Kinematik

Bewegungen beschreiben, lesen und berechnen





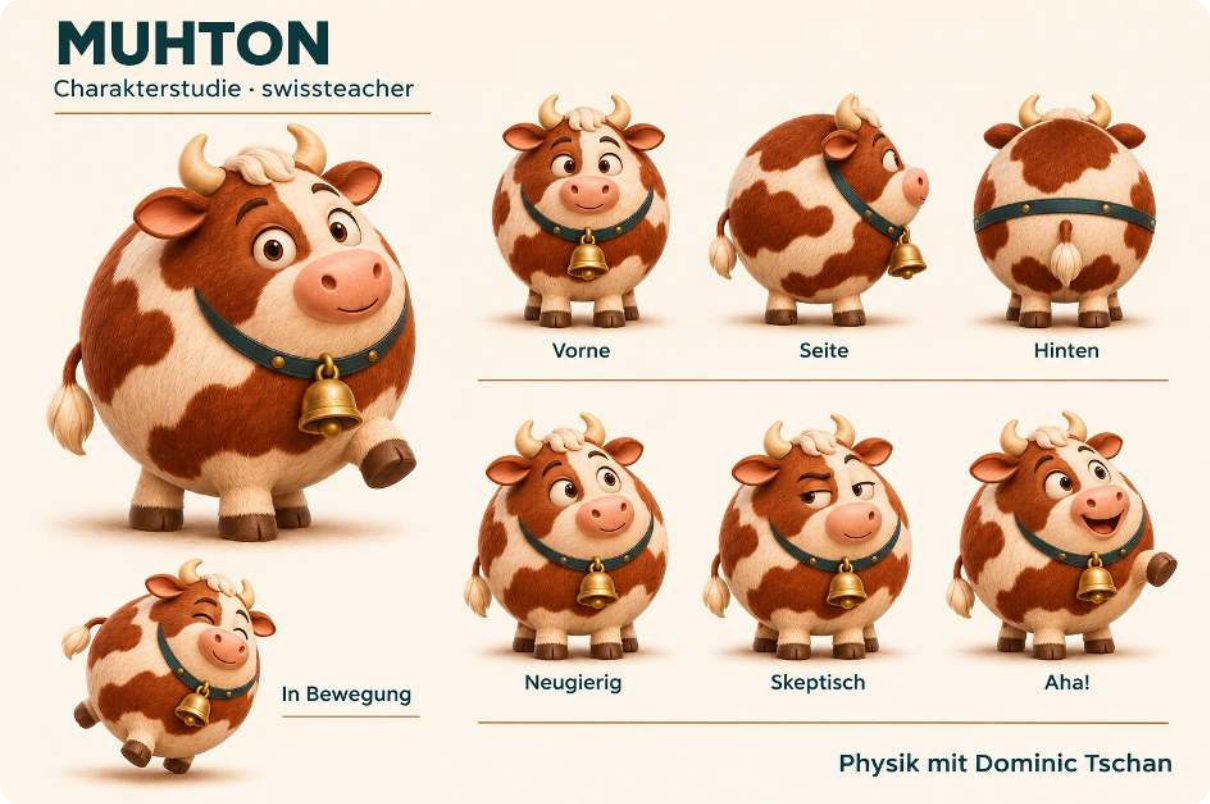
Wo ist Muhton in drei Sekunden?

> *«Das grosse Buch der Natur ist in der Sprache der Mathematik geschrieben.»*
>
> NACH GALILEO GALILEI · IL SAGGIATORE, 1623

MUHTON

Wer dich durch dieses Heft begleitet

Ein Bauer bittet einen Physiker, die Milchleistung seiner Kühe zu verbessern. Nach einer Woche kommt der Physiker zurück und beginnt: «Nehmen wir an, die Kuh sei eine Kugel …» Über diesen Witz lachen Physiker über sich selbst, denn genau so arbeitet Physik: weglassen, was nicht zählt, und dann rechnen.





Muhton

Benannt nach Isaac Newton. 600 kg wie ein echtes Rind, als Kugel gut einen Meter dick. Er probiert aus und liegt auch einmal daneben. Wo sein Kopf steht, fragt er: Erst überlegen, dann weiterlesen. Unter «Muhton weiss mehr» erzählt er, was über den Stoff hinausgeht, unter «Muhtons Kniff» verrät er eine Schlauheit zum Lösen.



Und ich bin Dominic.

Wo mein Kopf steht, sage ich selbst etwas: beim Verstehen, bei typischen Fehlern und bei Prüfungstipps.

Muhton probiert aus. Ich helfe beim Verstehen.

LEHRMITTEL KINEMATIK

So lernst du mit diesem Heft

Physik lernt man nicht durch Lesen allein, sondern durch Rechnen und Erklären. Dieses Heft ist zum Selbststudium gebaut, und jedes Kapitel führt dich durch dieselben sechs Stationen. Jedes Kapitel setzt nur das voraus, was vorher stand.

