

Levitron, der schwebende Kreisel

Christian Ucke und Hans-Joachim Schlichting

Das freie Schweben von Körpern ist der Wunschtraum vieler Wissenschaftler, Tüftler und Zauberer. Einige magnetische Spielzeuge kommen diesem Ziel schon recht nahe.

Das Wort Levitation ist im allgemeinen Sprachgebrauch häufig mit spiritistischen Erscheinungen besetzt. Auch in Heiligenlegenden spielt es eine Rolle. Vermeintlich wird dabei die Schwerkraft aufgehoben. Gemäß einer christlichen (!) Überlieferung soll sogar der eiserne Sarg des Propheten Mohammed zwischen zwei riesigen Magneten frei schwebend aufgehängt worden sein [1]. Physiker betrachten das indes etwas rationaler [2].

Seit langem versuchen sie, mit Magneten ein freies Schweben zu realisieren. Weithin bekannt sind schwebende Supraleiter. Dazu muß natürlich ein gewisser Aufwand getrieben werden. Ebenso kann man kleine Diamagneten, zum Beispiel aus Wismut oder Graphit, von einigen Gramm in einem starken, statischen Magnetfeld frei schweben lassen. Größere Objekte kann man mit allerlei elektronischen Hilfsmitteln magnetisch schweben oder gleiten lassen [3]. Der vieldiskutierte Transrapid stellt ein solches Beispiel dar.

Physikalisch wie technisch von größtem Interesse wäre es, einen Körper frei und stabil im Feld eines Ferromagneten schweben zu lassen. Leider ist das prinzipiell nicht möglich. Auf den Engländer S. Earnshaw geht ein



Abb. 1. Der magnetische Kreisel Levitron schwebt in etwa 3 cm Höhe frei über einem Holzkästchen. Die kleinen Ringe dienen zum genauen Austarieren des Kreiselgewichts, mit dem Keil stellt man das Holzkästchen waagrecht auf.

grundlegendes, schon 1842 veröffentlichtes Theorem zurück. In heutiger Sprache formuliert besagt es, daß in einem magnetostatischen Feld kein stabiles und freies Schweben eines para- oder ferromagnetischen Körpers möglich ist. Das Theorem hat sich entgegen allen Bemühungen von vielen Tüftlern ebenfalls als stabil erwiesen und ist auch theoretisch beweisbar. Der deutsche Physiker Braunbek hat genau diesen Fall ausführlich behandelt [4] (auch angedeutet in [2], darin viele Zitate). Es ist selbst bei Physikern unter diesem Namen relativ unbekannt und in üblichen Lehrbüchern nicht einmal erwähnt. Als Konsequenz ergibt sich aus ihm, daß Mohammed nicht in der oben beschriebenen Weise frei geschwebt haben kann.

Wenn sich das Earnshaw-Theorem auch nicht umgehen läßt, gibt es doch listige Anordnungen, die ein freies Schweben wenigstens temporär ermöglichen. Anfang 1994 wurde in den USA ein magnetischer Kreisel namens Levitron (Abbildung 1) als Spielzeug auf den Markt gebracht [5, 6]. Dreht man den etwa 4 cm hohen Kreisel über einer – in einem Holzkasten versteckten – magnetisierten Platte an, so schwebt er bis zu drei Minuten frei in der Luft. Dann ist er so weit abgebremst, daß er nicht mehr schnell genug rotiert. Nun kippt er um und fällt herunter.

Wirbelströme sollten beim Abbremsen keine Rolle spielen, da die verwendeten Materialien (keramische Magnete) praktisch nichtleitend sind.

Der Aufbau des Kreisels mit der dazugehörigen Platte zeigt schematisch Abbildung 2. Die etwa 10 cm mal 10 cm große, in einem Holzkästchen verborgene Magnetplatte weist umlaufend am Rand einen starken Nordpol nach oben auf, in der Mitte befindet sich ein schwächerer Südpol. Übrigens ist die Magnetisierung nicht ganz rotationssymmetrisch, sondern an den Ecken der Platte etwas nach außen gezogen. Der Kreisel selbst hat in der gezeichneten Position seinen Nordpol unten, den Südpol oben. Die magnetische Feldlini-

enverteilung ist im Querschnitt qualitativ angedeutet. In dieser Position stoßen sich die Nordpole der Platte und der Nordpol des Kreisels hinreichend stark ab, um das Eigengewicht des Kreisels von etwa 0,22 N halten zu können.

Angeworfen wird der Kreisel, indem man ihn zunächst unten auf eine auf dem Holzkasten aufliegende Plexiglasplatte stellt, so daß sich Kreiselnordpol und Plattensüdpol anziehen. In dieser Lage wird er angedreht. Anschließend hebt man ihn vorsichtig mit der Platte in die „Schwebhöhe“ und zieht die Platte weg, so daß der Kreisel frei schwebt.

Das Magnetfeld der unten befindlichen Platte übt auf den schwebenden magnetischen Dipol des Kreisels ein Drehmoment aus. Im statischen Fall würde dieses Drehmoment ein sofortiges Kippen und Hinunterfallen des Kreisels verursachen. Da der Kreisel aber rotiert, weicht die Kreiselachse senkrecht zur angreifenden Kraft aus und präzediert. Die Kreiselachse umläuft einen Präzessionskegel, den man bei langsamer Rotation deutlich beobachten kann.

