

## Vertical Limit

(Zielgruppe: Sek. II, Schlüsselworte: waagerechter Wurf)

Peter Garrett ist ein sehr guter Bergsteiger. Im Film *Vertical Limit* muss er seine Schwester im Hochgebirge retten – und zwar am K2, dem zweithöchsten Berg der Welt! Sie ist bei einem Versuch, den Berg zu besteigen, in eine Eisspalte gestürzt. Die Zeit wird dabei knapp, die Vorräte gehen zur Neige und Peter geht viele Risiken ein, um rechtzeitig da zu sein. Unter anderem springt er über eine Schlucht, indem er schnell über die Kante läuft und seine Steigeisen in die gegenüberliegende Felswand schlägt. Hier kann man die Szene ansehen: <http://www.youtube.com/watch?v=vlaBehEZDEgIm>. Doch ist das realistisch? Könnte er in Wirklichkeit den Sprung tatsächlich schaffen?

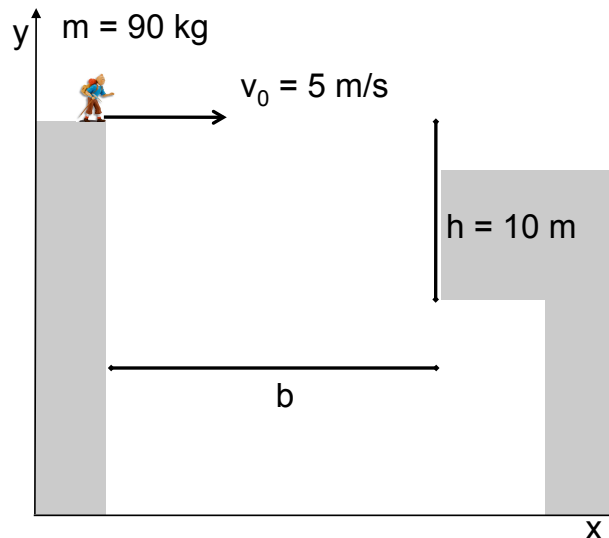


Abbildung 1: Der Sprung in der Seitenansicht. Dabei ist  $m$  die Masse des Bergsteigers und  $v_0$  die Geschwindigkeit, mit der er über die Klippe läuft. Die Höhe, die er maximal fallen darf, wird mit  $h$  bezeichnet;  $h$  ist der Abstand von der Absprunghöhe und der unteren Kante des Felsvorsprungs. Die Breite der zu überquerenden Schlucht wird mit  $b$  bezeichnet.

1. Beschreibe die Bewegung beim Sprung physikalisch, indem du dich auf das Unabhängigkeitsprinzip beziehst! Dazu solltest du nicht mehr als drei Sätze benötigen. Stelle auch die Weg-Zeit-Gesetze für die Bewegungen in  $x$ -Richtung und in  $y$ -Richtung auf! Die Luftreibung soll nicht berücksichtigt werden.
2. Die angegebenen Werte für die Masse  $m$ , die Geschwindigkeit  $v_0$  und die Fallhöhe  $h$  sind realistische Abschätzungen. Die Luftreibung soll nicht berücksichtigt werden. **Berechne, wie breit die Schlucht maximal sein darf, damit Peter sein Ziel erreicht!** Idealerweise stellst du dabei auch eine Formel für die maximale Breite der Schlucht auf, in der die angegebenen Größen (siehe Abbildung) miteinander verknüpft sind. *Vorsicht: du benötigst nicht alle angegebenen Größen!*
3. Wie könnte Peter es schaffen, eine noch breitere Schlucht zu überqueren? Stelle begründete Hypothesen auf, wie dies gelingen kann!
4. *Für schnelle Arbeiterinnen und Arbeiter:* Rieke, eine Physikerin, hat den Film *Vertical Limit* gesehen und sich insbesondere an dem kurzen Filmabschnitt zum Sprung über die Schlucht gestört. Sie ist der Auffassung, dass die Bewegung zwar physikalisch korrekt dargestellt ist, der Film aber dennoch nicht realistisch. Sie ist der Meinung, dass ein Film solche unrealistischen Szenen nicht beinhalten sollte. Begründe, warum der Sprung nicht realistisch ist. Nimm auch Stellung dazu, ob es richtig ist, eine solche Szene in einem Film zu verbieten!

## Vertical Limit (Musterlösung)

1. Peter bewegt sich in x-Richtung mit einer gleichförmigen Bewegung mit der Geschwindigkeit  $v_0$  und in y-Richtung mit einer gleichmäßig-beschleunigten Bewegung mit der Erdbeschleunigung  $-g$ . Zu Beginn der Bewegung  $t=0$  befindet er sich am Punkt  $x=0$  und  $y=h$ . Diese beiden Bewegungen überlagern sich. Weg-Zeit-Gesetze:  $x = v_0 \cdot t$  und  $y = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + h$
2. Es wird die Strecke  $x=b$  gesucht, die erreicht ist, wenn der Punkt  $y=0$  erreicht ist. Dazu muss das Weg-Zeit-Gesetz für die y-Richtung nach  $t$  umgestellt und in das Weg-Zeit-Gesetz für die x-Richtung eingesetzt werden. Es ergibt sich die Formel für die Wurfweite:  $x = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$ .