1. **Leitfrage**
   Lies die Frage am Anfang und überlege zuerst selbst. Dort steht auch, was du nach dem Kapitel kannst.
2. **Verstehen**
   Arbeite die Abschnitte der Reihe nach durch. Die QR-Codes führen zu meinen Videos.
3. **Rezept**
   Das Vorgehen für die wichtigsten Aufgaben, in vier Schritten. Die Rezepte sind durchnummeriert; im Anhang B stehen alle auf einer Seite.
4. **Vorgerechnet**
   Das Rezept an einem ganzen Beispiel, Schritt für Schritt.
5. **Kannst du es?**
   Vier Fragen und ein Kurzquiz zum Kapitel. Die Lösungen stehen im Anhang C.
6. **Üben**
   Aufgaben mit Hilfe und Kontrolle, der ganze Rechenweg im Anhang C.

> **Klemmt eine Aufgabe?** Geh nicht gleich zur Lösung, sondern zurück zum passenden Rezept (Station 3). Wer die Rezepte kann, zerlegt fast jede Aufgabe in bekannte Schritte.

DER WICHTIGSTE RAT VORWEG

Zeichne das v-t-Diagramm. Die Strecke ist die Fläche darunter.

In diesem Heft kommen drei Formeln vor, mit denen man Strecken direkt ausrechnen kann. Sie sind praktisch, und gefährlich: Wer nur nach der passenden Formel sucht, hat die Physik nicht verstanden. Der Kern steht in Kapitel 2. Wer ihn kann, löst jede Aufgabe dieses Hefts, auch ohne eine einzige Formel auswendig zu wissen.

LEHRMITTEL KINEMATIK

Woran du erkennst, was kommt

Das Heft hat nur wenige Arten von Stellen. So sehen sie aus:

 ***Muhton stellt eine Frage. Erst überlegen, dann weiterlesen.***

 **Zum Verstehen Wo mein Kopf steht, spreche ich selbst**

An der Stelle, an der erfahrungsgemäss alle hängen, beim Fehler, der an der Prüfung Punkte kostet, und beim Hinweis auf ein Video. Steht kein Kopf da, spricht die Physik für sich.

MERKE

Das Wichtigste, zum Lernen für die Prüfung.

Nur Merke und Rezept stehen auf einer Fläche, und nie über einen Seitenumbruch.

REZEPT 1 **Geschwindigkeit aus dem Diagramm**

Wie schnell ist ein Körper, dessen Bewegung im s-t-Diagramm eine Gerade ist?

1. Vier kurze Schritte, immer in derselben Reihenfolge.

Zeichen: Formelzeichen, Einheiten und Faustregeln stehen fett im Text, mit einem Wort davor, genau dort, wo du sie brauchst.

Vorgerechnet Ein Beispiel Schritt für Schritt

Rechts neben jedem Schritt steht, warum er so geht.

A 1.1 Eine Aufgabe Rechenweg S. 51

Erst selbst versuchen.

HILFE Sie verrät den ersten Schritt, nicht die Lösung.

KONTROLLE Das Ergebnis steht gleich darunter, der ganze Rechenweg im Anhang C.



Video Die QR-Codes führen zu meinen Videos. Das Heft ist auch ohne sie vollständig. Alle Videos: youtube.com, Playlist Kinematik

INHALT

Vier Fragen, ein Diagramm

1 Bewegung darstellen 8

Muhton läuft am Zaun entlang. Wie beschreibt man, wo er wann ist?

1.1 Wann und wo 9
1.2 Drei Sprachen für dieselbe Sache 9
1.3 Das Orts-Zeit-Diagramm 10
1.4 Die Geschwindigkeit ist die Steigung 11
R1 Rezept: Geschwindigkeit aus dem Diagramm 12
1.5 Einheiten umrechnen 12
R2 Rezept: Zwischen km/h und m/s umrechnen 13
1.6 Die Ortsfunktion 13
R3 Rezept: Ort oder Zeit aus der Ortsfunktion 14
1.7 Begegnung und Einholen 14
R4 Rezept: Begegnung und Einholen 15

2 Die gleichmässig beschleunigte Bewegung 20

Muhton fährt im Wagen den Hang hinunter. Um wie viel wird er in jeder Sekunde schneller?

2.1 Ein neues Diagramm 21
2.2 Die Beschleunigung 21
R5 Rezept: Beschleunigung berechnen 23
2.3 Die Geschwindigkeitsfunktion 23
2.4 Die Strecke ist die Fläche 24
2.5 Vier Aufgaben, ein Werkzeug 24
R6 Rezept: Aufgaben mit dem v-t-Diagramm lösen 25
2.6 Die drei Formeln, und eine Warnung 25
R7 Rezept: Die passende Streckenformel wählen 26

3 Der freie Fall 30

Der Hammer ist schon unten, die Feder schwebt noch. Wäre das ohne Luft anders?

3.1 Der freie Fall ist nichts Neues 31
3.2 Warum alle Körper gleich schnell fallen 32
3.3 Wovon *g* abhängt 33
3.4 Und wenn die Luft mitspielt? 33
3.5 Rechnen mit dem freien Fall 34
R8 Rezept: Freier Fall aus der Ruhe 34

4 Der Wurf nach oben 38

Ganz oben steht der Ball einen Augenblick still. Wie gross ist dort die Beschleunigung?

