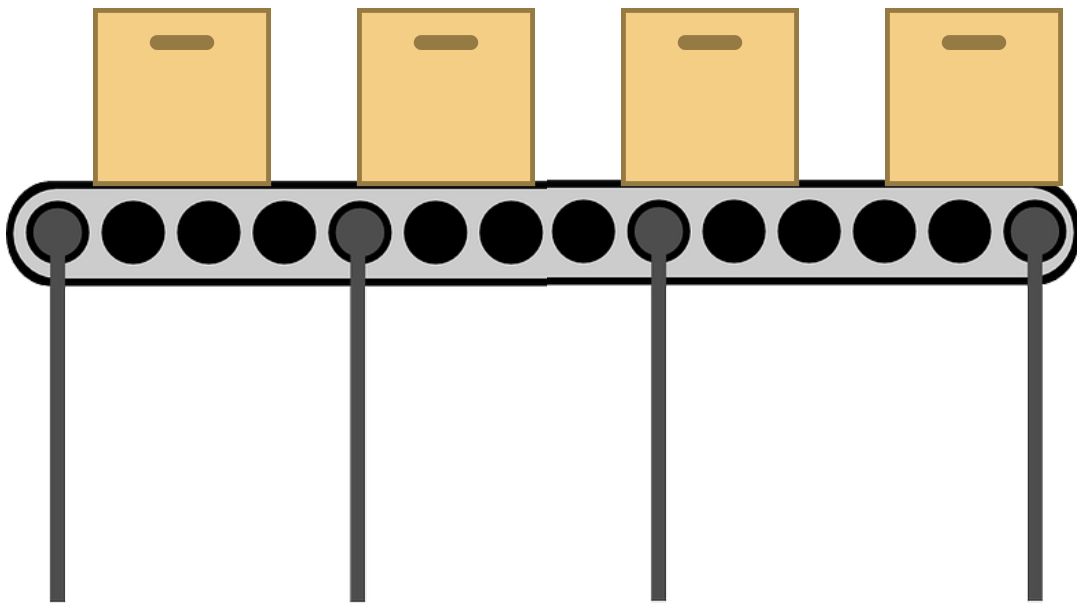


# Die Physik der gleichförmigen Bewegung



Protokollheft

NAME: \_\_\_\_\_

**Einleitung:**

In der Physik nennt man eine Bewegung, bei der die Geschwindigkeit konstant bleibt (sich also mit der Zeit nicht ändert) und auch die Richtung unverändert bleibt, **gleichförmige Bewegung**. Um die Physik dieser Bewegung zu untersuchen, analysieren wir ein Video einer Metallkugel, die entlang einer Aluminium-Schiene rollt. Aufgrund der geringen Reibung zwischen Metallkugel und Schiene können wir davon ausgehen, dass sich die Geschwindigkeit der Kugel nicht (wesentlich) ändert. Im **Teil 1** untersuchen wir **schnelle und langsame Bewegungen**, in **Teil 2 Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen**. Um die Experimente auswerten zu können, benötigen wir das folgende Grundwissen zur Geschwindigkeit:

**► Physikalische Größen**

Physikalische Größe	Formelzeichen	Grundeinheit
Zeit	t	1 s
Ort (Position)	x	1 m
Geschwindigkeit	v	1 m/s

**► Mittlere Geschwindigkeit**

Befindet sich das Objekt zum Zeitpunkt  $t_1$  am Ort  $x_1$  und zum Zeitpunkt  $t_2$  am Ort  $x_2$ , so ist die mittlere Geschwindigkeit (oder Durchschnittsgeschwindigkeit) definiert als der Quotient aus der Änderung des Ortes (der Position) ( $\Delta x = x_2 - x_1$ ) und der dafür benötigten Zeitspanne ( $\Delta t = t_2 - t_1$ )

