

Grundlagen: Bewegungen - Teil 1

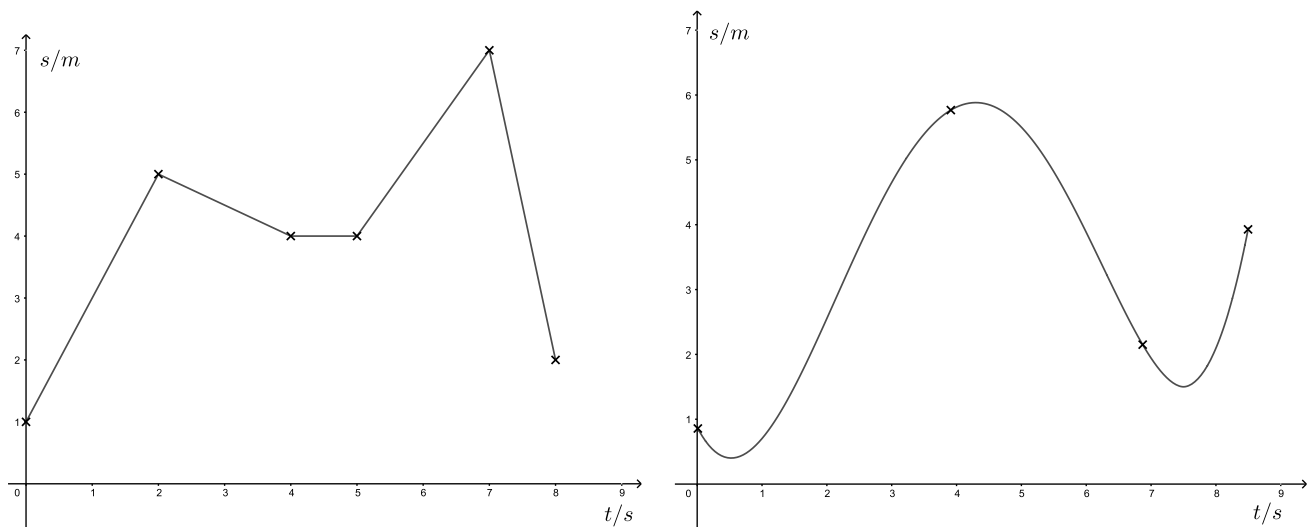
Weg-Zeit-Diagramm und Durchschnittsgeschwindigkeit Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm und Durchschnittsbeschleunigung

1 Weg-Zeit-Diagramm und Durchschnittsgeschwindigkeit

1.1 Weg-Zeit-Diagramm

Das **Weg-Zeit-Diagramm** einer geradlinigen Bewegung gibt wieder, wie ein Körper eine (gerade) Strecke im zeitlichen Verlauf zurücklegt, siehe Abb. 1.

Abbildung 1: Weg-Zeit-Diagramm: ideale geradlinigen Bewegung (links) und realistische geradlinigen Bewegung (rechts) mit Zwischenpunkten



In einem Weg-Zeit-Diagramm sind auch Zeiten $t < 0$ zugelassen. Das beschreibt dann die Bewegung des Körpers vor Beginn der Messung.

1.2 Durchschnittsgeschwindigkeit

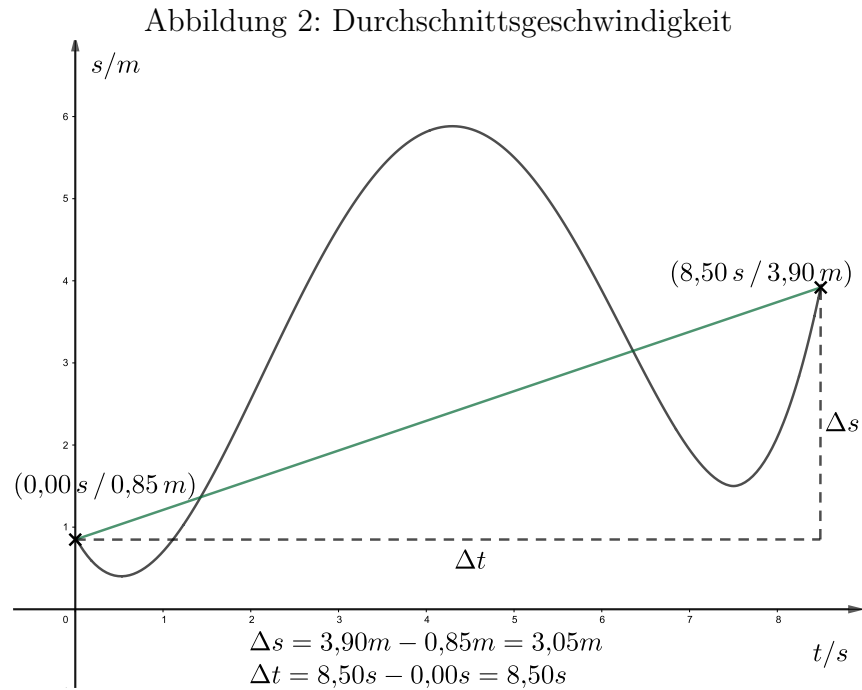
Als **Durchschnittsgeschwindigkeit** \bar{v} eines Körpers bezeichnet man den Quotienten aus zurückgelegter Strecke und dafür benötigter Zeit:

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

Adresse: Eduard-Spranger-Berufskolleg, 59067 Hamm

E-Mail: mail@frank-klinker.de

In unserem obigen Beispiel einer Bewegung findet man das Ergebnis in Abb. 2.



Damit ergibt sich die Durchschnittsgeschwindigkeit zu

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{3,05\text{ m}}{8,50\text{ s}} \approx 0,36 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Man kann die Durchschnittsgeschwindigkeit auch auf Teilstücken berechnen und kann dadurch eine genauere Beschreibung der tatsächlichen Bewegung des Körpers erhalten. Je enger man die Messpunkte dabei setzt, desto genauer wird diese Beschreibung.

Wir verwenden wieder unser Beispiel von oben mit zwei weiteren Messpunkten und erhalten Abb. 3

Die Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den verschiedenen Teilstücken sind dann

$$(1) \quad \bar{v}_1 = \frac{5,77\text{ m} - 0,85\text{ m}}{3,91\text{ s} - 0,00\text{ s}} = \frac{4,92\text{ m}}{3,91\text{ s}} \approx 1,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

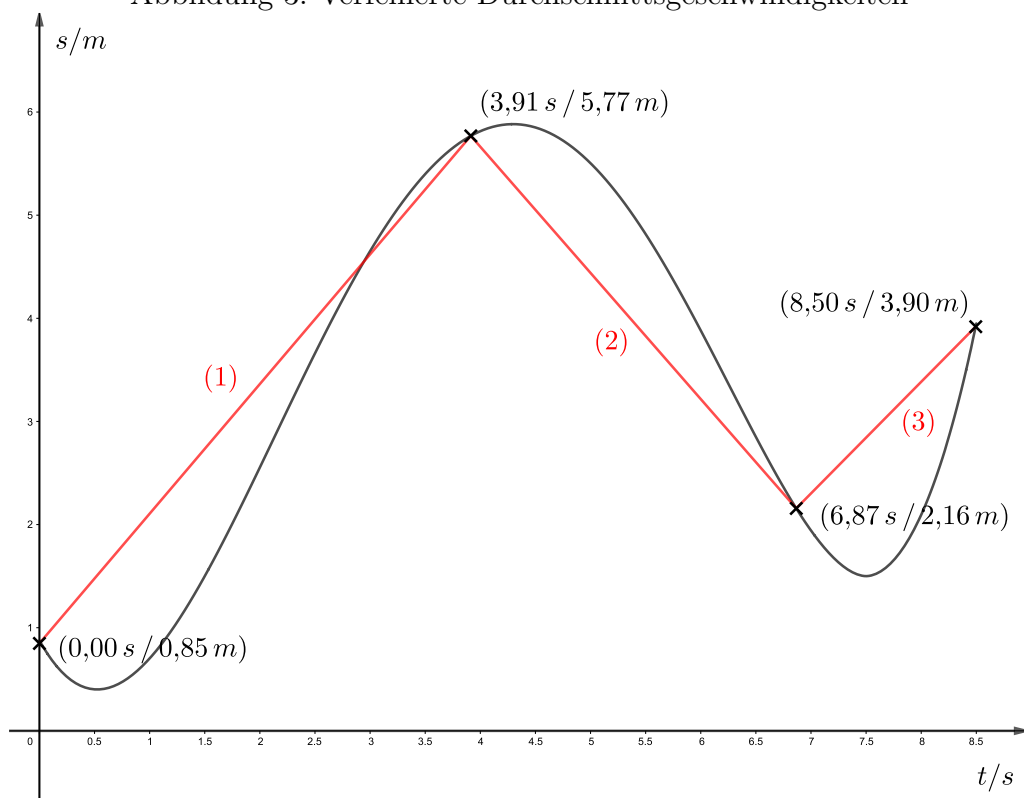
$$(2) \quad \bar{v}_2 = \frac{2,16\text{ m} - 5,77\text{ m}}{6,87\text{ s} - 3,91\text{ s}} = \frac{-3,61\text{ m}}{2,96\text{ s}} \approx -1,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(3) \quad \bar{v}_3 = \frac{3,90\text{ m} - 2,16\text{ m}}{8,50\text{ s} - 6,87\text{ s}} = \frac{1,74\text{ m}}{1,63\text{ s}} \approx 1,07 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Bemerkung 1. 1. Die hier verwendete "physikalische" Durchschnittsgeschwindigkeit für geradlinige Bewegungen berücksichtigt das Vorzeichen der zurückgelegten Strecke (vorwärts: positiv; rückwärts negativ):