4.1 Der Wurf im *v*-*t*-Diagramm 39
4.2 Die wichtigste Falle des Kapitels 40
4.3 Wie hoch fliegt der Ball? 40
R9 Rezept: Senkrechter Wurf nach oben 41
4.4 Die Wurfparabel 41

Anhang

A **Momentangeschwindigkeit und Ableitung** **45**

B **Formelsammlung und Checkliste** **48**

C **Ausführliche Lösungen** **51**

Die Farben in den Abbildungen

- **Kurve im Diagramm**: petrol. Eine zweite Kurve zum Vergleich ist orange.
- **Fläche unter dem v-t-Diagramm**: hell eingefärbt. Sie ist die zurückgelegte Strecke.
- **Geschwindigkeit**: ein grüner Pfeil zeigt, wohin und wie schnell sich etwas bewegt.
- **Mit Luftwiderstand**: rot, wo die Luft bremst.

VOR DEM START

Bist du bereit?

Dieses Heft braucht nur wenig Mathematik: Geraden, Flächen und Umformen. Rechne die sieben Aufgaben ohne nachzuschauen. Stimmen sechs oder mehr, kann es losgehen. Sonst lohnt es sich, die Lücken zuerst zu schliessen.

1. Eine Gerade geht durch die Punkte $(1 \mid 5)$ und $(3 \mid 11)$. Wie gross ist ihre Steigung?
2. Stelle $s = v \cdot t + s_0$ nach t um.
3. Wie viele Sekunden sind $2{,}5\,\text{min}$, und wie viele Sekunden hat eine Stunde?
4. Schreibe $4{,}2\,\text{km}$ und $35\,\text{cm}$ in Metern.
5. Ein rechtwinkliges Dreieck hat die Katheten 6 und 4. Wie gross ist seine Fläche?
6. Ein Trapez hat die parallelen Seiten 10 und 30 und die Höhe 8. Wie gross ist seine Fläche?
7. Löse nach t auf: $5\,t^2 = 45$.

LÖSUNGEN

1 3 · **2** $t = \frac{s - s_0}{v}$ · **3** $150\,\text{s}$ und $3600\,\text{s}$ · **4** $4200\,\text{m}$ und $0{,}35\,\text{m}$ · **5** 12 · **6** 160 · **7** $t = 3$ (oder -3)

KAPITEL 1

1 Bewegung darstellen

Wann und wo, und drei Sprachen, um beides aufzuschreiben.





Muhton läuft am Zaun entlang. Wie beschreibt man, wo er wann ist?

Muhton: «Ich laufe einfach geradeaus. Was gibt es da zu rechnen?»

NACH DIESEM KAPITEL KANNST DU

- ✓ eine Bewegung mit Zeit und Ort beschreiben, als Tabelle, als Diagramm und als Funktion,
- ✓ die Geschwindigkeit als Steigung im s-t-Diagramm ablesen und mit $v = \Delta s / \Delta t$ rechnen,
- ✓ zwischen km/h und m/s umrechnen,
- ✓ mit der Ortsfunktion $s = v\,t + s_0$ Ort und Zeit berechnen und den Treffpunkt zweier Körper bestimmen.



Video Geschwindigkeit und das Diagramm von Ort und Zeit. Playlist zum Heft

Berlin, 16. August 2009, Weltmeisterschaft, Final über 100 Meter. Usain Bolt läuft die Strecke in 9,58 Sekunden, Weltrekord. Messgeräte halten fest, wann er welche 10-Meter-Marke passiert: eine Tabelle aus Zeiten und Orten. Aus ihr lässt sich alles herauslesen, etwa dass er im Schnitt

mit gut $10\,\mathrm{m/s}$ lief, auf dem schnellsten Stück aber mit gut $12\,\mathrm{m/s}$, rund $44\,\mathrm{km/h}$. Wie liest man so etwas aus einer Bewegung heraus, und zwar so genau, dass man damit rechnen kann?

Das ist die Frage der **Kinematik**, der Lehre von den Bewegungen. Und das Schöne daran: Ob Sprinterin, Velo, Auto oder ein Planet auf seiner Bahn, im Kern steckt fast überall dieselbe einfache Idee.

1.1 Wann und wo

MERKE

Der Satz, auf dem alles aufbaut

Die Bewegung eines Körpers ist **eindeutig beschrieben**, wenn man zu jeder **Zeit** den **Ort** kennt.

Zeichen: t Zeit, in Sekunden
s Ort, in Metern

Zeit und Ort, oder noch einfacher: *wann* und *wo*. Das sind die zwei Angaben, die man in der Kinematik braucht.

Denk an eine Verabredung. «Um drei Uhr beim Bahnhof»: Das ist wann und wo. Erst beide zusammen ergeben einen Sinn. «Um drei Uhr» allein nützt dir nichts, «beim Bahnhof» allein auch nicht. Genau deshalb steht im Merksatz das Wort *eindeutig*.

1.2 Drei Sprachen für dieselbe Sache

Für das Paar aus wann und wo gibt es drei Darstellungen. Sie sagen dasselbe, nur in verschiedenen Sprachen.

Darstellung	Was sie leistet
Tabelle	Zu ausgewählten Zeiten der zugehörige Ort. Den Fahrplan der SBB hast du schon oft benutzt, ohne an Physik zu denken.
Diagramm	Der Ort über der Zeit aufgetragen. Man sieht die ganze Bewegung auf einen Blick, auch das, was zwischen den Tabellenzeilen passiert.
Funktion	Eine Formel, die zu *jeder* Zeit den Ort liefert. Damit lässt sich rechnen und vorhersagen.

