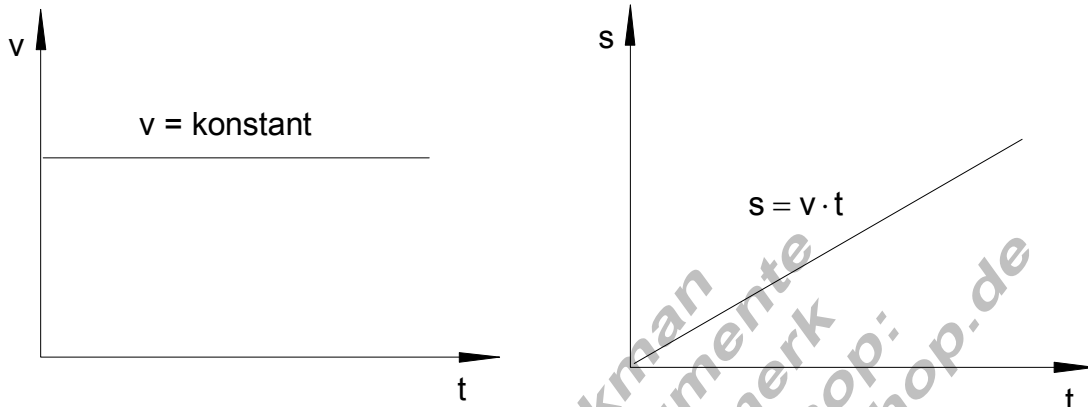


## Zusammengesetzte Bewegungen

Geschwindigkeits- Zeit und Weg- Zeit Diagramme.

Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit.

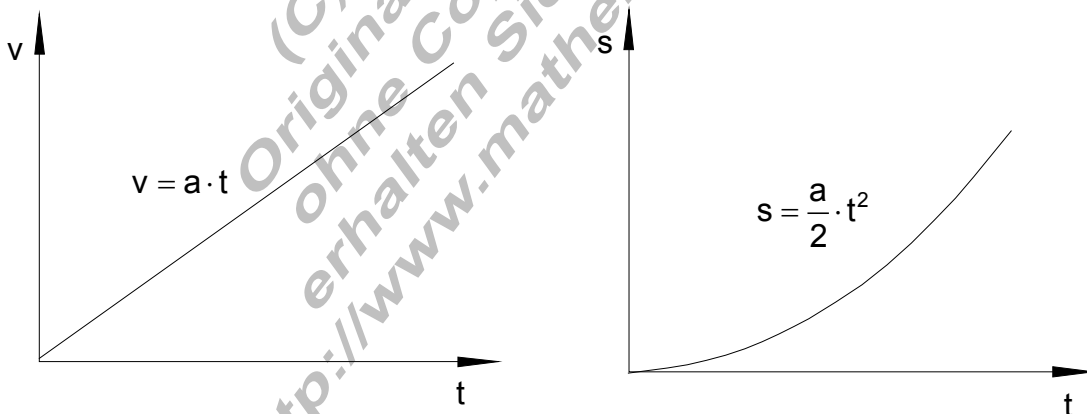


Beispiel:

gegeben:  $v = 10 \text{ m/s}$   $t = 12 \text{ s}$  gesucht:  $s$

$$s = v \cdot t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 12 \text{ s} = 10 \cdot 12 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{s} = \underline{\underline{120 \text{ m}}}$$

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung.



Beispiel:

gegeben:  $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$   $t = 6 \text{ s}$  gesucht: Geschwindigkeit  $v$ , Weg  $s$

$$v = a \cdot t = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6 \text{ s} = 3 \cdot 6 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s} = \underline{\underline{18 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 36 \text{ s}^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 36 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s}^2 = \underline{\underline{54 \text{ m}}}$$

Ein Körper mit vorgegebener Anfangsgeschwindigkeit wird beschleunigt.Aufgabe:

Ein Auto fährt 10 s lang mit der konstanten Geschwindigkeit  $v_0 = 20 \text{ m/s}$ .

Dann wird es  $t = 5 \text{ s}$  lang mit  $a = 1 \text{ m/s}^2$  beschleunigt.

Wie groß ist die Endgeschwindigkeit  $v_e$ ?

Welchen Weg  $s$  legt das Auto bei diesem Vorgang zurück?

