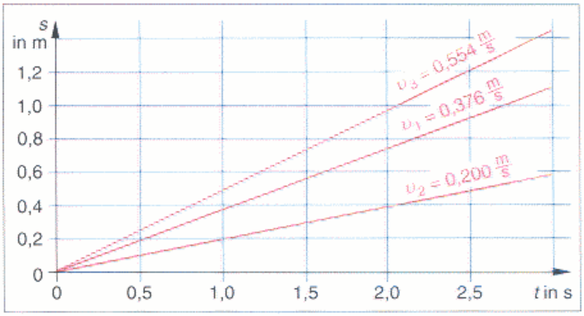
1.1.2 Die geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit

Ein ICE fährt mit gleich bleibender Geschwindigkeit auf gerader Strecke. Das ist die einfachste Form einer Bewegung: *geradlinig und gleichförmig*. Wir untersuchen ihre Gesetzmäßigkeiten im Experiment auf der Fahrbahn.

Versuch 1: Auf einer waagerecht austarierten Luftkissenfahrbahn (Abb. 15.1) wird ein Düsengleiter kurz angestoßen, bevor er den Nullpunkt der Messstrecke passiert und die Zeitzählung beginnt.
Beobachtung: Beginnen wir im Zeitpunkt $t_0 = 0$ am Nullpunkt der Messstrecke $s_0 = 0$ mit der punktweisen Zeit- und Wegmessung, so führt ihre tabellarische Auswertung (Abb. 15.1) auf ein einfaches Gesetz: Der Quotient aus den gemessenen Wegen s_i und Zeiten t_i ist konstant: $s_i/t_i =$ konstant.

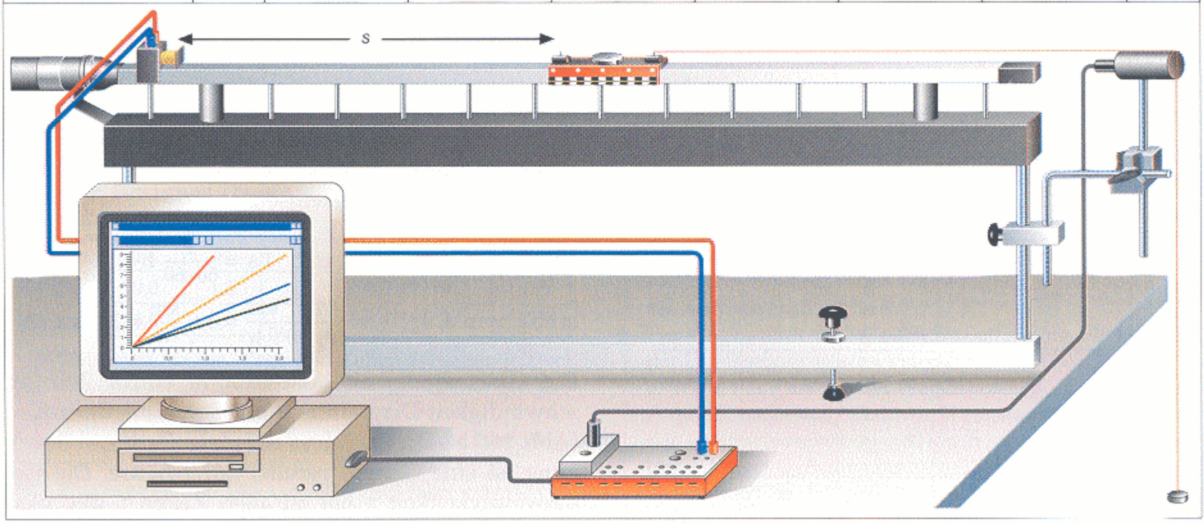
Die Bedeutung der Konstanten v ist aus der Sekundarstufe I bekannt: Der Quotient $v = s_i/t_i$ gibt die **Geschwindigkeit** an (v velocitas, lat. Geschwindigkeit). In der grafischen Auswertung liegen die Messpunkte $(t_i|s_i)$ auf einer Geraden durch den Nullpunkt (Abb. 15.2).
Damit ist das **Zeit-Weg-Gesetz** gefunden: Der Weg s wächst proportional zur Zeit t. Die Zeit-Weg-Funktion lautet $s = vt$. Kennzeichen der untersuchten Bewegung ist die Konstanz der Geschwindigkeit sowohl der Richtung als auch dem Betrag nach. Die Bewegung heißt geradlinig gleichförmig.



