

Spielwiese

Klassische Magnetkreisel

H. JOACHIM SCHLICHTING | CHRISTIAN UCKE

Kreisel gibt es in vielen unterschiedlichen Varianten; sie faszinieren alt und jung. Überraschende Effekte erlebt man mit Kreiseln, die magnetisch sind. Sie sind nicht nur interessante physikalische Spielzeuge, sondern kommen sogar in Kunstwerken zur Geltung.

Klassische Magnetkreisel besitzen eine magnetische Achse, die meistens aus einem dünnen Stabmagneten besteht. Manchmal wird die Magnetisierung der aus einem Eisenstift bestehenden Kreiselachse auch dadurch erreicht, dass man als Kreiselscheibe einen flachen Ringmagnet verwendet, dessen Pole auf der Symmetrieachse liegen. Ein Magnetkreisel funktioniert zunächst einmal wie jeder andere Kreisel auch. Bringt man ihn jedoch mit ferromagnetischen Objekten in Verbindung, so können dadurch erstaunliche Phänomene hervorgerufen werden, die wir uns im Folgenden etwas genauer anschauen.

Seit vielen Jahren erhältlich sind die von dem Künstler Jochen Valett entwickelten Magnetkreiselspiele Spiraculum und Radiaculum. Das Spiraculum (Abbildung 1 links) besteht aus einem spiralgewickelten und das Radiaculum (Abbildung 1 oben) aus einem kühn geschwungenen, verchromten Gestell aus Strahldraht, an dem der Kreisel mit den Achsenden haftet und wie auf einer Schiene entlang rollen kann. Dazu muss man das Gestell in beide Hände nehmen und so bewegen, dass der Kreisel unter dem Einfluss der Schwerkraft ein Drehmoment erfährt und in Rotation gerät. Die Kunst besteht darin, den Kreisel in permanenter Drehung zu halten (siehe Videofilme in „Internet“, S. 106).

Beim Spiraculum ist dies relativ einfach, weil der Kreisel mit beiden Enden am Draht entlang rollen kann. Es kommt lediglich darauf an, die Trägheit des rotierenden Kreisels mit der Bewegung des Gestells so zu koordinieren, dass der Kreisel nicht stehen bleibt.

Das Radiaculum erfordert etwas mehr Geschicklichkeit. Der Kreisel haftet nur mit einem Ende der Achse seitlich an der Schiene und hängt in der Ruhestellung mit der Kreiselspitze nach unten. Damit der Kreisel an der Schiene abrollen kann, muss dafür gesorgt werden, dass die Kreiselachse waagrecht bleibt. Nur so kann sie an der schräg nach unten verlaufenden Schiene beschleunigt werden. Dies ist aber nur dann möglich, wenn der Kreisel so schnell rotiert, dass die Schwerkraft keine Chance hat, die Achse in die Ver-

tikale zu drehen. Alles kommt daher darauf an, durch geschicktes Manövrieren des Drahtgestells dafür zu sorgen, dass der zu Beginn per Hand angedrehte Kreisel stets eine genügend „schiefe Ebene“ vorfindet, deren Neigung für den Antrieb sorgt. Mit der geeigneten Neigungsrichtung trägt man dem senkrechten Ausweichen des Kreisels Rechnung.

Weniger aufwendig, aber in ihrer Wirkung ähnlich frappierend, sind Magnetkreisel, die mit Eisenobjekten in Wechselwirkung gebracht werden. Nähert man der magnetischen Spitze eines auf dem Tisch rotierenden Kreisels einen Draht oder ein Blech aus Eisen, so pas-