Mit den angegebenen Werten und  $x=b$  ergibt sich:  $b = 5m/s \cdot \sqrt{\frac{20m}{9,81m/s^2}} \approx 7,14$  . Diese

Formel herzuleiten ist nicht leicht, es empfehlen sich dafür Hilfekarten! Zudem kann man die Aufgabe lösen, indem man nicht die Formel herleitet, sondern die Fallzeit für die Strecke  $h$  zunächst berechnet und diese dann in das Weg-Zeit-Gesetz für die x-Richtung einsetzt. Dass die Masse  $m$  keine Rolle spielt, ist eine zusätzliche (gewünschte) Schwierigkeit. Sie anzugeben soll verhindern, dass einfach eine Formel in der Formelsammlung gesucht wird, die alle gegebenen Größen verknüpft.

3. Begründete Hypothesen könnten sein: eine höhere Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  – aber vor allem sollen die Schülerinnen und Schüler hier über den Absprung nachdenken. Ein Absprungwinkel würde helfen und leitet später zum schrägen Wurf über.
4. Hier ist Bewertungskompetenz gefragt! Es soll diskutiert werden, dass der Filmausschnitt physikalisch übertrieben ist, da die Fallhöhe viel zu hoch für einen potentiell erfolgreichen Sprung ist – der Protagonist fällt mindestens 10 m im freien Fall und fängt die gesamte kinetische Energie allein mit den Armen auf. Es soll aber auch genannt werden, dass Filme zu künstlerischen Zwecken übertreiben dürfen: diese physikalische Übertreibung hat eine spannungsfördernde Funktion im Film. Der Film ist nicht zum Erlernen von Physik gedacht, aber für welche Position man sich entscheidet, ist offen.

## Hilfekarte 1 für Aufgabe 2

1. In x-Richtung liegt eine gleichförmige Bewegung vor, in y-Richtung eine gleichmäßig-beschleunigte Bewegung: der freie Fall. Die Weg-Zeit-Gesetze für die Bewegung in x- und in y-Richtung lauten also wie folgt:  $x = v_0 \cdot t$  und  $y = -\frac{1}{2}g \cdot t^2$ .

## Hilfekarte 2 für Aufgabe 2

1. In x-Richtung liegt eine gleichförmige Bewegung vor, in y-Richtung eine gleichmäßig-beschleunigte Bewegung: der freie Fall. Die Weg-Zeit-Gesetze für die Bewegung in x- und in y-Richtung lauten also wie folgt:  $x = v_0 \cdot t$  und  $y = \frac{1}{2}g \cdot t^2$ .
2. Du musst jetzt berechnen, wie lange der Springer braucht, um die maximal 10 m zu fallen. Dann kannst du auch ausrechnen, wie weit er in x-Richtung in dieser Zeit kommen kann! Die zurückgelegte Strecke in x-Richtung muss also der Breite der Schlucht  $b$  entsprechen und die zurückgelegte Strecke in y-Richtung der maximalen Fallhöhe  $h = 10$  m:  $h = \frac{1}{2}g \cdot t^2$  und  $b = v_0 \cdot t$ .

## Hilfekarte 3 für Aufgabe 2

1. In x-Richtung liegt eine gleichförmige Bewegung vor, in y-Richtung eine gleichmäßig-beschleunigte Bewegung: der freie Fall. Die Weg-Zeit-Gesetze für die Bewegung in x- und in y-Richtung lauten also wie folgt:  $x = v_0 \cdot t$  und  $y = -\frac{1}{2}g \cdot t^2$ .
2. Du musst jetzt berechnen, wie lange der Springer braucht, um die maximal 10 m zu fallen. Dann kannst du auch ausrechnen, wie weit er in x-Richtung in dieser Zeit kommen kann! Die zurückgelegte Strecke in x-Richtung muss also der Breite der Schlucht  $b$  entsprechen und die zurückgelegte Strecke in y-Richtung der maximalen Fallhöhe  $h = 10$  m:  $h = -\frac{1}{2}g \cdot t^2$  und  $b = v_0 \cdot t$ .
3. Kombiniere die beiden Formeln, indem du eine davon nach der Zeit  $t$  auflöst und den resultierenden Term in die andere Gleichung einsetzt:  $h = \frac{1}{2}g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  einsetzen  
in  $b = v_0 \cdot t \Rightarrow b = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$ . Jetzt musst du nur noch die Werte für  $v_0$ ,  $h$  und  $g$  einsetzen,  $b$  ausrechnen und bist fertig!