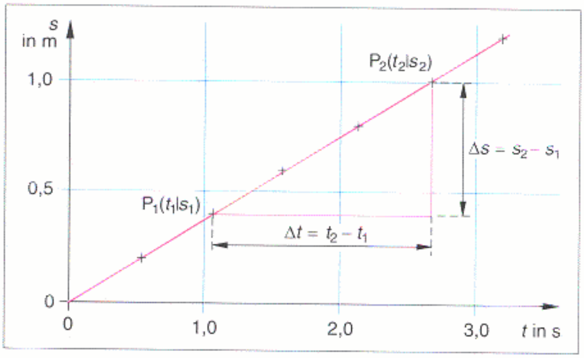
15.2 Darstellung von gleichförmigen Bewegungen im Versuch 1 mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Die Messpunkte liegen jeweils auf einer Nullpunktsgeraden; je steiler sie ist, desto größer ist die Geschwindigkeit.

> Eine Bewegung mit nach Größenwert und Richtung konstanter Geschwindigkeit heißt **geradlinig gleichförmige Bewegung.** Ihre Zeit-Weg-Funktion lautet $s(t) = vt$.
> Ihr Kennzeichen ist: In gleichen Zeitabschnitten Δt werden gleiche Wegstücke Δs in gleicher Richtung zurückgelegt.

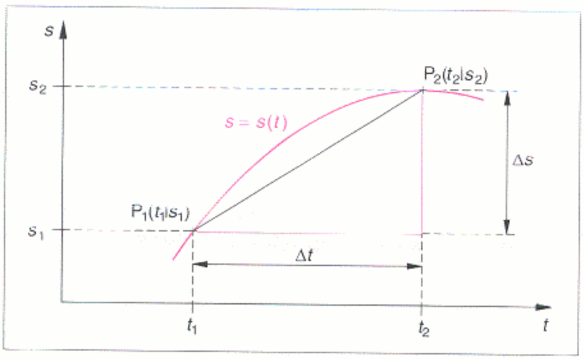
t_i in s	0,000	0,532	1,064	1,596	2,123	2,665	3,191
s_i in m	0,000	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200
$v_i = s_i/t_i$ in m/s	–	0,376	0,376	0,376	0,377	0,375	0,376
$\Delta s/\Delta t$ in m/s	0,376	0,376	0,376	0,380	0,369	0,380	



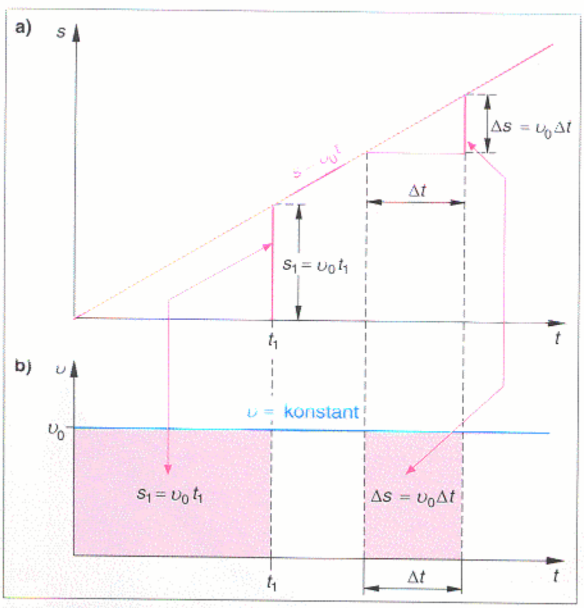
15.1 Luftkissenfahrbahn zur Untersuchung von Bewegungsvorgängen mit computerunterstützter Messwerterfassung. Auf dem Monitor können Messwerte, Messwerttabellen oder Diagramme – wie hier für die gleichförmige Bewegung das Zeit-Weg-Diagramm – dargestellt werden. Oben die Zeit-Weg-Tabelle zu Versuch 1 mit den Geschwindigkeiten $v_i = s_i/t_i$ bzw. $v = \Delta s/\Delta t$.