Wir arbeiten vor allem mit den letzten beiden. Und wir beginnen mit dem einfachsten Fall überhaupt: Die Geschwindigkeit ändert sich nicht.



MUHTON WEISS MEHR

Die Uhr, die jede Minute wartet

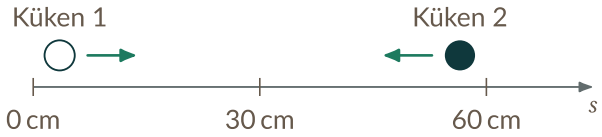
An jedem Schweizer Bahnhof hängt dieselbe Uhr, 1944 von Hans Hilfiker für die SBB entworfen. Schau einmal genau auf den roten Sekundenzeiger: Er schafft seine Runde in gut 58 Sekunden und bleibt dann oben stehen. Erst wenn die Hauptuhr den Minutenimpuls schickt, springt der Minutenzeiger weiter, an allen Bahnhöfen gleichzeitig, und der Sekundenzeiger läuft wieder los. So stimmt die Zeit im Fahrplan überall auf die Sekunde. Ich mag diese Uhr: Sie gönnt sich jede Minute eine kleine Pause.

1.3 Das Orts-Zeit-Diagramm

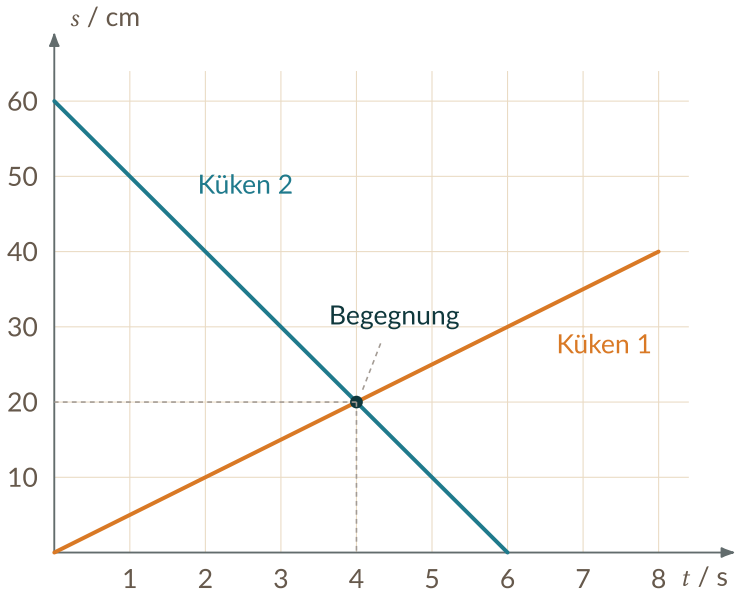
Zwei Küken bewegen sich geradlinig aufeinander zu. Küken 1 (weiss) ist zur Zeit $t = 0\,\mathrm{s}$ am Ort $s = 0\,\mathrm{cm}$, Küken 2 (schwarz) am Ort $s = 60\,\mathrm{cm}$.

Achtung: Bevor du zeichnest: Wo ist der Nullpunkt, und welche Richtung zählt als positiv? Ohne diese Festlegung ist ein Ort keine Zahl.

Bevor irgendetwas gezeichnet wird, muss die **Ortsachse** festgelegt werden: wo Zentimeter null liegt und in welche Richtung positiv gezählt wird. Erst dann ist «der Ort» eine eindeutige Zahl.



Jetzt tragen wir für beide Küken den Ort über der Zeit auf. Jeder Punkt im Diagramm sagt: *zu dieser Zeit war dieses Küken an diesem Ort.*



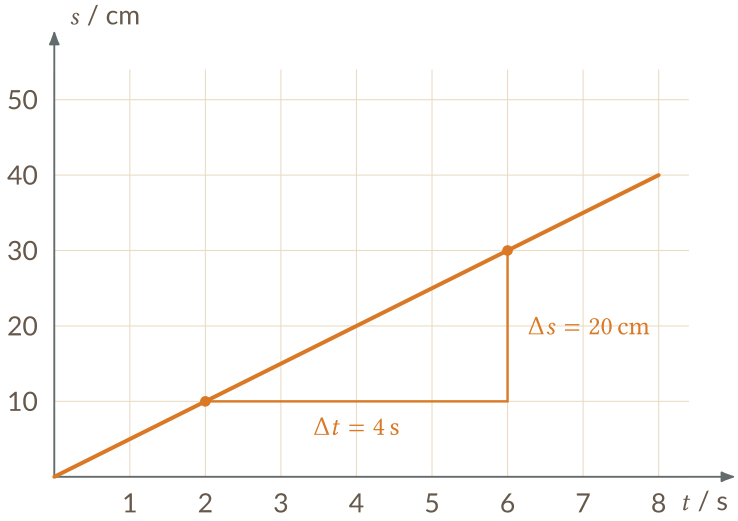


Zum Verstehen Was man aus diesem Bild sofort abliest

- **Küken 1** startet bei null und steigt an: Es bewegt sich in die positive Richtung.
- **Küken 2** startet bei $60\,\mathrm{cm}$ und fällt: Es bewegt sich der positiven Richtung *entgegen*.
- Beide Linien sind *gerade*. Das bedeutet: In jeder Sekunde kommt gleich viel Strecke dazu, die Geschwindigkeit ändert sich nicht.
- Wo sich die Linien schneiden, sind beide *zur gleichen Zeit am gleichen Ort*. Sie begegnen sich nach $4\,\mathrm{s}$ bei $20\,\mathrm{cm}$.