Zeichne das  $v/t$  und das  $s/t$ -Diagramm für diesen Vorgang.

gegeben:  $t_0 = 10 \text{ s}$  Zeit für konstante Geschwindigkeit  $v_0$

$t_1 = 5 \text{ s}$  Beschleunigungszeit

$v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  Anfangsgeschwindigkeit

$a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  Beschleunigung

Für die Endgeschwindigkeit nach dem Beschleunigungsvorgang gilt:

$$v_e = v_0 + a \cdot t_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ s} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

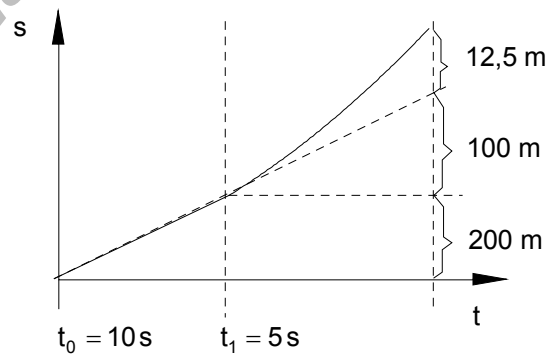
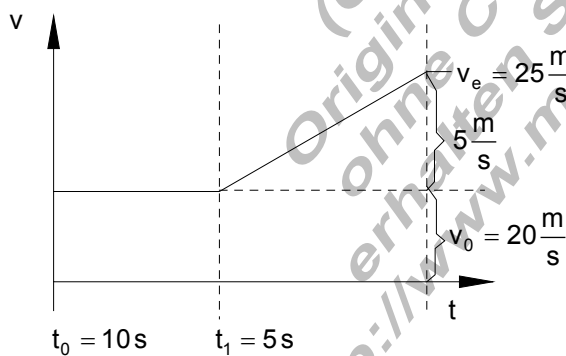
Der bei diesem Vorgang zurückgelegte Weg beträgt:

$$s = v_0 \cdot t_0 + v_0 \cdot t_1 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2$$

$$= 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ s}^2 = 200 \text{ m} + 100 \text{ m} + 12,5 \text{ m} = \underline{\underline{312,5 \text{ m}}}$$

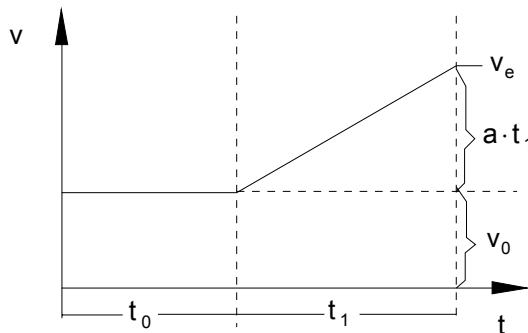
Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm

Weg-Zeit-Diagramm.

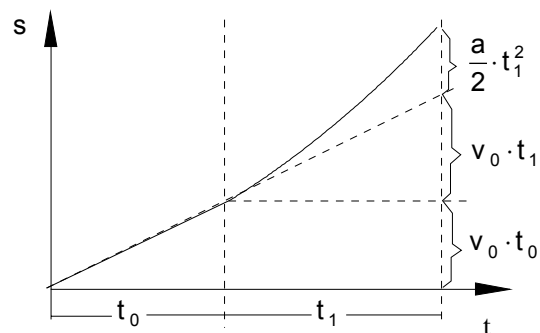


Verallgemeinerung:

Wird ein Körper, der sich während der Zeit  $t_0$  mit der Geschwindigkeit  $v_0$  bewegt, während der Zeit  $t_1$  beschleunigt, so gilt:



$$v_e = v_0 + a \cdot t_1$$



$$s = v_0 \cdot t_0 + v_0 \cdot t_1 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2$$

Ein Körper mit vorgegebener Anfangsgeschwindigkeit wird verzögert.

Zur Erinnerung: Bei einer beschleunigten Bewegung nimmt die Geschwindigkeit zu. Bei einer verzögerten Bewegung nimmt die Geschwindigkeit ab. Bei der gleichmäßig verzögerten Bewegung wirkt eine konstante Beschleunigung der Bewegung entgegen, der Körper wird langsamer. Wir können auch sagen, er wird abgebremst.

Aufgabe:

Ein Auto fährt 10 s lang mit der konstanten Geschwindigkeit  $v_0 = 20 \text{ m/s}$ .

Dann wird es  $t = 5 \text{ s}$  lang mit  $a = 1 \text{ m/s}^2$  verzögert.

Wie groß ist die Endgeschwindigkeit  $v_e$ ?

Welchen Weg  $s$  legt das Auto bei diesem Vorgang zurück ?

