

Reibungsverluste bei Smart Carts



Klassenstufe	Thema	Unterthema	Anforderung	Durchführung	Dauer
Sek 1	Dynamik	Reibung	•	•	45 min.

Untersuchung der Reibung bei SmartCarts

Einfache Versuch zur Untersuchung der Reibungsverluste von Smart Carts. Zuerst wird ein einfacher Versuch mit Auswertung über Kräftegleichgewicht durchgeführt. Dies können Ihre Schülerinnen und Schüler(SuS) schon in der Sekundarstufe 1 selbst durchführen. Der zweite Versuch wird über die Energiegleichungen ausgewertet, ist aber von der Durchführung kaum aufwendiger als der erste Versuch.

Material:

- Smart Cart Rollenfahrbahn Classic 1,2 m (Bestell-Nr.: [116.2097](#))
- Winkelanzeiger (Bestell-Nr.: 104.1577)

Aufbau

Für beide Versuche ist der Aufbau gleich und ähnlich dem Titelbild. Die Fahrbahn wird als schiefe Ebene aufgestellt. Im ersten Versuch sollte ein möglichst kleiner Winkel gewählt werden; 1° reicht hier völlig aus. Der Winkel im zweiten Versuch kann beliebig gewählt werden. Ein Winkel um die 5° ist empfehlenswert.

- Seite 1 -

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel
Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0
www.conatex.com - email: didactic@conatex.com

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die Conatex Didactic Lehrmittel GmbH nicht gestattet.

Versuch 1 – Durchführung und Auswertung

In diesem Versuch wird eine unterschiedliche Beschleunigung bei bergauf und bergab rollen untersucht. In den Kraftgleichungen erkennen Ihre SuS, dass die Differenz auf die Reibung zurückzuführen ist.

Die Fahrbahn wird als schiefe Ebene unter einer Steigung von ca. 1° aufgestellt. Die Messung in SparkVue wird gestartet und der Wagen wird angestoßen, dass er die Steigung hoch rollt und ohne irgendwo einen Stoß zu erfahren wieder hinab rollt. Im Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm wird deutlich, dass das Smart Cart in den beiden Abschnitten unterschiedliche Beschleunigung erfahren hat.

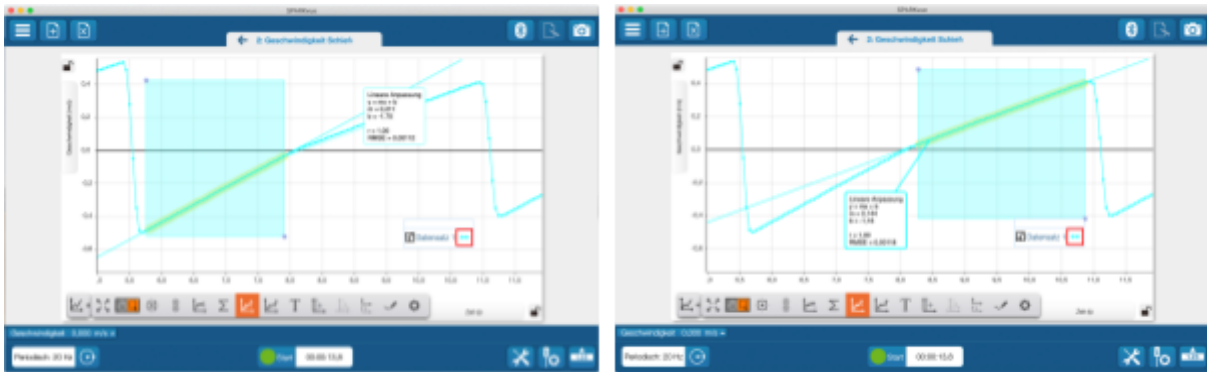


Abb. 1a und 1b: Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm des Smart Carts beim hinauf (a) und hinunter (b) rollen. Der Unterschied beider Steigungen $m_{auf} = 0,211 \text{ (m/s}^2\text{)}$ und $m_{ab} = 0,144 \text{ (m/s}^2\text{)}$ wird durch die Reibung verursacht.

