Übungen zur Kinematik – Lösungen

1. a) Die richtige Antwort wäre: Nein. Grund: der Flug gegen den Wind dauert länger als mit dem Wind. Damit verliert man mehr Zeit beim Flug gegen den Wind als man gewinnen kann mit dem Wind. (Wichtig dabei: die Windstärke muss konstant bleiben.)

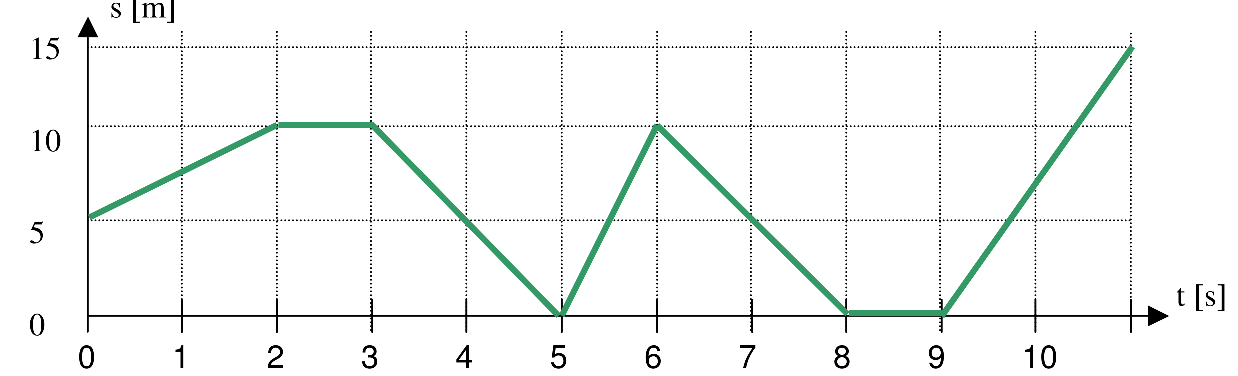
Hinflugzeit: $t_1 = 8000 / (800 + 100)\ \text{h} = 8.89\ \text{h}$
Rückflugzeit: $t_2 = 8000 / (800 - 100)\ \text{h} = 11.43\ \text{h}$
Gesamtflugzeit: $t = t_1 + t_2 = 20.32\ \text{h}$
Die "einfache" und falsche Rechnung $t = 2 \cdot s / v = 16000\ \text{km} / 800\ \text{km/h} = 20\ \text{h}$ liefert eine zu geringe Gesamtflugzeit.

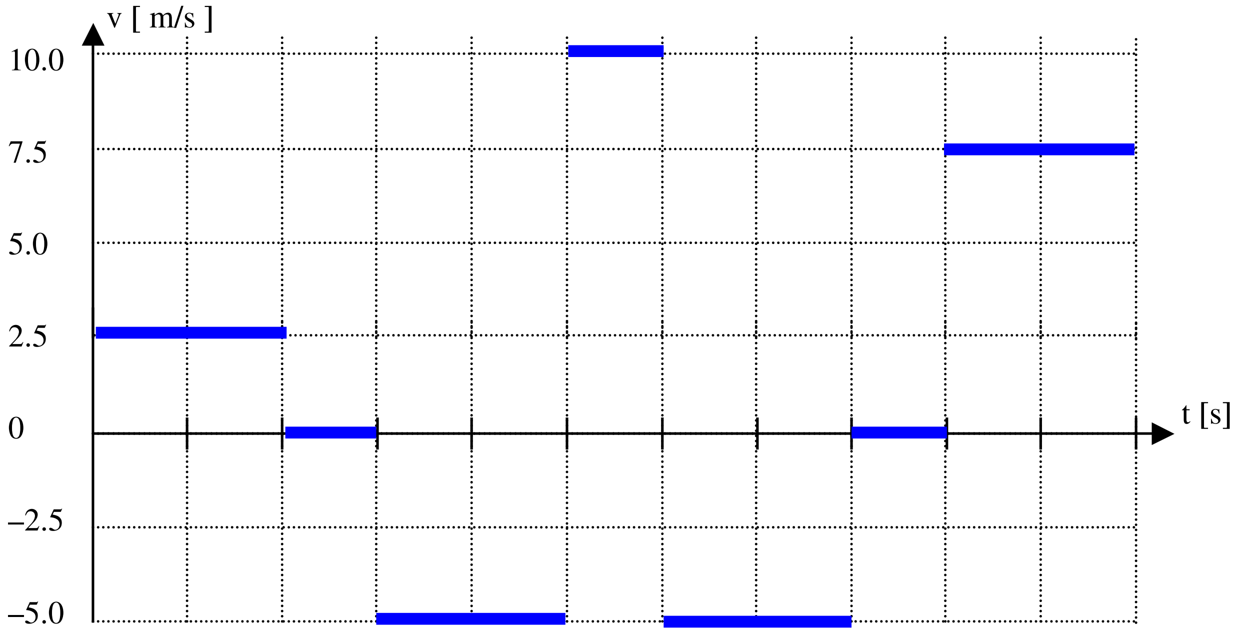
b) Formale Rechnung mit v_W als Windgeschwindigkeit:

Hinflugzeit: $t_1 = s / (v + v_W)$
Rückflugzeit: $t_2 = s / (v - v_W)$
Gesamtflugzeit: $t = t_1 + t_2 = s / (v + v_W) + s / (v - v_W) = \dfrac{2sv}{v^2 - v_w^2} = 2s \cdot \dfrac{v}{v^2 - v_w^2}$

Da ja $v_W^2 \geq 0$ ist auch $\dfrac{v}{v^2 - v_w^2} \geq \dfrac{1}{v}$, damit ist die Gesamtflugzeit bei Wind immer grösser als es die "einfache", aber falsche, Rechnung $t = 2 \cdot s / v$ angibt.

2. Zeichnen Sie zum folgenden s-t-Diagramm das zugehörige v-t-Diagramm darunter und beschriften Sie die Achsen des v-t-Diagramms sinnvoll und richtig!





a) Wie lange ist die insgesamt zurückgelegte Wegstrecke in den ersten 11 s ? $s_{tot} = 50$ m
Damit ist mittlere Geschwindigkeit v = 50 / 11 m/s = 4.55 m/s

b) Wie weit entfernt vom Startort bei t = 0 s befindet man sich zur Zeit t = 11 s ? d = 10 m

c) Der Körper ändert die Richtung jeweils bei t = 3s, 5s, 6s und 9s.
Man erkennt das im s-t-Diagramm daran, dass eine fallende zu einer steigenden Kurve wird, resp. umgekehrt.
Man erkennt das im v-t-Diagramm daran, dass die Geschwindigkeit das Vorzeichen wechselt.

d) Worin unterscheidet sich die Kurve im s-t von jener im v-t-Diagramm ganz wesentlich?
Die s-t-Kurve ist zusammenhängend und macht keine plötzlichen Sprünge.
Dieser Unterschied kommt davon, dass ein plötzlicher Sprung im s-t-Diagramm bedeuten würde, dass der Körper ***gleichzeitig an zwei Orten*** ist. Zum anderen würde dies einer unendlich grossen momentanen Geschwindigkeit entsprechen, was ebenfalls unrealistisch ist. Dagegen kann man, mit einer gewissen Idealisierung, sich vorstellen, dass die Geschwindigkeit sich (fast) schlagartig verändert. Daher können Sprünge in einer v-t-Kurve vorkommen.
(Bemerkung: diese Sprünge entstehen aber durch eine Idealisierung. Es ist intuitiv klar, dass auch die Geschwindigkeit eines Körpers nicht beliebig schnell ("schlagartig") ändern kann. Daher muss realistischerweise auch eine v-t-Kurve eine zusammenhängende Kurve sein – oder wenigstens nur kleine Sprünge machen.)