1.4 Die Geschwindigkeit ist die Steigung

Wie schnell ist Küken 1? Wir fragen ganz konkret: Wie viel Strecke legt es in einer Sekunde zurück? Im Diagramm lesen wir das an einem **Steigungsdreieck** ab.



DEFINITION

Geschwindigkeit

$$v = \frac{\text{zurückgelegte Strecke}}{\text{dafür benötigte Zeit}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \qquad [v] = \mathrm{m/s}$$

Im Orts-Zeit-Diagramm ist die Geschwindigkeit die **Steigung der Geraden**.

Zeichen: Δ heisst «Änderung». Δs ist also die Änderung des Ortes, nicht der Ort selbst.

Für unsere beiden Küken ergibt das

$$v_1 = \frac{20\,\mathrm{cm}}{4\,\mathrm{s}} = 5\,\mathrm{cm/s}, \qquad v_2 = \frac{-60\,\mathrm{cm}}{6\,\mathrm{s}} = -10\,\mathrm{cm/s}.$$



Typischer Fehler Das Minuszeichen ist keine Schlamperei

Küken 2 ist nicht «minus schnell». Das Minus sagt nur: Es bewegt sich *entgegen* der Richtung, die wir als positiv festgelegt haben. Wie schnell es ist, sagt der Betrag: $10\,\mathrm{cm/s}$. Wer die Ortsachse anders herum legt, bekommt $+10$ und -5, dieselbe Physik, andere Vorzeichen.

REZEPT 1 **Geschwindigkeit aus dem Diagramm**

Wie schnell ist ein Körper, dessen Bewegung im s-t-Diagramm eine Gerade ist?

1. Zwei gut ablesbare Punkte auf der Geraden wählen, möglichst weit auseinander.
2. $\Delta s = s_2 - s_1$ und $\Delta t = t_2 - t_1$ ablesen.
3. $v = \Delta s / \Delta t$ rechnen. Fällt die Gerade, ist v negativ: Der Körper bewegt sich gegen die positive Richtung.
4. Plausibel? Einheit prüfen und mit Bekanntem vergleichen: Zu Fuss ist man mit rund $1{,}5\,\mathrm{m/s}$ unterwegs.

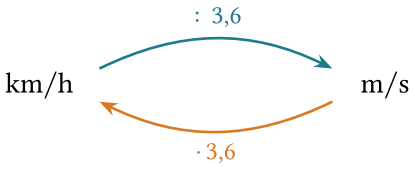
KURZ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

1.5 Einheiten umrechnen

Faustregel: km/h in m/s: durch 3,6 teilen.
m/s in km/h: mal 3,6.

Im Alltag misst man Geschwindigkeiten in Kilometern pro Stunde, in der Physik in Metern pro Sekunde. Der Umrechnungsfaktor folgt direkt aus den Einheiten:

$$1\,\mathrm{km/h} = \frac{1000\,\mathrm{m}}{3600\,\mathrm{s}} = \frac{1}{3{,}6}\,\mathrm{m/s}.$$



Als Gefühlsgrösse: $36\,\mathrm{km/h}$ sind $10\,\mathrm{m/s}$, $108\,\mathrm{km/h}$ sind $30\,\mathrm{m/s}$. Diese beiden Paare kommen in Aufgaben so oft vor, dass sie sich zu merken lohnen.

REZEPT 2 **Zwischen km/h und m/s umrechnen**

Wie rechnet man eine Geschwindigkeit von km/h in m/s um, und zurück?

1. Merken: $1\,\mathrm{m/s} = 3{,}6\,\mathrm{km/h}$, denn eine Stunde hat $3600\,\mathrm{s}$ und ein Kilometer $1000\,\mathrm{m}$.
2. Von km/h nach m/s: durch $3{,}6$ teilen.
3. Von m/s nach km/h: mit $3{,}6$ malnehmen.
4. Plausibel? Die Zahl in km/h ist immer die grössere. Zwei Paare zum Merken: $36\,\mathrm{km/h} = 10\,\mathrm{m/s}$, $108\,\mathrm{km/h} = 30\,\mathrm{m/s}$.

KURZ $1\,\mathrm{m/s} = 3{,}6\,\mathrm{km/h}$

1.6 Die Ortsfunktion

Die Gerade im Diagramm lässt sich auch als Formel schreiben. Aus der Mathematik kennst du die Geradengleichung $y = m \cdot x + q$. In der Kinematik heissen die Zeichen anders, die Sache ist dieselbe.

MERKE

Ortsfunktion der gleichförmigen Bewegung

$$\boxed{s = v \cdot t + s_0}$$

s	der Ort zur Zeit t
v	die Geschwindigkeit, in der Mathematik die Steigung
s_0	der *Startort* zur Zeit $t = 0$, der Achsenabschnitt

Schon gehabt: s_0 ist genau das q aus der Geradengleichung: der Wert, bei dem die Linie die senkrechte Achse schneidet.