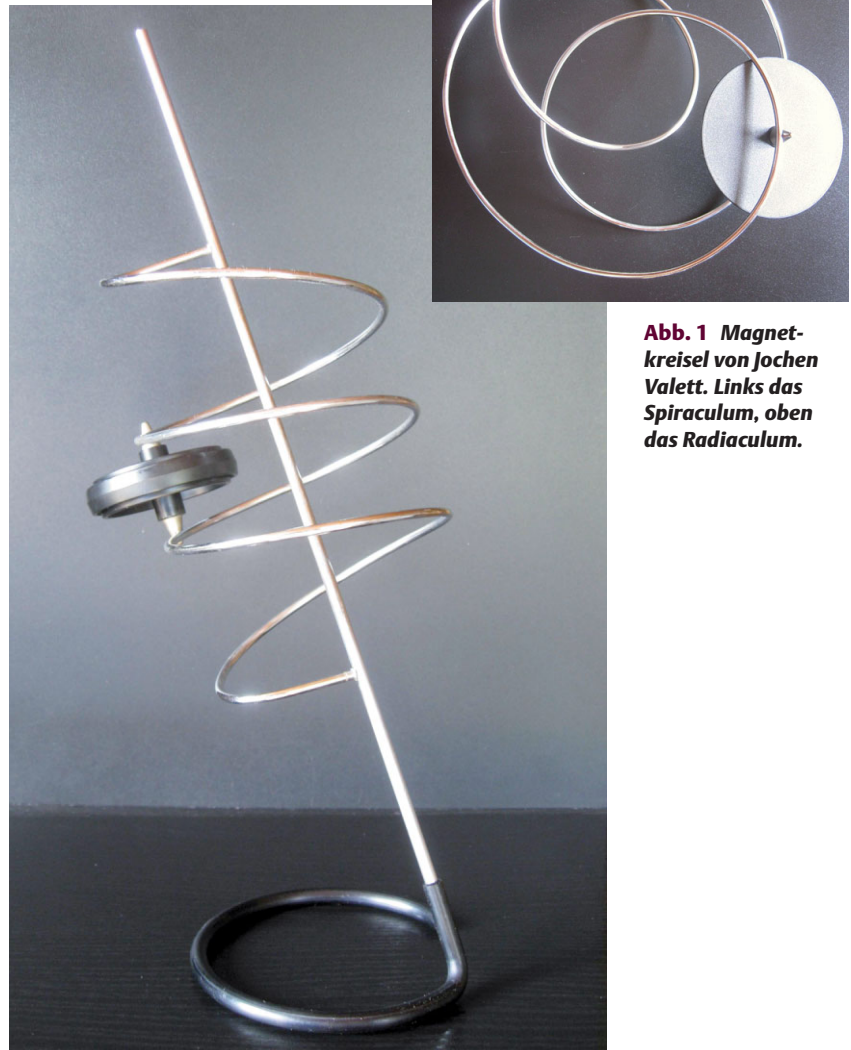


Abb. 1 Magnetkreisel von Jochen Valett. Links das Spiraculum, oben das Radiaculum.

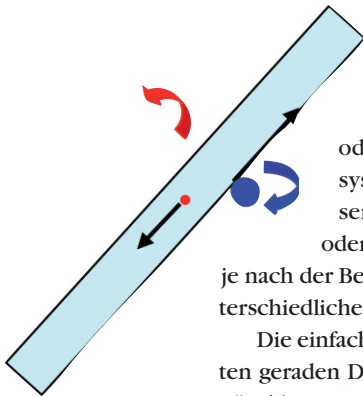


Abb. 3 Durch die Reibungskraft zwischen Kreiselachse und Draht oder Blech (blau) kommt es zu einem Drehmoment in Drehrichtung des Kreisels. Die Reibungskraft mit der Unterlage (Reibungsschwerpunkt, rot) bewirkt ein entgegengesetztes Drehmoment. Beim Draht überwiegt ersteres Drehmoment, beim Blech letzteres. Daraus resultieren unterschiedliche Drehrichtungen.

siert im Prinzip dasselbe wie bei den obigen Phänobjekten: Der Kreisel läuft an der Kante des Drahts oder Blechs entlang. Zumindest aus dem Ruhesystem des Drahts oder Blechs gesehen ist es so. Aus dem Laborsystem betrachtet bleibt der Kreisel im Wesentlichen auf der Stelle und rollt den Draht oder das Blech an sich entlang. Dabei entstehen je nach der Beschaffenheit des Drahts oder Blechs ganz unterschiedliche Bewegungsfiguren.

Die einfachste Bewegung erhält man mit einem schlichten geraden Draht, beispielsweise einer gerade gebogenen Büroklammer (Abbildung 2). Sobald der auf dem Tisch liegende Draht in Kontakt kommt mit der magnetischen Spitze des rotierenden Kreisels, gerät er in eine von der Drehgeschwindigkeit abhängigen Hin- und Herbewegung parallel zu seiner Längsachse. Genau genommen läuft der Draht beim Hin auf der einen und beim Her auf der anderen Seite am Kreisel vorbei. Oder aus der Sicht des Drahts: Der Kreisel umrundet ständig den Draht (Abbildung 3). Videofilme hierzu finden zum Download auf www.phiuз.de unter Zusatzmaterialien zum Heft.

