Bericht von einer Bahnreise 1950: „In der Dämmerung huschte die Landschaft schemenhaft vorbei, das gleichförmige Ta-tamm der Schienenstöße schläferte ein.“

B1 Bewegung einer Radfahrerin; die Bilder zeigen ihre Position s_x zu verschiedenen Zeitpunkten t.

Bei der Beschreibung geradliniger Bewegungen wählt man das Koordinatensystem so, dass sich der Körper parallel zur *x*-Achse bewegt. Der Ort des Körpers ist dann eindeutig durch die Koordinate $s = s_x$ beschrieben.

Erfassen von Bewegungen

Die Bewegung einer Radfahrerin (→**B1**) soll untersucht werden. Dazu markiert man entlang einer geraden Strecke in gleichen Abständen mehrere Orte und misst den Zeitpunkt, zu dem die Radfahrerin diese Orte erreicht. Anschließend trägt man die Messwerte in eine Tabelle ein:

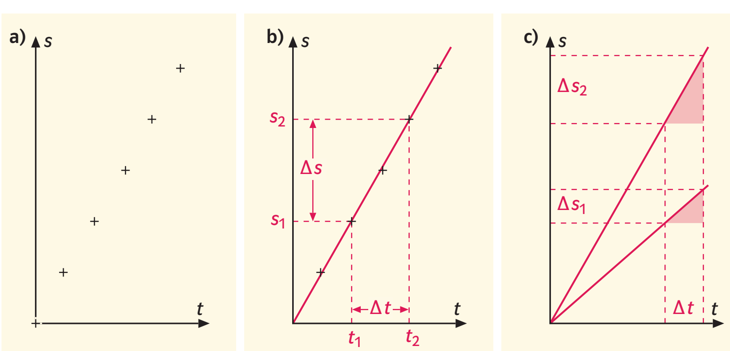
Zeitpunkt t in s	0	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2
Ort s_x in m	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

Es ist zu erkennen, dass die Radfahrerin für jeden Streckenabschnitt von 2 m etwa die gleiche Zeit benötigt hat.

Darstellung von Bewegungen

Werden die Orte eines bewegten Körpers mit den zugehörigen Zeitpunkten t in ein Koordinatensystem eingetragen, so entsteht ein **Zeit-Ort-Diagramm** (t-s-Diagramm) der Bewegung. Bei geradlinigen Bewegungen in eine Richtung steigen mit wachsenden Werten von t auch die Werte von s an (→**B2a**).

Messungen liefern nur einzelne Punkte im t-s-Diagramm. Sie werden zu einem sinnvollen zusammenhängenden Graphen ergänzt.



B2 Vom Messwert zum Graph im Zeit-Ort-Diagramm

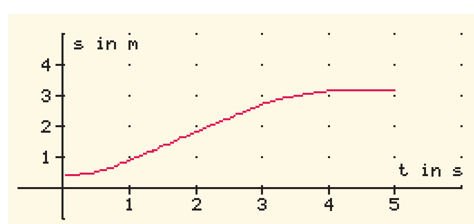
Ist der Graph im t-s-Diagramm eine Gerade wie in Abbildung **B2b**, so gehören zu beliebig gewählten, aber gleich großen Differenzen $\Delta t = t_2 - t_1$ der Zeitpunkte t_1 und t_2 stets gleich große Differenzen $\Delta s = s_2 - s_1$ der Ortskoordinaten s_1 und s_2. (Δt wird „Delta-t“ gelesen und bezeichnet eine Zeitdauer, Δs eine Weglänge.) Eine solche Bewegung heißt dann **gleichförmige Bewegung**.

Unterschiedliche gleichförmige Bewegungen führen im t-s-Diagramm zu Geraden mit unterschiedlichen Steigungen. Je größer die Steigung ist, desto größer ist die in gleichen Zeitdauern Δt zurückgelegte Weglänge Δs (→**B2c**). Die zugehörige Bewegung läuft schneller ab.

Der Graph im Zeit-Ort-Diagramm beschreibt den zeitlichen Ablauf einer Bewegung. Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit ergeben im t-s-Diagramm Geraden.

A1 ○ Bei einem Sessellift benötigt jeder Sessel für eine Weglänge von 1500 m eine Zeitdauer von 3 min. Erstellen Sie das t-s-Diagramm für die Bewegung eines Sessels.

A2 ○ Eine Schülerin geht von einer Wand weg. Ein Sensor registriert zu jedem Zeitpunkt ihren Abstand zur Wand. Interpretieren Sie das in **B3** gezeigte t-s-Diagramm dieser Bewegung.



B3 Diagramm zu Aufgabe 2

Zur Geschwindigkeitsangabe wird häufig die Einheit 1 km/h verwendet. Für die Umrechnung der Einheiten gilt:
$1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 3600\,\frac{\text{m}}{\text{h}} = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

Die Geschwindigkeit

Die Darstellung einer gleichförmigen Bewegung im t-s-Diagramm ergibt eine Gerade. Die Weglängen Δs und die zugehörigen Zeitdauern Δt sind zueinander proportional. Der Quotient $\Delta s/\Delta t$ ist die Steigung der Geraden.