Für unsere Küken lauten die beiden Ortsfunktionen also

$$\text{Küken 1:}\quad s = 5\,\mathrm{cm/s} \cdot t, \qquad \text{Küken 2:}\quad s = -10\,\mathrm{cm/s} \cdot t + 60\,\mathrm{cm}.$$

REZEPT 3 **Ort oder Zeit aus der Ortsfunktion**

Wo ist ein Körper zu einer bestimmten Zeit, oder wann ist er an einem bestimmten Ort?

1. Die Ortsfunktion $s = v\,t + s_0$ aufschreiben: v ist die Steigung, s_0 der Startort.
2. Zeiten und Längen in passende Einheiten bringen, zum Beispiel Minuten in Sekunden.
3. Fragt die Aufgabe «wo nach …», die Zeit einsetzen. Fragt sie «wann bei …», den Ort einsetzen und nach t auflösen.
4. Plausibel? Im Diagramm nachsehen, ob der Punkt auf der Geraden liegt.

KURZ $s = v\,t + s_0$

Vorgerechnet gleich darunter.

Vorgerechnet **Mit der Ortsfunktion rechnen**

Eine Bewegung hat die Ortsfunktion $s = 6{,}7\,\mathrm{cm/s} \cdot t + 10\,\mathrm{cm}$.

1 **Wo ist das Objekt nach 12 Minuten?**
Zuerst die Zeit in Sekunden: $12\,\mathrm{min} = 720\,\mathrm{s}$. Einsetzen: $s = 6{,}7 \cdot 720 + 10 = 4834\,\mathrm{cm} \approx 48\,\mathrm{m}$.

2 **Wann ist es bei $280\,\mathrm{cm}$?**
Jetzt ist s gegeben und t gesucht, also nach t auflösen:

$$280 = 6{,}7\,t + 10 \implies t = \frac{280 - 10}{6{,}7} = 40{,}3\,\mathrm{s}.$$

Merke dir den Unterschied: Im ersten Fall setzt du ein, im zweiten löst du auf. Welcher Fall vorliegt, verrät die Frage, «wo nach …» gegen «wann bei …».

1.7 Begegnung und Einholen

Zwei Bewegungen, eine Frage: *Wann und wo treffen sie sich?* Der Trick ist immer derselbe.

REZEPT 4 **Begegnung und Einholen**

Wann und wo treffen sich zwei Körper, die sich gleichförmig bewegen?

1. Ortsachse festlegen: Wo ist null, welche Richtung ist positiv?
2. Für jeden Körper die Ortsfunktion $s = v\,t + s_0$ aufschreiben.
3. Treffen heisst: gleicher Ort zur gleichen Zeit. Also die beiden Ortsfunktionen gleichsetzen und nach t auflösen.
4. Das gefundene t in eine der beiden Funktionen einsetzen, das gibt den Ort.

KURZ $v_1\,t + s_{01} = v_2\,t + s_{02}$

Vorgerechnet gleich darunter.

Vorgerechnet **Die beiden Küken**

1 Ortsachse: null beim weissen Küken, positiv nach rechts. Steht schon fest.

2 $s_1 = 5\,t$ und $s_2 = -10\,t + 60$ (in cm und s).

3 Gleichsetzen: $5\,t = -10\,t + 60 \;\Rightarrow\; 15\,t = 60 \;\Rightarrow\; t = 4\,\mathrm{s}$.

4 Einsetzen: $s = 5 \cdot 4 = 20\,\mathrm{cm}$.

Nach vier Sekunden treffen sich die beiden bei $20\,\mathrm{cm}$, genau dort, wo sich im Diagramm die Linien kreuzen. Rechnung und Zeichnung sagen dasselbe.



Prüfungstipp

Begegnungsaufgaben sind der häufigste Aufgabentyp dieses Kapitels: zwei Züge, ein Radfahrer und ein Auto, ein Läufer und ein Fahrzeug. Verlangt wird fast immer beides, das Diagramm *und* die Rechnung. Für die volle Punktzahl genügt Ablesen nicht; setze die Ortsfunktionen gleich.



MUHTONS KNIFF

Die Annäherung zuerst überschlagen

Fahren zwei Körper aufeinander zu, schrumpft ihr Abstand mit der Summe ihrer Geschwindigkeiten. Beim Einholen schrumpft er nur mit der Differenz. Teilst du den Anfangsabstand durch diese Annäherungsgeschwindigkeit, hast du die Zeit bis zum Treffpunkt sofort. Zwei Züge, 90 km auseinander, fahren mit $100\,\mathrm{km/h}$ und $80\,\mathrm{km/h}$ gegeneinander: Zusammen $180\,\mathrm{km/h}$, also treffen sie sich nach einer halben Stunde. Das ersetzt das Rezept nicht, aber es zeigt dir in zehn Sekunden, ob dein Ergebnis stimmen kann.

Kannst du es?

Beantworte die Fragen, ohne nachzuschauen. Wo du zögerst, lies den Abschnitt nochmals.

1. Welche zwei Angaben braucht man, um eine Bewegung eindeutig zu beschreiben?

2. Was musst du festlegen, bevor ein Ort eine eindeutige Zahl ist?
3. Woran erkennst du im s-t-Diagramm, dass sich ein Körper gegen die positive Richtung bewegt?
4. Was bedeutet der Schnittpunkt zweier Geraden im s-t-Diagramm?