Wenn man den Draht auf der Unterlage fixiert, kann man sogar erzwingen, dass der Kreisel (im Laborsystem, also relativ zum Tisch) um den Draht herumläuft. Wer (im Laborsystem) um wen herum läuft, hängt letztlich vom Verhältnis der Reibungskräfte ab, die beim Kreisel und beim Draht im Kontakt zur Unterlage auftreten. Fixiert man den Draht, so endet die Bewegung schneller, als wenn der Kreisel an seinem Ort bleibt. Daran erkennt man, dass die Reibung aufgrund der Verschiebung des Kreisels auf der Unterlage stärker ist als die des Drahts. Das leuchtet qualitativ unmittelbar ein: Der im Vergleich zum Draht schwerere Kreisel muss mit der Spitze über den Tisch gleiten, während er ansonsten lediglich auf der Stelle rotiert und der Draht an ihm abrollt.

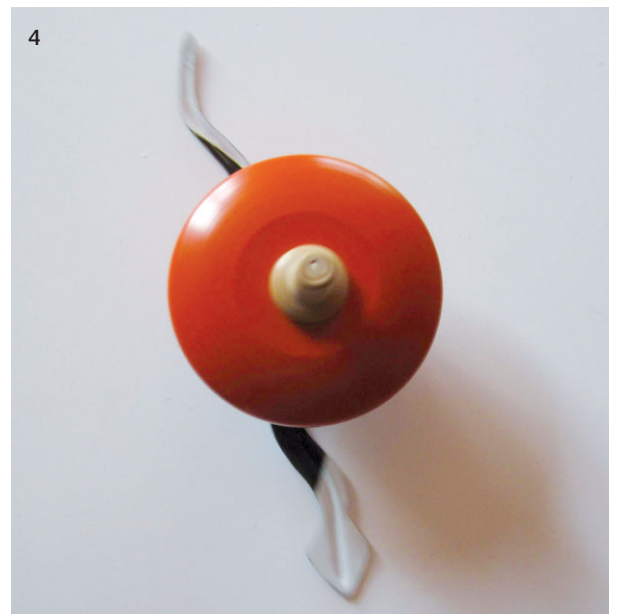
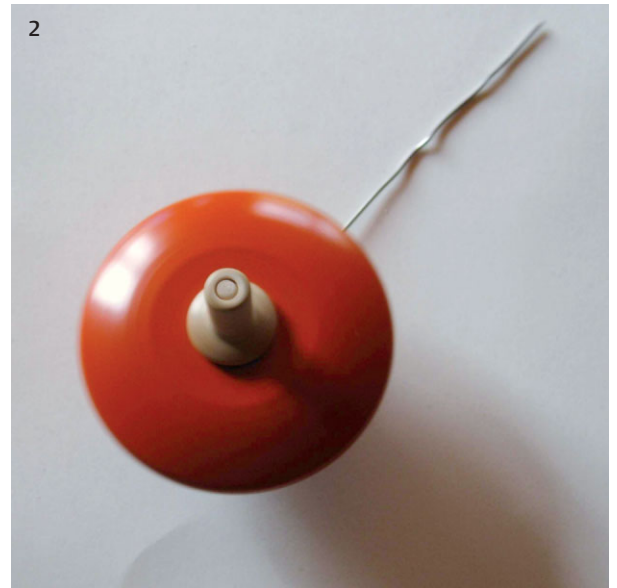
Die Rollreibung zwischen Kreisel und Draht entsteht durch die magnetische Anziehungskraft, mit der beide aneinander gepresst werden. Damit es zu einem Vortrieb des Objekts kommt, muss diese Rollreibungskraft die Gleitreibungskraft zwischen Draht und Unterlage kompensieren.

Verfolgt man das Hin und Her des Drahts eine Weile, so erkennt man, dass sich der Draht zusätzlich dreht: Nach je-

Abb. 2 Ein Draht, der an der Spitze eines Magnetkreisels anliegt, vollführt entlang seiner Längsachse eine Hin- und Herbewegung. Außerdem dreht er sich ruckweise um seinen Reibungsschwerpunkt, ähnlich wie ein Uhrzeiger.

