

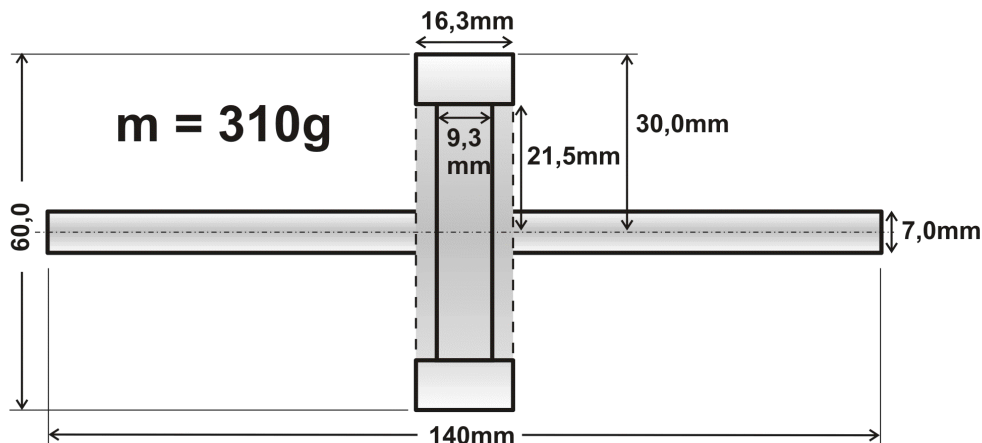
## Das unermüdliche Maxwellsche Rad

CHRISTIAN UCKE | HANS JOACHIM SCHLICHTING

Ergänzung zu dem Artikel „Das Maxwellche Rad“ von Christian Ucke und H. Joachim Schlichting, Physik in unserer Zeit **2015**, 46(1), 40.

### Quantitative Überlegungen zum Maxwellschen Rad

Das Drehrad hat folgende Abmessungen:



Damit ergeben sich für das Trägheitsmoment bezüglich der Drehachse durch den Schwerpunkt  $I = 1397\text{ gcm}^2$  und für das Trägheitsmoment bezüglich der Drehachse durch den Rand der Drehachse  $I_A = 1435\text{ gcm}^2$ . Die Trägheitsmomente bezüglich Schwerpunkt und Aufhängungspunkt unterscheiden sich um 2,7 %, also tatsächlich nur sehr wenig.

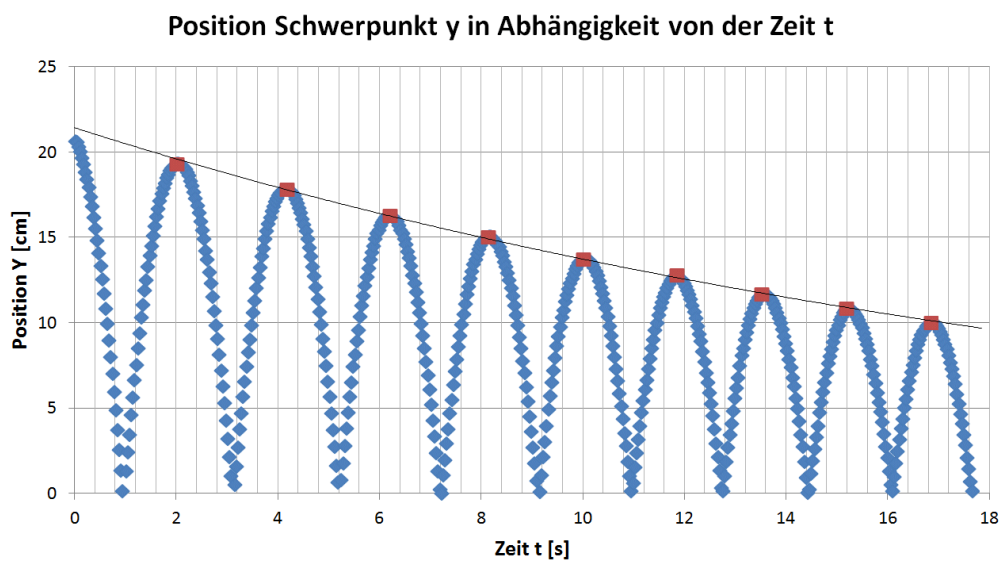
Das Trägheitsmoment wird teilweise bei den vereinfachten Formeln gar nicht benötigt. Man kann damit jedoch die Größenordnung der Vereinfachungen berechnen. Die Beschleunigung gemäß Formel (3) ergibt sich zu  $a = 0,27\text{ m/s}^2$ .

Die Fadendicke beträgt  $0,9\text{ mm}$ . Rechnet man die Hälfte davon zum Radius der Drehachse dazu, ergibt sich gemäß Formel (3) eine Beschleunigung von  $a = 0,35\text{ m/s}^2$ .