Kurzquiz Je genau eine Antwort ist richtig. Lösungen auf Seite 51.

1. Ein Körper legt in $4\,\mathrm{s}$ gleichförmig $10\,\mathrm{m}$ zurück. Seine Geschwindigkeit ist:
   - ☐ **a** $40\,\mathrm{m/s}$
   - ☐ **b** $2{,}5\,\mathrm{m/s}$
   - ☐ **c** $0{,}4\,\mathrm{m/s}$
   - ☐ **d** $14\,\mathrm{m/s}$
2. $72\,\mathrm{km/h}$ sind:
   - ☐ **a** $7{,}2\,\mathrm{m/s}$
   - ☐ **b** $259{,}2\,\mathrm{m/s}$
   - ☐ **c** $20\,\mathrm{m/s}$
   - ☐ **d** $2\,\mathrm{m/s}$
3. Die Ortsfunktion lautet $s = 3\,\mathrm{m/s} \cdot t + 12\,\mathrm{m}$. Wo ist der Körper nach $5\,\mathrm{s}$?
   - ☐ **a** $15\,\mathrm{m}$
   - ☐ **b** $27\,\mathrm{m}$
   - ☐ **c** $60\,\mathrm{m}$
   - ☐ **d** $20\,\mathrm{m}$
4. Im s-t-Diagramm fällt eine Gerade. Das heisst:
   - ☐ **a** Der Körper wird langsamer.
   - ☐ **b** Der Körper steht still.
   - ☐ **c** Der Körper fällt nach unten.
   - ☐ **d** Der Körper bewegt sich gegen die positive Richtung.

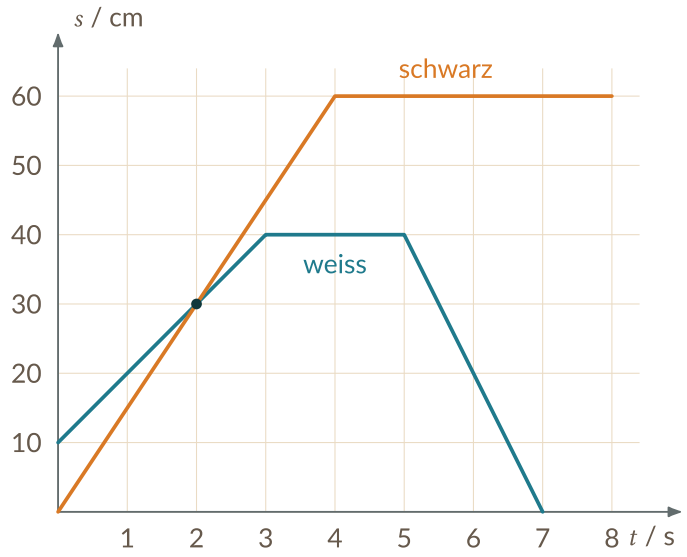
Aufgaben

Erst selbst versuchen. Die Hilfe verrät den ersten Schritt, nicht die Lösung; das Ergebnis steht gleich darunter, der ganze Rechenweg im Anhang C.

A 1.1 Zwei Küken im Diagramm

Rechenweg S. 51

Das Diagramm zeigt die Bewegung eines weissen und eines schwarzen Kükens entlang einer Strasse.



a) Erzähle die Bewegung beider Küken in Worten.

b) Bestimme die Geschwindigkeiten (in $\mathrm{cm/s}$) in den einzelnen Abschnitten.

c) Wann und wo begegnen sich die beiden?

d) Wie lautet die Ortsfunktion des weissen Kükens im ersten Abschnitt?

KONTROLLE **b)** weiss: $+10$, dann 0, dann -20; schwarz: $+15$, dann 0 (alles in $\mathrm{cm/s}$). **c)** bei $t = 2\,\mathrm{s}$ und $s = 30\,\mathrm{cm}$. **d)** $s = 10\,t + 10$.

A 1.2 Die Radfahrerin

Rechenweg S. 51

Eine Radfahrerin fährt mit der konstanten Geschwindigkeit $25\,\mathrm{km/h}$.

a) Wie gross ist ihre Geschwindigkeit in $\mathrm{m/s}$?

b) Wie weit kommt sie in $3{,}5\,\mathrm{h}$?

c) Wie viele Zentimeter legt sie in $30\,\mathrm{s}$ zurück?

d) Wie gross ist ihre Geschwindigkeit in $\mathrm{mm/h}$?

HILFE Für d) musst du nichts Neues rechnen: $1\,\mathrm{km}$ sind $10^6\,\mathrm{mm}$. Die Zeiteinheit bleibt dieselbe.

KONTROLLE **a)** $6{,}94\,\mathrm{m/s}$ **b)** $87{,}5\,\mathrm{km}$ **c)** $20\,800\,\mathrm{cm}$ **d)** $2{,}5 \cdot 10^7\,\mathrm{mm/h}$

A 1.3 Die Erde auf ihrer Bahn

Rechenweg S. 51

Die Erde bewegt sich auf einer nahezu kreisförmigen Bahn um die Sonne. Der Abstand Erde–Sonne beträgt $1{,}5 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}$, also 150 Millionen Kilometer. Für einen Umlauf braucht sie ein Jahr.

a) Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit in $\mathrm{km/s}$?

b) Wie gross ist sie in $\mathrm{km/h}$?