Erstellen der kraftgleichungen:

$$m \cdot a_{Auf} = mg - mg\mu \quad (I)$$

$$m \cdot a_{Ab} = mg + mg\mu \quad (II)$$

Zieht man Gleichung (I) von Gleichung (II) ab, erhält man eine Gleichung für den Reibungskoeffizienten.

$$m \cdot (a_{Ab} - a_{Auf}) = 2mg\mu$$

$$\Leftrightarrow \mu = \frac{a_{Ab} - a_{Auf}}{2g}$$

Hinweis: Die Steigung wurde hier absichtlich nicht berücksichtigt. Sie ist mit 1° so gewählt, dass $\cos(1^\circ) \approx 1$ gesetzt werden und damit vernachlässigt werden kann.

Es ergibt sich der Rollreibungskoeffizient $\mu = 0,0034$ aus den Steigungen der Abschnitte des Geschwindigkeits-Zeit-Diagramms.

Versuch 2 – Durchführung und Auswertung

Der Versuchsaufbau ist der gleiche. Nur kann hier auch eine höhere Steigung gewählt werden. Der Wagen startet zum Zeitpunkt t_0 am Punkt x_0 mit der Geschwindigkeit v_0 .

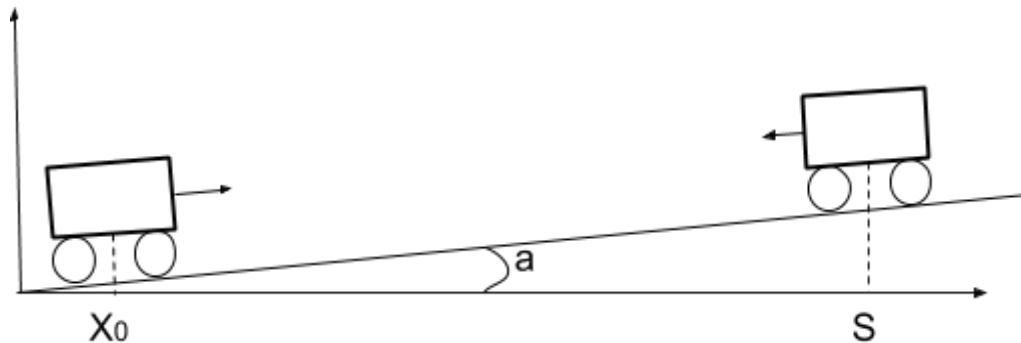


Abb. 2: Versuchsskizze

Im Umkehrpunkt s hat der Wagen die Geschwindigkeit $v_1=0$ zum Zeitpunkt t_1 . Der Versuch endet, wenn der Wagen wieder im Punkt x_0 zum Zeitpunkt t_2 mit der Geschwindigkeit v_2 angekommen ist.

Energiesatz:

$$\frac{m}{2}v_0^2 = mg \cdot \mu \cdot s + mg \cdot s \cdot \tan(\alpha) \quad (I)$$

$$\frac{m}{2}v_2^2 = -mg \cdot \mu \cdot s + mg \cdot s \cdot \tan(\alpha) \quad (II)$$

$$(I) - (II) : \frac{m}{2}(v_0^2 - v_2^2) = 2mg \cdot \mu \cdot s \Leftrightarrow \mu = \frac{v_0^2 - v_2^2}{4gs} \quad (i)$$

$$(I) + (II) : \frac{m}{2}(v_0^2 + v_2^2) = 2mg \cdot s \cdot \tan(\alpha) \Leftrightarrow 4gs = \frac{v_0^2 + v_2^2}{\tan(\alpha)} \quad (ii)$$

$$(ii) \text{ in } (i) \text{ einsetzen: } \mu = \frac{v_0^2 - v_2^2}{v_0^2 + v_2^2} \cdot \tan(\alpha)$$

Die Messung erfolgt diesmal in Capstone (siehe Abbildung 3), da hier die Messung automatisch angehalten werden kann, sobald der Ausgangspunkt wieder erreicht wird. Da in der Energiebilanz nur die Werte zum Startzeitpunkt und zum Endzeitpunkt benötigt wird können die Werte gleich abgelesen werden.