16.1 Die Steigung der t-s-Geraden, die sich im Steigungsdreieck aus dem Verhältnis von Gegenkathete Δs zu Ankathete Δt berechnet, entspricht der Geschwindigkeit $v = \Delta s / \Delta t$



16.2 Die Steigung der Sekante gibt die Durchschnitts- oder Intervallgeschwindigkeit an: $\bar{v} = \Delta s / \Delta t$, und zwar unabhängig vom Verlauf der Zeit-Weg-Kurve zwischen den Messpunkten



16.3 a) Zeit-Weg-Diagramm und **b)** Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm der gleichförmigen Bewegung. Die markierten Rechtecksflächen unter der t-v-Kurve entsprechen Strecken im t-s-Diagramm.

Dieselbe Konstante ergibt sich, wenn wir aus den Wegdifferenzen $\Delta s = s_2 - s_1$ zwischen zwei beliebigen Messpunkten und aus den Zeitdifferenzen $\Delta t = t_2 - t_1$ den Quotienten bilden: $v = \Delta s / \Delta t$.
Im Zeit-Weg-Diagramm entspricht die Steigung $\Delta s / \Delta t$ der Geraden der Geschwindigkeit (Abb. 16.1).
Der Quotient $\Delta s / \Delta t$ hat nicht nur bei der hier betrachteten gleichförmigen Bewegung, sondern bei jeder Bewegung folgende Bedeutung:

Die **Durchschnittsgeschwindigkeit** oder **Intervallgeschwindigkeit** $\bar{v}$ zwischen zwei beliebigen Messpunkten $(t_1 | s_1)$ und $(t_2 | s_2)$ einer Bewegung ist der Quotient aus dem zurückgelegten Wegabschnitt $\Delta s = s_2 - s_1$ und der verflossenen Zeit $\Delta t = t_2 - t_1$ (Abb. 16.2):

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}.$$

Die Durchschnitts- oder Intervallgeschwindigkeit kann auch aus dem Gesamtweg und der Gesamtzeit berechnet werden. Für die gleichförmige Bewegung sind alle so berechneten Intervallgeschwindigkeiten gleich.
Der Tachometer eines Autos dagegen zeigt nicht eine Durchschnitts- oder Intervallgeschwindigkeit, sondern die **Momentangeschwindigkeit** an. Sie weicht aber in diesem einfachen Fall nicht von der Intervallgeschwindigkeit ab, weshalb wir kurz von *der Geschwindigkeit* sprechen.

Die Geschwindigkeit ist eine **abgeleitete Größe.** Ihre Einheit ergibt sich aus den Einheiten der Grundgrößen Zeit und Weg:

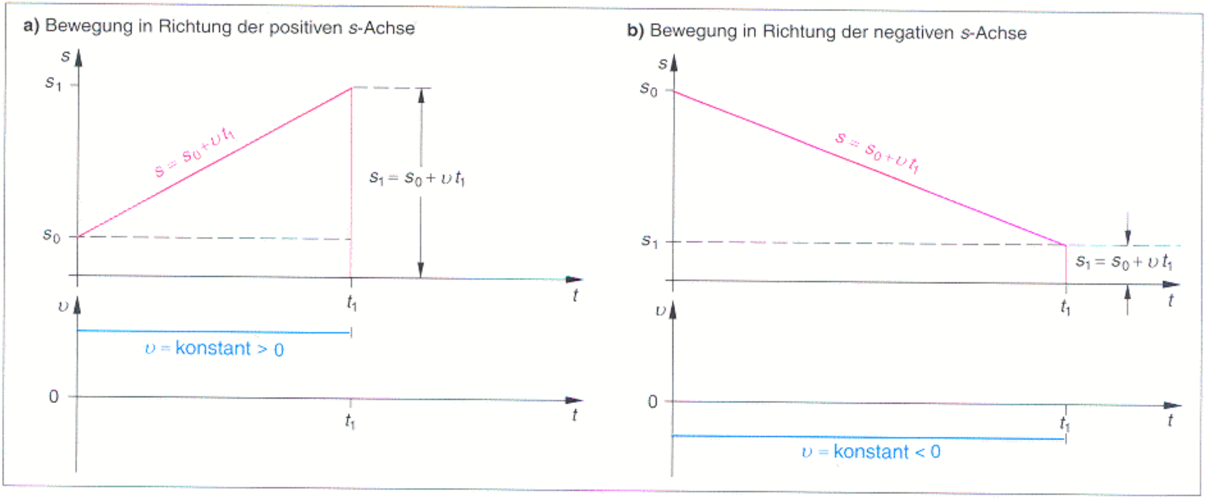
$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{1\,\text{m}}{1\,\text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 1\,\text{m/s}.$$

In andere Einheiten z. B. in km/h wird die Geschwindigkeit umgerechnet, indem man statt der gegebenen Einheiten die entsprechenden Größenwerte in den gewünschten Einheiten einsetzt:

Mit $1\,\text{m} = 1 \cdot 10^{-3}\,\text{km}$ und $1\,\text{s} = \frac{1}{60 \cdot 60}\,\text{h} = \frac{1}{3{,}6} \cdot 10^{-3}\,\text{h}$

erhält man z. B. $1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}\,\text{km}}{\frac{1}{3{,}6} \cdot 10^{-3}\,\text{h}} = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 3{,}6\,\text{km/h}$.

Die Geschwindigkeit lässt sich in einem Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (t-v-Diagramm) darstellen (Abb. 16.3 b). Die t-v-Kurve der gleichförmigen Bewegung ist eine Gerade parallel zur t-Achse: Die Geschwindigkeitkeit v hat zu allen Zeiten t_i den gleichen (konstanten) Wert. – Die Rechtecksfläche unter der Zeit-Geschwindigkeit-Geraden stellt den zurückgelegten Weg dar, wie sich aus $s = v\,t$ ergibt.



17.1 Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm zweier gleichförmiger Bewegungen mit Start an der Stelle $s = s_0$. **a)** Bewegung in Richtung der positiven *x*-Achse: Die Geschwindigkeit *v* und entsprechend die Steigung der Geraden sind positiv. **b)** Bewegung im umgekehrter Richtung: Die Geschwindigkeit *v* und folglich auch die Steigung der Geraden sind negativ. – Der Betrag von *v* im Fall b) ist kleiner als der von *v* im Fall a).

Die Geschwindigkeit ist ein **Vektor.** Zu ihrer vollständigen Angabe gehören neben dem **Größenwert** auch die **Richtung,** in der der Körper sich bewegt. Bei einer eindimensionalen Bewegung erkennt man die Vektoreigenschaft der Geschwindigkeit am Vorzeichen (Abb. 17.1). Bei der Bewegung von links nach rechts in positiver Richtung der Messstrecke ist $v = \Delta s/\Delta t$ positiv, weil $\Delta s = s_2 - s_1 > 0$ ist; in umgekehrter Bewegungsrichtung wird $v = \Delta s/\Delta t$ negativ, weil dann $\Delta s = s_2 - s_1 = 0$ ist.

Beide Bewegungen beginnen zur Zeit $t = t_0 = 0$ an der Stelle $s = s_0 > 0$, für beide gilt die gleiche Zeit-Weg-Funktion $s = s_0 + v\,t$, einmal in a) mit $v > 0$, einmal in b) mit $v < 0$.