HILFE Δs ist hier nicht der Abstand zur Sonne, sondern der *Umfang* der Bahn: $u = 2\pi r$. Und Δt ist ein ganzes Jahr, in Sekunden.

KONTROLLE **a)** $\approx 29{,}9\,\mathrm{km/s}$ **b)** $\approx 108\,000\,\mathrm{km/h}$

A 1.4 Schnellzug und Güterzug

Rechenweg S. 51

Ein Schnellzug passiert den Bahnhof Aarau um 10.00 Uhr und fährt ohne Halt mit konstanter Geschwindigkeit nach Bern; die Strecke Aarau–Bern beträgt $84\,\mathrm{km}$. Ebenfalls um 10.00 Uhr verlässt ein Güterzug den Bahnhof Olten, $14\,\mathrm{km}$ von Aarau entfernt, und fährt mit konstanter Geschwindigkeit ebenfalls Richtung Bern. Der Schnellzug braucht für die ganze Strecke $40\,\mathrm{min}$, der Güterzug erreicht Bern nach $60\,\mathrm{min}$.

a) Bestimme beide Geschwindigkeiten in $\mathrm{km/h}$.

b) Stelle für beide Züge die Ortsfunktion auf (Nullpunkt: Aarau).

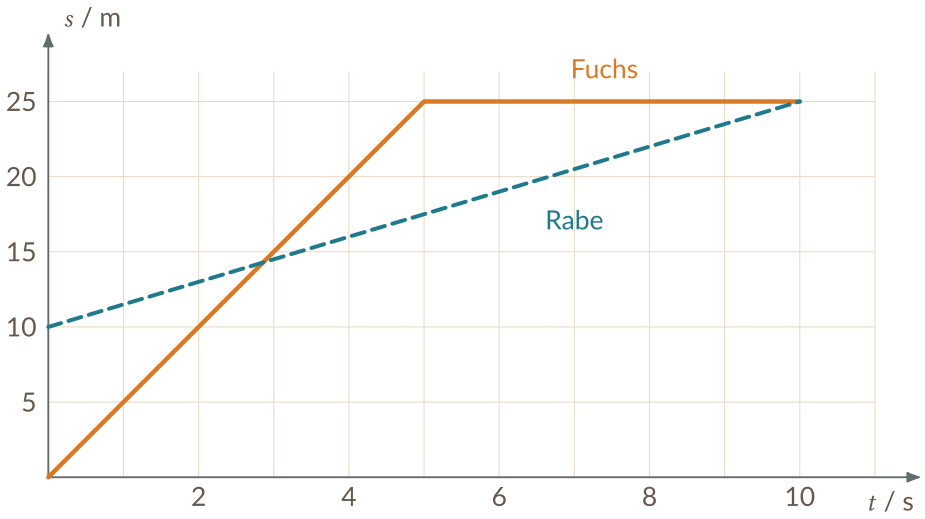
c) Wann und wo holt der Schnellzug den Güterzug ein?

KONTROLLE **a)** Schnellzug $126\,\mathrm{km/h}$, Güterzug $70\,\mathrm{km/h}$ **b)** $s_\mathrm{S} = 126\,t$, $s_\mathrm{G} = 70\,t + 14$ (in km und h) **c)** nach $15\,\mathrm{min}$ bei $31{,}5\,\mathrm{km}$ ab Aarau

A 1.5 ★ Fuchs und Rabe

Rechenweg S. 51

Ein Fuchs und ein Rabe liefern sich ein Wettrennen auf einer geraden Strasse. Der Fuchs ist sich seiner Sache so sicher, dass er dem Raben $10\,\mathrm{m}$ Vorsprung schenkt. Das Diagramm zeigt den Verlauf: Der Fuchs sprintet in $5\,\mathrm{s}$ auf $25\,\mathrm{m}$, macht dann Pause bis $10\,\mathrm{s}$; der Rabe läuft gleichmässig von $10\,\mathrm{m}$ auf $25\,\mathrm{m}$ in $10\,\mathrm{s}$.



a) Wie schnell ist der Fuchs in seiner Sprintphase, wie schnell der Rabe?

b) Stelle für beide die Ortsfunktion auf.

c) Wann und wo überholt der Fuchs den Raben?

d) Warum ist der Rabe bei $10\,\mathrm{s}$ trotzdem wieder gleichauf?

HILFE Achte bei c) genau auf den Raben: Er startet nicht bei null, sondern bei $10\,\mathrm{m}$. Zurückgelegt hat er darum nur $15\,\mathrm{m}$, nicht 25.

KONTROLLE **a)** Fuchs $5\,\mathrm{m/s}$, Rabe $1{,}5\,\mathrm{m/s}$ **b)** $s_\mathrm{F} = 5\,t$, $s_\mathrm{R} = 1{,}5\,t + 10$ **c)** nach $t \approx 2{,}86\,\mathrm{s}$ bei $s \approx 14{,}3\,\mathrm{m}$ **d)** weil der Fuchs fünf Sekunden lang Pause macht