Zeichne das  $v/t$  und das  $s/t$ - Diagramm für diesen Vorgang.

gegeben :  $t_0 = 10 \text{ s}$  Zeit für konstante Geschwindigkeit  $v_0$

$t_1 = 5 \text{ s}$  Verzögerungszeit

$v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  Anfangsgeschwindigkeit

$a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  Verzögerung

Für die Endgeschwindigkeit nach dem Verzögerungsvorgang gilt:

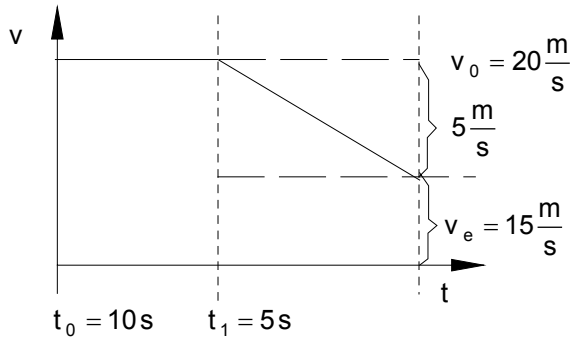
$$v_e = v_0 - a \cdot t_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ s} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

Der bei diesem Vorgang zurückgelegte Weg beträgt:

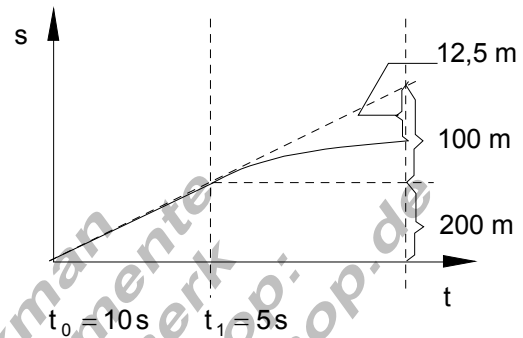
$$s = v_0 \cdot t_0 + v_0 \cdot t_1 - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2$$

$$= 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{s} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 \text{s} - \frac{1}{2} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{s}^2 = 200 \text{m} + 100 \text{m} - 12,5 \text{m} = \underline{\underline{287,5 \text{m}}}$$

Geschwindigkeits- Zeit- Diagramm

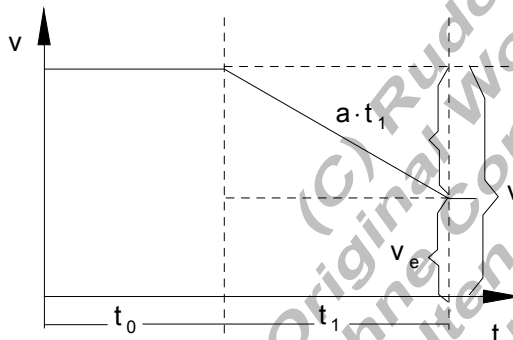


Weg-Zeit-Diagramm.

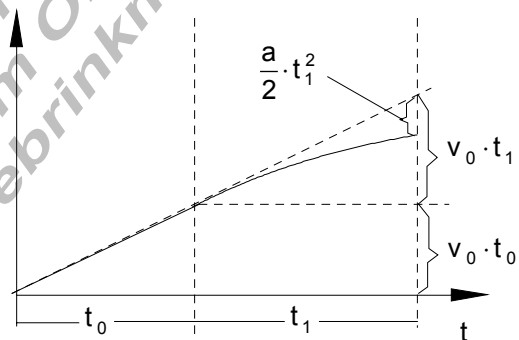


Verallgemeinerung:

Wird ein Körper, der sich während der Zeit  $t_0$  mit der Geschwindigkeit  $v_0$  bewegt, während der Zeit  $t_1$  abgebremst (verzögert), so gilt:



$$v_e = v_0 - a \cdot t^2$$



$$s = v_0 \cdot t_0 + v_0 \cdot t_1 - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2$$

Der Bremsweg.

Wird ein Körper mit vorgegebener Anfangsgeschwindigkeit verzögert, dann gilt:

$$v_e = v_0 - a \cdot t^2 \quad s = v_0 \cdot t_0 + v_0 \cdot t_1 - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2$$

Soll ein Körper bis zum Stillstand abgebremst werden, so ist die Endgeschwindigkeit  $v_e = 0$ . Es gilt also  $0 = v_0 - a \cdot t_1$  oder  $v_0 = a \cdot t_1$ .  
Dabei ist  $t_1$  die Bremszeit.