3. a) Von Bild 1 bis 4 halbiert sich der Balldurchmesser ungefähr. D.h. der Ball legt in 0.75 ms eine Strecke von 28.5 mm zurück. Also $v = 0.0285\text{ m} / 0.75\cdot10^{-3}\text{ s} = 38$ m/s.

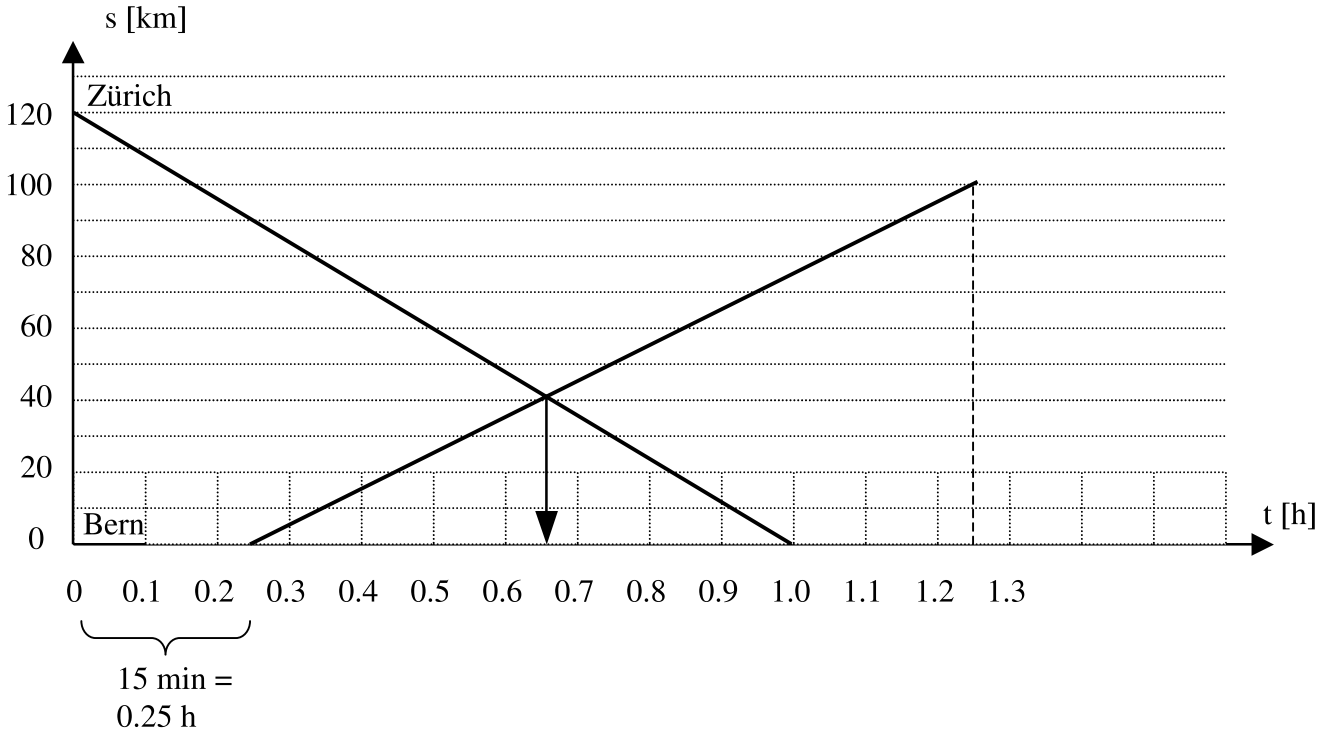
Die Genauigkeit des zurückgelegten Weges ist nur etwa auf 5 mm genau zu schätzen. Somit ist die Unsicherheit der Geschwindigkeit ± 6.7 m/s, d.h.: v = 38 m/s ± 7 m/s.