Abb. 4 Eine Blechschlange führt eine schlängelnde Bewegung aus und dreht sich ebenfalls ruckweise wie ein Uhrzeiger.

Abb. 5 Diese unterschiedlich geformten Bleche führen im Kontakt mit dem rotierenden Kreisel erstaunliche Bewegungen aus.



der halben Umrundung des Kreisel rückt er wie ein Uhrzeiger in Drehrichtung des Kreisels vor. Er führt also eine ruckweise Drehbewegung um den Auflagepunkt des Kreisels als Drehachse aus. Wie kommt es zu diesem Drehmoment? Ein Vorversuch gibt einen Hinweis darauf.

Wir heben den Kreisel samt den an ihm haftenden Draht hoch und drehen ihn: Wegen der Haftreibungskraft zwischen Draht und Kreiselachse dreht sich der Draht mit. Bezogen auf den in der Drehachse des Kreisels liegenden Drehpunkt (blauer Punkt in Abbildung 3) übt die im Berührungspunkt zwischen Achse und Draht angreifende Reibungskraft ein Drehmoment in Drehrichtung des Kreisels aus (Abbildung 3, blauer Pfeil). Liegt der Draht auf der Unterlage, so wird das Drehmoment auf den Draht weitgehend durch das Drehmoment aufgrund der Reibungskraft mit der Unterlage kompensiert. Ursache ist der geringe Abstand des Reibungsschwerpunkts des Drahts zur Kreiselachse. Es kommt zu der beschriebenen Hin- und Herbewegung.

Die Kompensation ist nicht immer vollkommen. Durch die Bewegung des nicht immer glatt aufliegenden Drahts schwanken die Reibungskraft und die Größe des Drehmoments, das der Drehung des Kreisels entgegenwirkt (Abbildung 3, roter Pfeil). In solchen Momenten wird der Draht ein Stück weit in Drehrichtung mitgenommen, wie der beschriebene Vorversuch zeigt. Daher wird das Hin und Her des Drahts von einem unregelmäßigen ruckweisen Vorwärts überlagert.

Benutzt man statt des Drahts einen Blechstreifen, beispielsweise ein Schnellhefterblech, dann beobachtet man auch hier eine der Hin- und Herbewegung überlagerte ruckweise Drehbewegung. Allerdings erfolgt sie in diesem Fal-

le entgegengesetzt zur Drehrichtung. Bei Blechen ab einer bestimmten Breite liegt der Reibungsschwerpunkt so weit vom Drehpunkt des Kreisels entfernt, dass das Drehmoment größer ist als das oben beschriebene in Drehrichtung des Kreisels wirkende Drehmoment (Abbildung 3). Dann kommt es zu einer ruckweisen Rückwärtsbewegung.

Dieser „Tanz“ von Magnetkreisel und metallischem Draht lässt sich mit unterschiedlich geformten Objekten noch erheblich variieren. Verwendet man beispielsweise ein schlangenartiges Blech (Abbildung 4), so führt der Draht auch eine schlängelnde Bewegung aus. Abbildung 5 zeigt einige unterschiedlich geformte Bleche, deren Bewegung am Kreisel man aus den bisherigen Erklärungen selbst erschließen kann.

Zusammenfassung

Kreisel mit einer magnetischen Achse können auf vielfältige Weise Wechselwirkungen mit ferromagnetischen Objekten eingehen. Je nachdem, ob es sich um große oder kleine Objekte handelt, führt entweder der Kreisel oder das Objekt eine interessante Bewegung aus. Diese Bewegungen lassen sich als Wechselspiel zwischen Schwerkraft und magnetischer Anziehungskraft sowie Roll- und Gleitreibung und die hierdurch entstehenden Drehmomente erklären.

Stichworte

Magnetkreisel, Spiraculum, Radiaculum, Reibung.

Die Autoren



Hans Joachim Schlichting (links) und Christian Ucke sind die Begründer der Reihe Spielwiese.

Anschriften

Dr. Christian Ucke, Rofanstraße 14B, 81825 München. ucke@mytum.de
Prof. Dr. Hans-Joachim Schlichting, Didaktik der Physik, Universität Münster, 48149 Münster. schlichting@uni-muenster.de

INTERNET

Videofilme zu Spiraculum und Radiaculum
www.grand-illusions.com/toycollection/radiaculum
www.grand-illusions.com/toycollection/spiraculum

Bezugsquelle von Spiraculum und Radiaculum
Valett.de