- a) Haben wir genau N Teilstücke und nummerieren wir die Anfangs- und Endpunkte mit $(t_0/s_0), (t_1/s_1), \dots, (t_N/s_N)$ durch, dann sind die Teilstrecken

Abbildung 3: Verfeinerte Durchschnittsgeschwindigkeiten



$\Delta s_i = s_i - s_{i-1}$ und Teilzeiten $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$. Die Teilstrecken können positiv, negativ oder sogar Null sein, die Teilzeiten sind immer positiv.

b) Die Durchschnittsgeschwindigkeit auf dem i -ten Teilstück ist

$$\bar{v}_i = \frac{\Delta s_i}{\Delta t_i} = \frac{s_i - s_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}.$$

c) Der insgesamt zurückgelegte Weg ist dann

$$\Delta s = s_N - s_0 = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \Delta s_N$$

und die benötigte Zeit ist

$$\Delta t = t_N - t_0 = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_N.$$

Damit ist die Durchschnittsgeschwindigkeit der gesamten Bewegung

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_N - s_0}{t_N - t_0} = \frac{\Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \Delta s_N}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_N}.$$

d) Die Durchschnittsgeschwindigkeit kann dabei auch Null sein, wie man sehr gut an folgender Bewegung sieht: man fahre mit einer beliebigen Geschwindigkeit in eine Richtung, drehe dann um und fahre zurück. Da zum Schluss der Bewegung Endpunkt und Ausgangspunkt übereinstimmen ist $\Delta s = 0$ und die Durchschnittsgeschwindigkeit der gesamten Bewegung ist ebenfalls $\bar{v} = 0$. Das Ergebnis ist unabhängig von dem gesamten Verlauf der Bewegung, also von den Durchschnittsgeschwindigkeiten, die man auf Teilstrecken gemessen hätte.

2. Oft interessiert man sich jedoch für die "reale" Durchschnittsgeschwindigkeit. Diese berücksichtigt die "real" zurückgelegte Strecke und die dafür benötigte Zeit. In diesem Fall interessiert man sich nicht dafür ob man sich vorwärts oder rückwärts bewegt: man nimmt jede Strecke als positiv an:

a) Mit den Bezeichnungen aus Punkt 1a) sind die "realen" Teilstrecken dann $\Delta^R s_i = |\Delta s_i| = |s_i - s_{i-1}|$ und die Teilzeiten bleiben $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$. Die Teilstrecken können nun positiv oder Null sein, die Teilzeiten sind wie vorher immer positiv.

b) Die "reale" Durchschnittsgeschwindigkeit auf dem i -ten Teilstück ist nun

$$\bar{v}_i^R = \frac{\Delta^R s_i}{\Delta t_i} = \frac{|\Delta s_i|}{\Delta t_i} = |\bar{v}_i|.$$

Sie sind alle positiv oder Null und unterscheiden sich von den physikalischen Durchschnittsgeschwindigkeit nur durch den Betrag.

c) Der insgesamt zurückgelegte Weg ist dann $\Delta^R s = \Delta^R s_1 + \Delta^R s_2 + \dots + \Delta^R s_N$ und die benötigte Zeit ist wie vorher $\Delta t = t_N - t_0$. Damit ist die Durchschnittsgeschwindigkeit der gesamten Bewegung

$$\bar{v} = \frac{\Delta^R s}{\Delta t} = \frac{|\Delta s_1| + |\Delta s_2| + \dots + |\Delta s_N|}{t_N - t_0}$$

d) Der Tacho im Auto gibt jeweils nur den Betrag der Geschwindigkeit an. Aus allein dieser Angabe kann man dann natürlich auch nicht erkennen, in welche Richtung man gerade fährt.

Egal ob wir die "physikalische" oder die "reale" Durchschnittsgeschwindigkeit wählen:

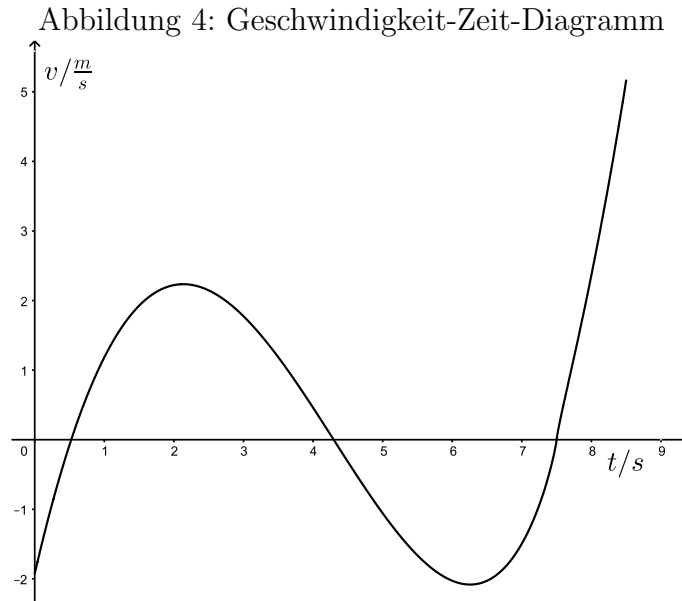
Die zwischenzeitlich auf Teilstücken erreichten Durchschnittsgeschwindigkeiten können betragsmäßig viel höher oder niedriger sein, als die Durchschnittsgeschwindigkeit der gesamten Bewegung.

Bemerkung 2. Mit dem Begriff der Durchschnittsgeschwindigkeit kann man auch erklären, was in der Abb. 1 mit ideal und real gemeint ist: In der idealen Bewegung bewegt man sich zwischen zwei Punkten stets mit einer konstanten Geschwindigkeit, nämlich der Durchschnittsgeschwindigkeit. Dabei gibt es keinen "Übergang" zwischen zwei verschiedenen Abschnitten, also kein Bremsen und Beschleunigen. In der realen Bewegung sind diese Übergänge glatter: "Man geht langsam von einer in die andere Geschwindigkeit über".

2 Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm und Durchschnittsbeschleunigung

2.1 Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm

Das **Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm** gibt an, wie die Geschwindigkeit sich beim Zurücklegen einer (geraden) Strecke im zeitlichen Verlauf verhält¹, siehe Abb. 4.



Eine negative Geschwindigkeit $v < 0$ bedeutet, dass der Körper sich auf der Strecke zurückbewegt. Das kann man in Abb. 1 sehr gut erkennen.

2.2 Durchschnittsbeschleunigung

Analog zur Änderung der Strecke in Relation zur benötigten Zeit, kann man bei einer Bewegung auch die Änderung der Geschwindigkeit messen.

Als **Durchschnittsbeschleunigung** \bar{a} eines Körpers bezeichnet man die durchschnittliche Änderung seiner Geschwindigkeit in Relation zur dafür benötigten Zeit, also den Quotienten aus Geschwindigkeitsänderung und Zeit:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

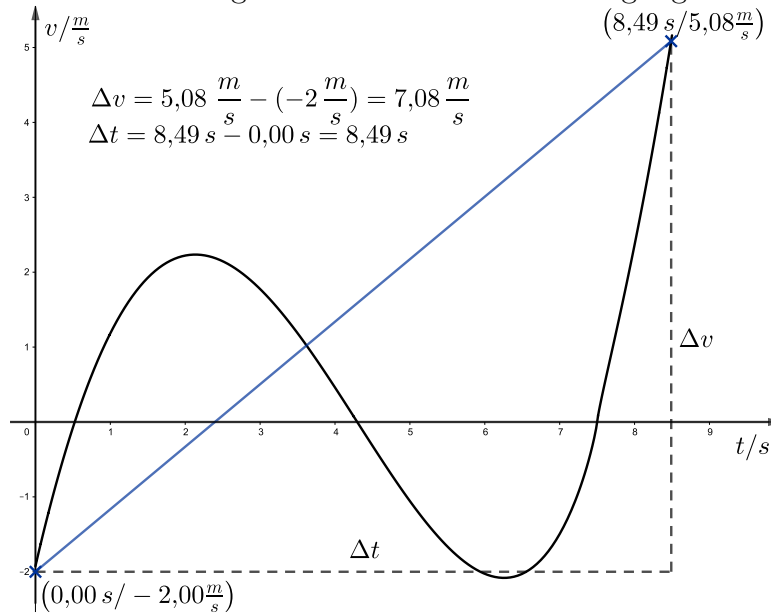
In der Bewegung aus Abb. 4 erhalten wir die Werte aus Abb. 5 und damit die Durchschnittsbeschleunigung

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7,08 \text{ m}}{8,49 \text{ s}} \approx 0,83 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Man kann auch hier die Durchschnittsbeschleunigung auf Teilstücken berechnen

¹Hierbei handelt es sich um das Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm der realistischen Bewegung zum rechten Weg-Zeit-Diagramm aus Abb. 1.

Abbildung 5: Durchschnittsbeschleunigung



und dadurch die tatsächliche Bewegung genauer beschreiben. Auch hier gilt: Je enger man die Messpunkte setzt, desto genauer wird diese Beschreibung, siehe Abb. 6.

Abbildung 6: Verfeinerte Durchschnittsbeschleunigung