b) Kontaktzeit mit der Wand:
Von Bild 1 bis Bild 17 berührt der Ball die Wand. Die Kontaktzeit beträgt damit rund 4 ms $= 4\cdot10^{-3}$ s (Unsicherheit ± 0.25 ms).
(Bemerkung: Wir werden in einem späteren Kapitel sehen, wie man – zusammen mit der Masse m = 0.042 kg des Racquetballs – die Beschleunigung berechnen kann, die während des Aufpralls auf den Ball wirkt. Die Beschleunigung ist rund 80 mal grösser als die Erdbeschleunigung g!
Die menschlichen Augen vertragen das 40-fache der Erdbeschleunigung während maximal 150 ms. Längerfristig (einige Sekunden) verträgt ein Mensch nur etwa das 15-fache der Erdbeschleunigung, z.B. Kampfjetpiloten mit einem Druckanzug.)

c) Von Bild 10 bis 16 vergrössert sich der platt gedrückte Ball um etwas weniger als einen Durchmesser, d.h. um etwa 50 mm in 1.5 ms. Somit v = 33 m/s mit einer Unsicherheit von etwa 7 m/s (wie bei a).
Aus den Bildern 18 bis 23 findet man mit messen eine Distanz von ca. 36 mm in 1.25 ms. Also v = 28.8 m/s ± 7 m/s.
Aus diesen Daten kann man vermuten, dass die Geschwindigkeit nach dem Stoss etwas kleiner ist als vor dem Stoss, was ja auch durchaus unserer Alltagserfahrung entspricht.

4. Der Zug von Zürich startet zur Zeit 0 im s-t-Diagramm und erreicht 1 Std. später Bern. Der Zug in Bern fährt 15 min = ¼ Std. später ab. Seine Geschwindigkeit ist 100 km/h, d.h. er legt in 1 Std. 100 km zurück.
Damit sind die beiden Geraden der beiden Züge festgelegt und wir können den Schnittpunkt aus der Grafik herauslesen: (0.65 h | 40 km)

Der Treffpunkt ist bei ca. 40 km von Bern und nach ca. 0.4 Std. nach dem Start des Zuges von Bern. D.h. der Zug von Zürich trifft um ca. 12:25 etwa 40 km vor Bern den entgegen-kommenden Zug von Bern.



5. a) 800 m/s = 0.800 km/s = 0.800 · 60 km/min = 0.800 · 3600 km/h = 2880 km/h

b) $s = v \cdot t = 800\text{ m/s} \cdot {}^{1}/_{5000}\text{ s} = 0.16\text{ m} = 16\text{ cm}$

16 cm ist noch immer viel zu weit um eine gestochen scharfe Foto aufzunehmen. Der mechanische Verschluss eines Fotoapparates kann aber nicht schneller als ${}^{1}/_{5000}$ s sein. Damit nimmt man derartige Fotos mit einer anderen Technik auf: Man arbeitet in völliger Dunkelheit und blitzt im richtigen Moment (berechnet oder systematisch ausprobiert) für eine extrem kurze Zeit. Ein Blitz kann viel kürzer dauern als ${}^{1}/_{5000}$ s.

c) Man kann mit dem Bild abschätzen, dass die Orangenteilchen weniger weit fliegen als 1 mm damit das Bild derart scharf sein kann.

Damit:

$s = v \cdot t = 1\text{ mm} = 0.001\text{ m} = 800\text{ m/s} \cdot t$ | nach t auflösen

$t = 0.001\text{ m} / 800\text{ m/s} = 0.00000125\text{ s} = 1.25 \cdot 10^{-6}\text{ s} = 1.25\ \mu\text{s}$ = 1.25 Mikrosekunden

Es war ein Lichtblitz nötig, der extrem kurzzeitig die Orange beleuchtete, nämlich nur während rund 1 Mikrosekunde (Millionstelsekunde).

N.B. Auch wenn man annimmt, dass die Orangenteilchen nur noch mit ca. 80 m/s fliegen (also 10 mal langsamer als die Kugel), auch dann brauchte es noch einen sehr kurzen Blitz, der nur gerade 10^{-5} s (eine Hunderttausendstelsekunde) dauerte.