Es besteht kein Widerspruch zum Earnshaw-Theorem, denn es handelt sich hier um ein „dynamisches“ Schweben. Nur solange der Kreisel hinreichend schnell rotiert, schwebt er. Im statischen Fall „geht er zu Boden“.

Mit einem einfachen Experiment läßt sich die Schwebeposition des Kreisels im statischen Fall erfüllen. Hierzu steckt man die Spitze des Kreisels in einen Trinkhalm hinein. Ein weiterer Trinkhalm mit etwas größerem Durchmesser wird gleitend darübergestülpt. Hält man nun den verlängerten Kreisel mit Hilfe der ineinandergeschobenen Halme an diejenige Stelle über der magnetischen Platte, an der er normalerweise stabil rotiert, schwebt er auch im Zustand der Ruhe. Heben und Senken des äußeren Halmes verändert die Lage des Kreisels nicht, weil dieser mit dem inneren Halm entsprechend heraus- und hineingleitet. Die mechanische Führung verhindert das Umkippen. Man kann das lokale Potentialminimum sowie die Grenzen des Schwebebereichs ausloten, indem man den Kreisel etwas seitlich verschiebt.

Dieses Experiment führt zu einer schon lange realisierten Art des magnetischen Schwebens. Wenn ein mechanischer Halte- oder Abstützpunkt vorhanden ist, kann man auch mit Ferromagneten ein stabiles Schweben gewichti-

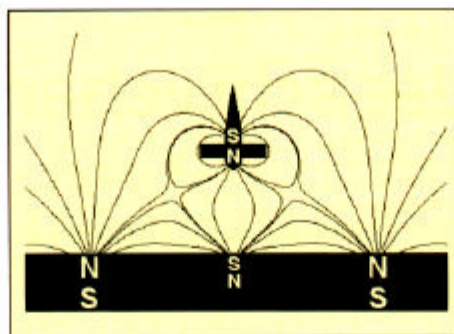


Abb. 2. Qualitativer Verlauf der magnetischen Feldlinien beim Levitron-Kreisel.



Abb. 3. Der schwebende Kugelschreiber stößt mit der Schreibspitze an eine Plexiglasscheibe und schwebt durch eingebaute und sich abstoßende Magnete in der Luft.

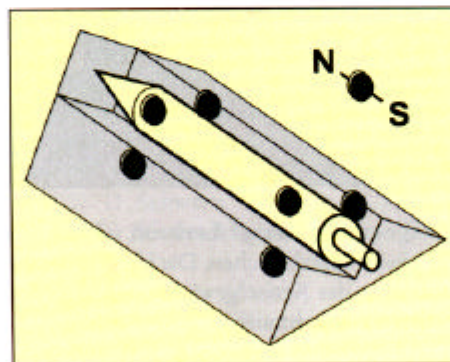


Abb. 4. Schema der Anordnung der Magnete im schwebenden Kugelschreiber. Alle Magnete weisen die gleiche Orientierung auf.

ger Körper erreichen. Das ist allerdings nicht mehr frei wie im Falle des Kreisels.

Ein Beispiel ist der „schwebende Kugelschreiber“. Er stößt mit der Spitze an eine Plexiglasscheibe (Abbildung 3) und hat dadurch einen mechanischen Halt. Im Inneren des Kugelschreibers und der Halterung sind kleine, verhältnismäßig starke Magnete so eingebaut, daß sie sich gegenseitig abstoßen und dadurch das stabile Schweben ermöglichen (Abbil-

dung 4). Man kann den Kugelschreiber auch um seine Längsachse drehen und rotieren lassen. Da die Reibung in dem sehr kleinen, mechanischen Haltepunkt gering ist, wird die Rotation auch nur wenig gebremst. Dieses Spielzeug ist in verschiedenen Ausführungen auf dem Markt erhältlich [6]. Man kann es sich aber auch mit wenig Aufwand selbst bauen [7]. Technisch lassen sich auf diese Weise reibungsarme Lager konstruieren.

Mit elektromagnetischen, also dynamischen, Wechselfeldern lassen sich zahlreiche andere Anordnungen realisieren, die ein freies Schweben ermöglichen [2]. Auch mit geregelten magnetischen Feldern ist das möglich. Darauf möchten wir in einem weiteren Artikel eingehen.

Literatur

- [1] Encyclopaedia of Islam, Bd. V, Stichwort Maghnatis, S. 1166, Leiden 1986.
- [2] E.H. Brandt, *Science* **243**, 349 (1989).
- [3] V. Jung, *Magnetisches Schweben*, Springer-Verlag, Berlin 1988.
- [4] W. Braunbek, *Zeitschrift für Physik* **112**, 753 (1939).
- [5] R. Edge, *Physics Teacher* **33**, 252 (1995).
- [6] Die Spielzeuge sind in Wissenschaftsläden (z. B. Deutsches Museum) erhältlich. Auch im Versand in der Physik-Boutique, Postfach 1852, 85318 Freising.
- [7] D. Kagan, *Physics Teacher* **31**, 432 (1993).

Anschriften

Dr. Christian Ucke, Physikdepartment E 20, Technische Universität München, 85747 Garching.

Prof. Dr. Hans-Joachim Schlichting, FB Physik, Universität GH, Universitätsstraße 5, 45117 Essen.