
- erzeugt ein alternierendes Magnetfeld.

Magnetfeld der Spulen

- versetzt Kreisel in regelmässige Schwingungen
- stabilisiert dadurch die Winkelgeschwindigkeit ω des Kreisels.

Kreisel schwebt statt 3 min mehr als 5 h.



Kinematik

Experiment 1

- Messung Zeitentwicklung der Winkelgeschwindigkeit $\omega(t)$ des nicht angetriebenen Kreisels.
- für $\omega < 20$ Hz nicht mehr stabil.

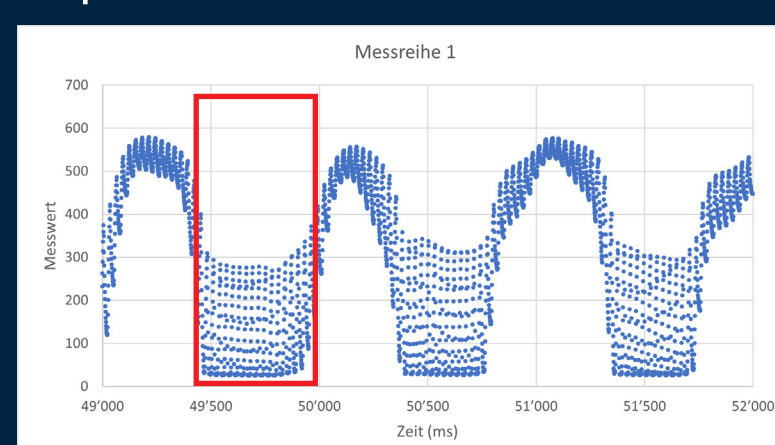
Experiment 2

- Messung der Oszillation der Kreiselachse beim Kreisel mit und ohne Antrieb.
- Ergebnisse wurden mit bekannten Phänomenen der Präzession und Nutation in der Kreiseltheorie verglichen.

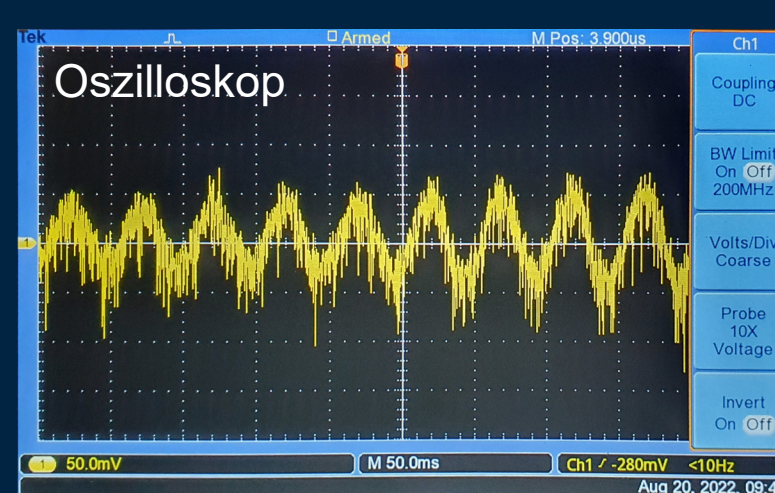
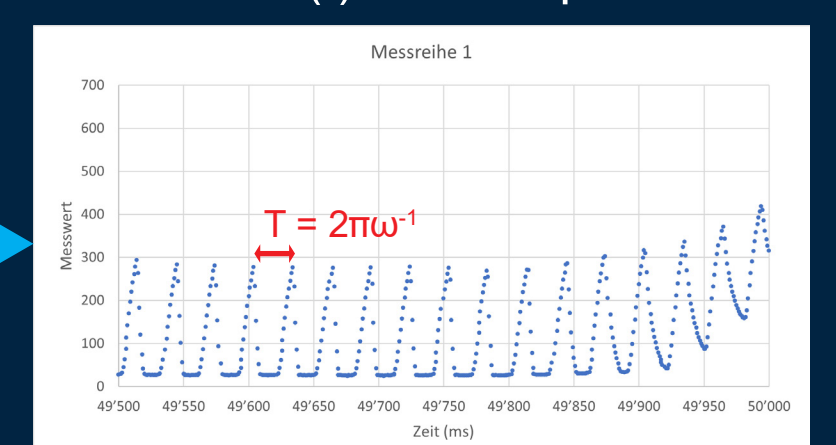
Ausblick

- Ermöglicht weitere Schritte zum detaillierten Verständnis der Kinematik des Levitrons.

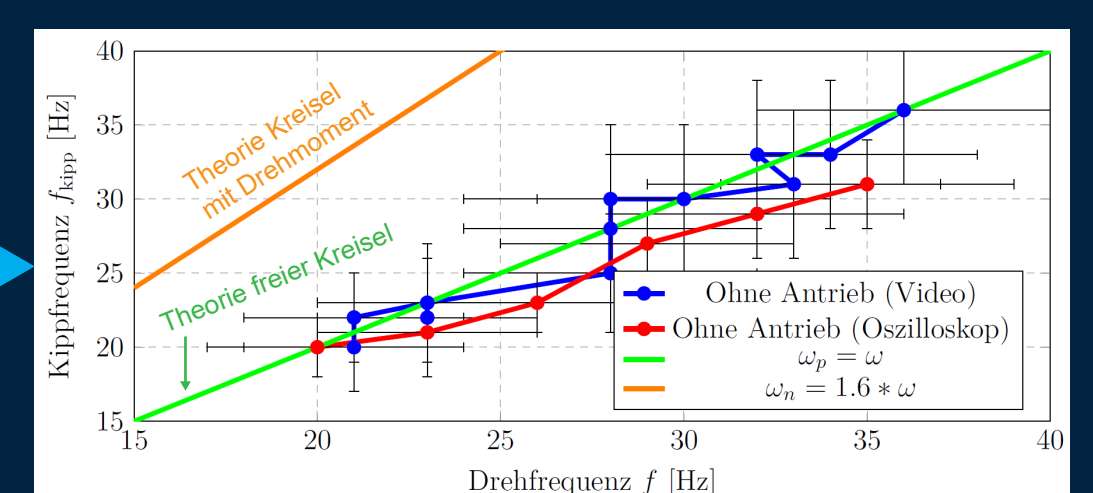
Exp1: Messreihe zur Bestimmung $\omega(t)$



$\omega(t)$ aus Zeitperioden T



Exp2: In Spulen induzierte Spannung



Vergleich Messungen und Theorie