Aus dem Video 1 (auf [www.phiuz.de](http://www.phiuz.de), Special Features/Zusatzmaterial zu den Heften):



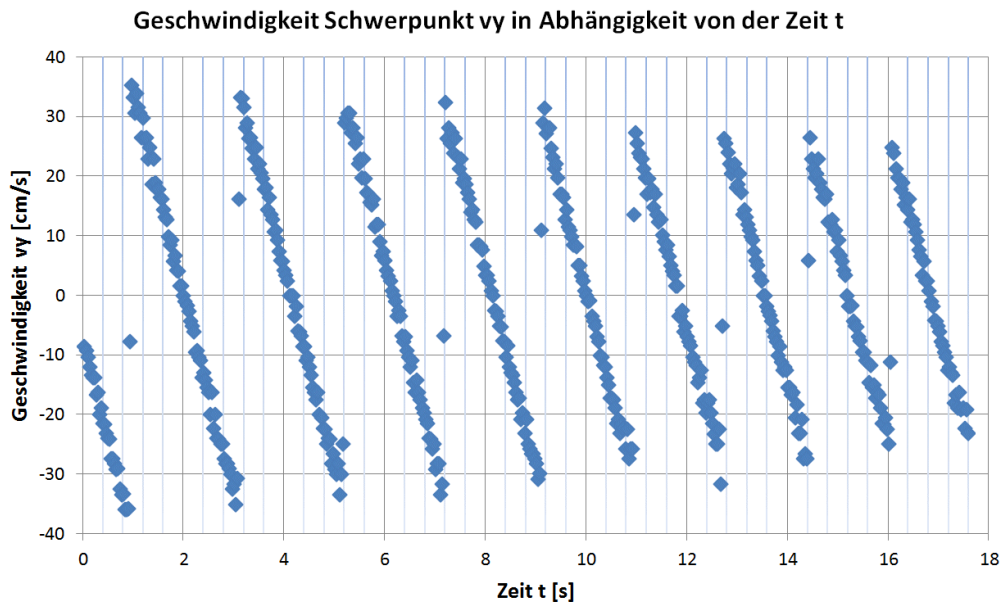
wurde mit Hilfe des frei zugänglichen Auswerteprogrammes Viana ([www.viananet.de](http://www.viananet.de)) folgendes Diagramm ermittelt:



Hieraus lässt sich die Abnahme der mechanischen Energie nach jeder Schwingung zu 8 % ermitteln. Die Maxima der Kurve (rote Punkte) nehmen entsprechend einer Exponentialfunktion ab:

$$A(t) = 21,4 \cdot e^{-0,045t} \quad R^2 = 0,9985$$

Differenziert man die Kurven der Abbildung der Position des Schwerpunkts nach der Zeit, erhält man folgendes Diagramm:



Aus dieser Grafik lässt sich entnehmen, dass die Maximalgeschwindigkeit des Schwerpunkts bei einer Fallhöhe von 21 cm etwa 37 cm/s beträgt. Die Rechnung mit Formel (2) ergibt 33,3 cm/s.

Die scheinbar isolierten Punkte zwischen den Geraden sind keine Messfehler, sondern stellen Messpunkte zwischen der Abwärts- und Aufwärtsbewegung im unteren Umkehrpunkt dar.

Die Geraden sind alle parallel zueinander. Das bedeutet, die Beschleunigung bei der Ab- und Aufwärtsbewegung ist immer gleich groß. Ihr Wert folgt aus der Steigung der Geraden und ergibt sich zu  $a = 0,336 \text{ m/s}^2$  (aus Regressionsgerade). Das stimmt befriedigend mit dem berechneten Wert von  $a = 0,35 \text{ m/s}^2$  überein.

Das Video wurde mit 30 Bildern pro Sekunde aufgenommen. Das kann heutzutage fast jede Digitalkamera. Man erkennt, dass das Drehrad nicht nur hinunter und wieder hinauf rollt, sondern dass zusätzliche Schwingungen des gesamten Drehrads auftreten. Diese Schwingungen sind bei diesem einfachen Modell kaum zu vermeiden, da das manuelle Starten des Drehrads aus der oberen Position praktisch nicht ohne Störeffekte machbar ist. Außerdem entsteht bei dem unteren Umkehrpunkt eine prinzipiell nicht vermeidbare Schaukelbewegung. Unter diesen Umständen erscheinen die Werte der quantitativen Auswertung und der Vergleich mit den Berechnungen ganz befriedigend. Es zeigt sich, dass das einfache Maxwellrad mit allgemein zugänglichen Hilfsmitteln interessante Experimentalphysik ermöglicht.