Für  $t_1$  gilt: 
$$t_1 = \frac{v_0}{a}$$

Das Weg- Zeit- Gesetz für die gleichmäßig beschleunigte (oder verzögerte Bewegung)

lautet: 
$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Setzt man in diese Formel für die Zeit  $t$  den Ausdruck für  $t_1$ , dann gilt für das Weg-Zeit-Gesetz:

$$s = \frac{a}{2} \cdot t^2 = \frac{a}{2} \cdot t \cdot t = \frac{a}{2} \cdot \frac{v_0}{a} \cdot \frac{v_0}{a} = \frac{v_0^2}{2a}$$

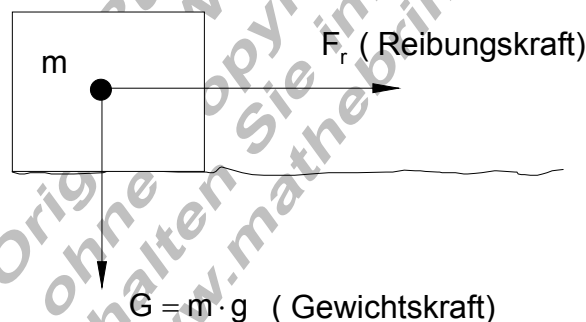
Der Bremsweg hängt also nur von dem Quadrat der Anfangsgeschwindigkeit  $(v_0)^2$  und der Verzögerung  $a$  ab.

Wie groß aber ist die Verzögerung?

Wovon hängt sie ab, wenn ein Auto bremst?

### Reibung und Verzögerung.

Versuch: Reibung eines Klotzes, (Haftreibung und Gleitreibung)



Für die Reibungskraft gilt:  $F_r = \mu \cdot m \cdot g$

$\mu$  = Reibungszahl (für trockenen Asphalt gilt die Haftreibungszahl:  $\mu = 0,7$ )

$g$  = Erdbeschleunigung  $\left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$

Das Newtonsche Kraftgesetz lautet:  $F = m \cdot a$

Es gilt auch für die Reibungskraft  $F_r$

aus  $F_r = m \cdot a$  und  $F_r = \mu \cdot m \cdot g$  folgt:  $m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g \Rightarrow \underline{\underline{a = \mu \cdot g}}$

Die Verzögerung ist nur von der Reibungszahl und der Erdbeschleunigung abhängig.

Anhalteweg, Reaktionsweg und Bremsweg.

Viel wichtiger als die Bremszeit ist der Anhalteweg.

Sieht ein Autofahrer plötzlich eine Gefahr, so dass er eine Vollbremsung machen muss, so geschieht das in folgenden Phasen:

Schrecksekunde (je nach Zustand des Fahrers)  $t_s = 1 \text{ s}$ .

Ansprechzeit der Bremse (von der Auslösung bis zur Wirkung)  $t_a = 0,3 \text{ s}$

Bremszeit bis zum Stillstand des Autos ( $t_b = v_0 / a$ )

Für die Anhaltezeit gilt: Schrecksekunde + Ansprechzeit + Bremszeit.

Für den Anhalteweg gilt: Reaktionsweg + Bremsweg.

Beispiel: Ein Auto fährt mit der konstanten Geschwindigkeit  $v = 90 \text{ km/h}$ . Wie groß ist die Anhaltezeit und der Anhalteweg auf trockener Straße?

Anhaltezeit = Schrecksekunde + Ansprechzeit + Bremszeit

$$t_a = 1 \text{ s} + 0,3 \text{ s} + \frac{v_0}{\mu \cdot g}$$

$$t_a = 1 \text{ s} + 0,3 \text{ s} + \frac{25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,7 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1,3 \text{ s} + 3,63 \text{ s} = \underline{\underline{4,93 \text{ s}}}$$

Anhalteweg = Reaktionsweg + Bremsweg

$$s_a = v_0 \cdot (t_s + t_a) + \frac{v_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$$

$$= 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,3 \text{ s} + \frac{625 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 0,7 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 32,5 \text{ m} + 45,5 \text{ m} = \underline{\underline{78 \text{ m}}}$$

In der Fahrschule verwendet man eine Faustformel für den Anhalteweg.

Es gilt: Anhalteweg =  $(\text{Tachoanzeige} / 10)^2 + 3 \text{ mal Tachoanzeige} / 10$  (in Meter)

Für obiges Beispiel wäre das:

$$\text{Anhalteweg} = (90 / 10)^2 + 3 \cdot (90 / 10) = 9 \cdot 9 + 3 \cdot 9 = 81 + 27 = 108 \text{ m.}$$

Wir sehen, die Faustformel gilt recht gut. Sie gilt aber nur bei trockener Straße, guten Reifen und Bremsen und bei einem normalen Verhalten des Fahrers.

Deshalb immer mindestens Tachoabstand zum vorderen Fahrzeug halten.