Man definiert: Die Geschwindigkeit v einer gleichförmigen Bewegung ist der konstante Quotient aus Weglänge Δs und zugehöriger Zeitdauer Δt:

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$. Die gesetzliche Einheit ist $1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Das Diagramm **B2** beschreibt die gleichförmige Bewegung zweier Fahrzeuge, die sich zwischen den Orten A und B in entgegengesetzter Richtung bewegen. Es ergibt sich:

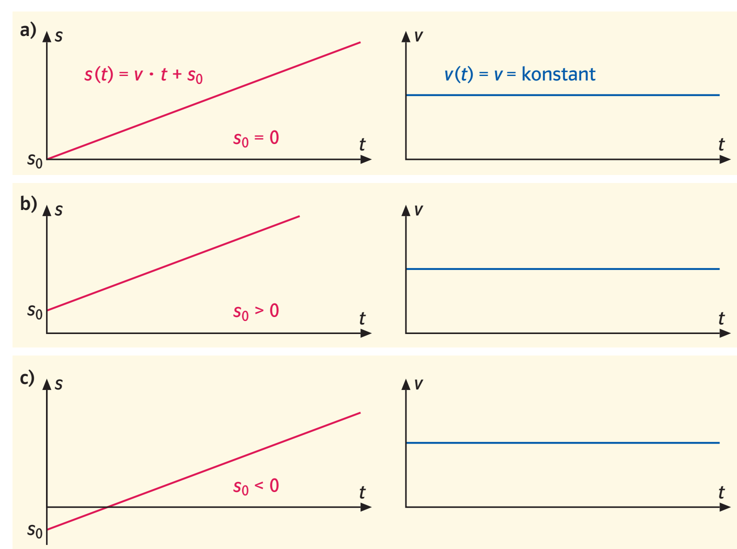
$v_{A \to B} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{40\,\text{km}}{0{,}5\,\text{h}} = 80\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$v_{B \to A} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{-60\,\text{km}}{1{,}0\,\text{h}} = -60\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

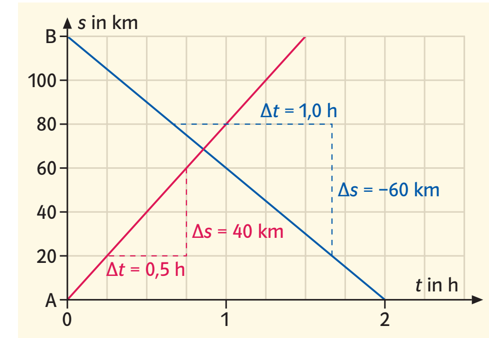
Die Definition der Geschwindigkeit als Steigung des Graphen führt im zweiten Fall zu einem negativen Vorzeichen. Abbildung **B3** zeigt das zugehörige t-v-Diagramm.

Eine andere Sichtweise

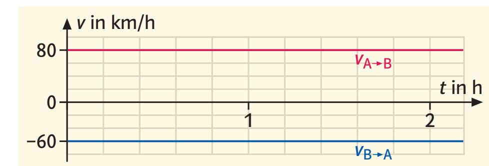
Bei der Untersuchung von Bewegungen fallen der Beginn der Bewegung und der Beginn der Messung nicht immer zusammen. Man sagt, die Anfangsbedingungen sind verschieden. **B1** zeigt drei t-s-Diagramme desselben Bewegungsvorganges, die durch unterschiedliche Anfangsbedingungen entstanden sind.



B1 Unterschiedliche Anfangsbedingungen bei der Beobachtung einer Bewegung



B2 Zwei entgegengesetzt gerichtete Bewegungen



B3 t-v-Diagramme mit positiver und negativer Geschwindigkeit

Die Beobachtung beginnt jeweils zum Zeitpunkt $t_0 = 0$, wobei die Orte s_0 in den unterschiedlichen Koordinatensystemen verschieden sind. Alle Geraden haben dieselbe Steigung, sodass sich die t-v-Diagramme a), b) und c) nicht unterscheiden (→**B1** rechts).

Alle diese Geraden werden durch die Gleichung $s(t) = v \cdot t + s_0$ beschrieben. Sie heißt **Zeit-Ort-Gesetz** der Bewegung und ordnet der Bewegung für jeden Zeitpunkt t einen Ort s zu und erfasst auch den Fall der Ruhe mit $v = 0\,\text{m/s}$.

Geradlinige Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit bezeichnet man als geradlinig gleichförmige Bewegungen. Sie werden beschrieben durch das Zeit-Ort-Gesetz

$s(t) = v \cdot t + s_0$

Dabei ist die Geschwindigkeit v der konstante Quotient aus zurückgelegter Weglänge und benötigter Zeitdauer:

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

A1 ◒ Beschreiben Sie ein Verfahren zur Überprüfung der Geschwindigkeitsanzeige eines Autotachos.

A2 ○ Ein Radfahrer fährt eine Strecke von 5 km mit näherungsweise konstanter Geschwindigkeit $v = 15\,\text{km/h}$. Zeichnen Sie ein t-s-Diagramm dieser Bewegung.