# Lösungsblatt Getriebe Modell 3 – Flaschenzug und Wellrad

Die Schülerinnen und Schüler werden bei einzelnen Aufgaben durch die Bereitstellung einer Bauanleitung (siehe Anhang) bei der Konstruktion und der Lösung der Aufgaben unterstützt. Bei den Aufgaben, bei denen das sinnvoll ist, ist das jeweils zu Beginn des Lösungsblatts angegeben.

*Technikgeschichtlicher Hinweis*: Der Zeitpunkt der Erfindung des Flaschenzugs ist nicht bekannt. Die ältesten bekannten Beschreibungen von Flaschenzügen stammen von dem Römer *Marcus Vitruvius Pollo* (ca. 80-15 v. Chr.), der in seinen „Zehn Büchern über Architektur“ das damalige bautechnische Wissen beschrieb. Darunter finden sich auch Wellräder, die in römischen Baukränen eingesetzt wurden.

## Thematische Frage

1. Die exakte Anzahl der Kurbelumdrehungen hängt von der Dicke der Seiltrommel, also der bereits aufgewickelten Menge an Seil ab. Ohne Flaschenzug sind es gut drei Umdrehungen, im Fall a) ungefähr sechseinhalb, im Fall b) knapp 10 und im Fall c) 13.

2. Die Kraftverstärkung ist umgekehrt proportional zur erforderlichen Seillänge. Der Fall a) verdoppelt die Kraft, Fall b) verdreifacht sie und im Fall c) wird sie vervierfacht. Die Kraftverstärkung kann man an der Zahl der Seilschlaufen abzählen.

3. Damit erklärt sich auch die Bezeichnung „Faktorenflaschenzug“: Die Anzahl der verwendeten Rollen ist der Faktor der Kraftverstärkung.

## Experimentieraufgabe

1. Die Kraftverstärkung des Wellrads entspricht dem Verhältnis des langen Hebels zum Radius der Seiltrommel. Wird das Seil direkt auf der Trommel aufgewickelt (Durchmesser 0,7 cm) und greift die Hand in der Mitte des Rastadapters, dann beträgt die Verstärkung im Fall a) 4,5/0,35 ≈ 12,85 und im Fall b) 6/0,35 ≈ 17,14.

Mit der Menge an aufgewickeltem Seil nimmt der Radius der Seiltrommel zu; damit sinkt die Kraftverstärkung. Beim Vergleich des Wellrads mit der Kurbel ist allerdings zu berücksichtigen, dass auch die Kurbel bereits eine Kraftverstärkung um etwa den Faktor 1,2/0,35 ≈ 3,42 bewirkt.

2. Die „Weglänge“, die man beim Drehen des Wellrads zurücklegen muss, wächst proportional mit der Kraftverstärkung. (Das kann man sich leicht plausibel machen, da der Kreisumfang U = 2 π r ist, also eine Vervielfachung des Radius mit demselben Faktor in die Berechnung des Kreisumfangs eingeht.)

3. Am Wellrad ist mit wenigen Mitteln schnell eine große Kraftverstärkung zu bewirken. Am Flaschenzug sind dafür sehr viele zusätzliche Rollen erforderlich. Werden die Rollen des Faktorenflaschenzugs untereinander angeordnet, verkürzt sich die Hub­strecke. Das ist allerdings durch parallel angeordnete Rollen vermeidbar. Die zusätzlich erforderliche Seillänge muss allerdings auf die Seiltrommel passen. Vorteil dabei: Das zu hebende Gewicht verteilt sich auf die Seilschlingen; es ist also bei höherem Gewicht kein stabileres Zugseil erforderlich.

Der Hebel am Wellrad und das Zugseil müssen hingegen die gesamte verstärkte Kraft bzw. das zu hebende Gewicht aufnehmen und daher für größere Gewichte kräftiger ausgelegt werden. Ein längerer Hebel am Wellrad erfordert außerdem eine entsprechend größere, runde Lauffläche rund um das Wellrad. Da die Zugkraft an der Seiltrommel mit dem zu hebenden Gewicht zunimmt, sollte ein Wellrad außerdem über eine Sperrklinke verfügen.

Anlagen

## Bauanleitungen und Vorlagen für die Getriebe und Modelle:

Modell 3: Bauanleitung Flaschenzug mit Seilwinde, Bauanleitung Flaschenzug mit Wellrad