Einsetzen der Werte $v_0=0,988$ (m/s), $v_2=-0,964$ (m/s) und $\alpha=5^\circ$ ergibt $\mu=0,002151$.

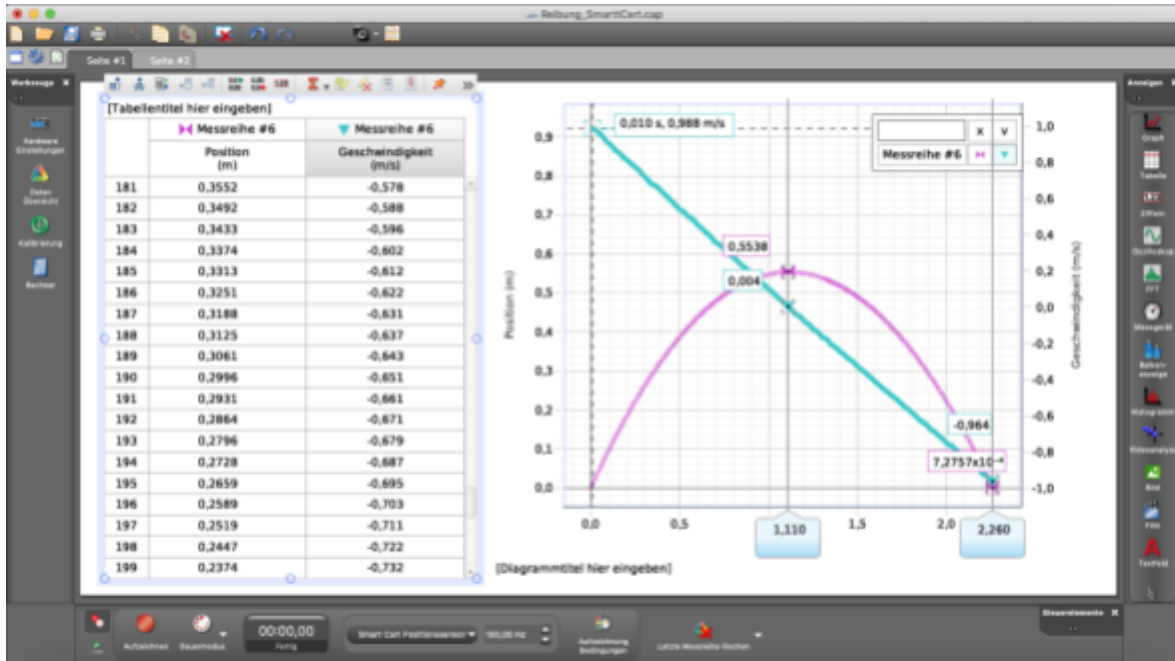


Abb. 3: Versuchsverlauf mit Capstone aufgezeichnet.

Fazit und Ausblick

Von der Rollreibungskoeffizienten eines Smart Cart auf dem Pastrack aus Aluminium ist vergleichbar dem eines Schienenfahrzeugs. Somit haben die Smart Carts sehr gute Rolleigenschaften bei der die Reibung kaum eine Rolle spielt.

Weitere Versuch mit Smart Carts auf der Kunststoff-Fahrbahn, auf der Tischplatte oder auf dem Fußboden werden das Verständnis Ihrer Schüler für das Phänomen "Reibung" weiter vertiefen.

Literatur:

- Pasco Capstone Schulungsvideo
- Peter Spiess, "Fahrdynamik des Schienenverkehrs Wintersemester 2004/2005", Leibnitz-Universität Hannover am 14. Dezember 2005.
- Wikipedia.org, "Rollwiderstand". <https://de.wikipedia.org/wiki/Rollwiderstand>, abgerufen am 23. April 2019.

Bitte beachten Sie, dass die nachfolgenden Versuchsanleitungen lediglich als Orientierung dienen. Die Versuchsanleitungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt. Dennoch können wir keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernehmen und bitten Sie, die jeweiligen Aussagen und Quellen vor Verbreitung zu überprüfen.