Zur Physik des Eishockeys

LEOPOLD MATHELITSCH | SIGRID THALLER

Dieses Dokument ist eine Ergänzung zum Artikel „Heiße Action dank cooler Physik“ in **Physik in unserer Zeit**, 41. Jahrgang 2010, Nr. 3, S. 144.

Modellierung des Schlagschusses

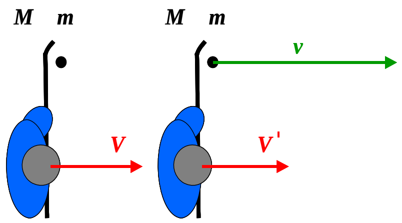

Abb. 1 ***Die große Masse von Spieler und Schläger (von oben gesehen) trifft als „starre Wand“ auf die kleine Masse des Pucks und beschleunigt ihn auf v.***

Trifft eine große Masse M mit Geschwindigkeit V elastisch und zentral auf eine kleine ruhende Masse m (Abbildung 1), so gilt Impulserhaltung

$$M \cdot V = M \cdot V' + m \cdot v$$

und Energieerhaltung

$$\frac{1}{2} M \cdot V^2 = \frac{1}{2} M \cdot V'^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \ ,$$

wobei V' und v die Endgeschwindigkeiten der Massen M und m sind. Durch Kombination der beiden Gleichungen und Elimination von V' kann die Endgeschwindigkeit der kleinen Masse berechnet werden:

$$v = \frac{2M \cdot V}{M + m} \ .$$

Für den Fall, dass M sehr viel größer als m ist, ergibt sich, dass sich die kleine Masse nach dem Stoß mit doppelter Geschwindigkeit bewegt wie zuvor die große. Aus dem sich bewegenden System der großen Masse gesehen, kommt der Ball mit Geschwindigkeit -V auf die Wand zu und prallt elastisch mit Geschwindigkeit V ab. Da sich das gesamte System mit V bewegt, ergibt sich eine Gesamtgeschwindigkeit des Balls von 2V.

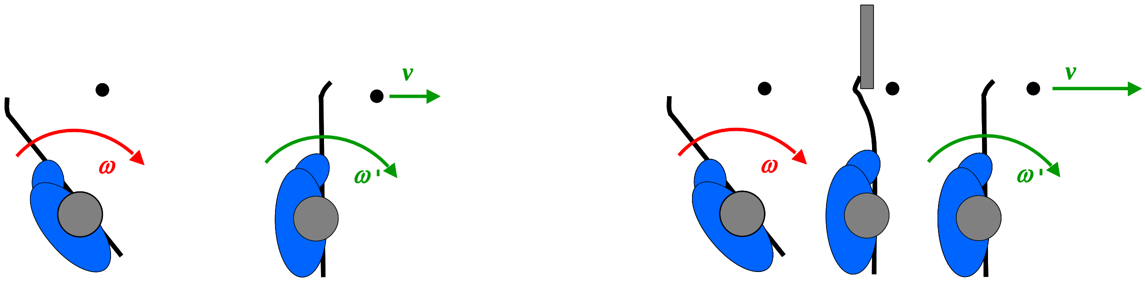

Abb. 2 ***Links: Direkter Schlägertreffer auf den Puck, wobei Oberkörper und Schläger rotieren; ω und ω' sind die Rotationsgeschwindigkeiten vor und nach dem Schuss. Rechts: Beim Schlagschuss setzt der Spieler den Schläger vor dem Puck auf das Eis (symbolisiert durch eine virtuelle abstoppende Wand, grau) und speichert in seiner Verbiegung mechanische Energie.***

Realistischer ist aber die Behandlung eines Schlagschuss als Drehbewegung. Die Energie rekrutiert sich aus einer Rotationsbewegung von Oberkörper, Arm und Schläger (Trägheitsmoment I), die zum Teil in kinetische Energie des Pucks umgewandelt wird (Abbildung 2 links). Aus Drehimpulserhaltung

$$I \cdot \omega = I \cdot \omega' + r \cdot m \cdot v$$

(ω und ω' sind die Drehimpulse der Masse M vor und nach dem Kontakt, r ist der Abstand der Masse m von der Drehachse) und Rotationsenergieerhaltung

$$\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega'^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

erfolgt durch Elimination von ω'

$$v = \frac{2I}{I + m \cdot r^2} \cdot \omega \cdot r .$$

Für $I >> m \cdot r^2$ ergibt sich dasselbe Ergebnis wie im linearen Fall.

Nun wird der Schläger am Boden aufgesetzt und dabei durchgebogen. In der Abbildung 2 rechts ist dies durch das Stoppen des Schlägers an einer (virtuellen) Wand dargestellt. Damit wird die Rotationsenergie des Systems in mechanische Spannungsenergie des Schlägers umgewandelt. Diese potentielle Energie wird dann zu einem großen Teil in Bewegungsenergie des Pucks umgesetzt. Durch Gleichsetzen von anfänglicher Rotationsenergie und kinetischer Energie des Pucks erhält man als Obergrenze der erzielten Geschwindigkeit:

$$v \leq \sqrt{\frac{I}{m}} \cdot \omega .$$