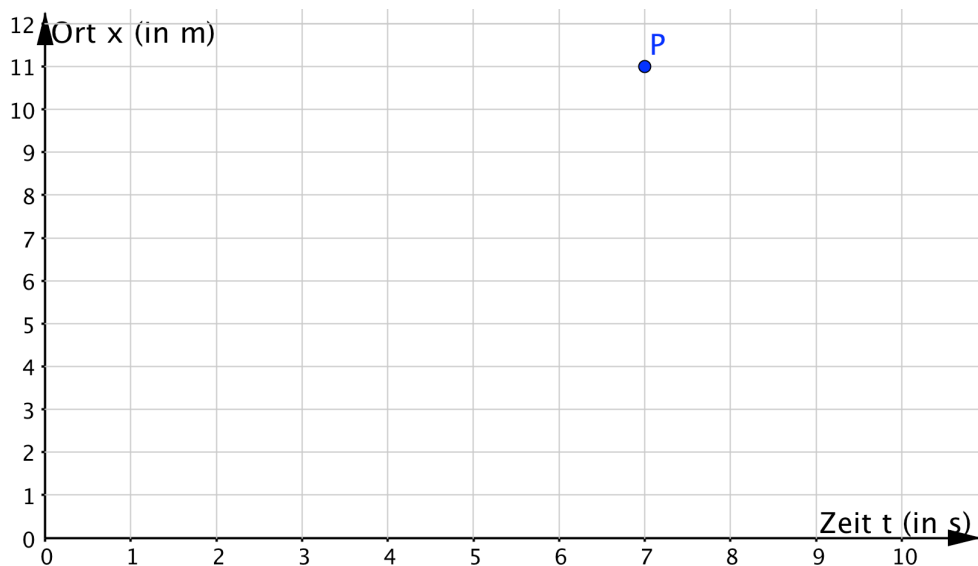
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

**► Koordinatensystem (Bezugssystem für die Bewegung)**

Um eine Bewegung beschreiben zu können, müssen wir den Ort (die Position) eines Objekts angeben können. Dazu müssen wir ein Koordinatensystem mit Koordinatenursprung und Raumrichtungen festlegen. Bei einer eindimensionalen Bewegung (Bewegung in nur eine Richtung) ändert sich der Ort nur entlang einer Koordinatenachse. Deswegen können wir für den Ort z.B. nur die Koordinate der x-Achse verwenden (x-Koordinate).

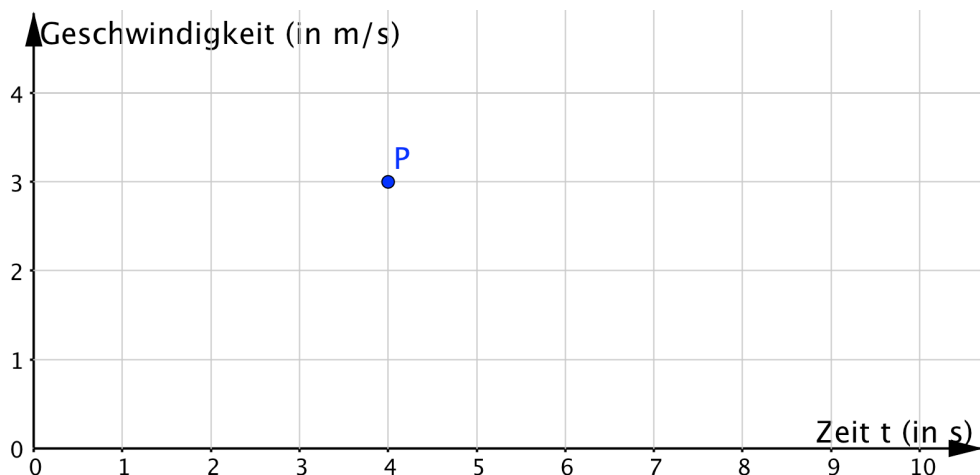
### ► Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm)

Auf der Rechtsachse ist die vergangene Zeit und auf der Hochachse der Ort (die Position in Richtung der x-Achse) aufgetragen. So gibt z.B. der Punkt P an, dass nach 7 s das Objekt 11 m vom Startpunkt in Richtung der x-Achse entfernt ist.



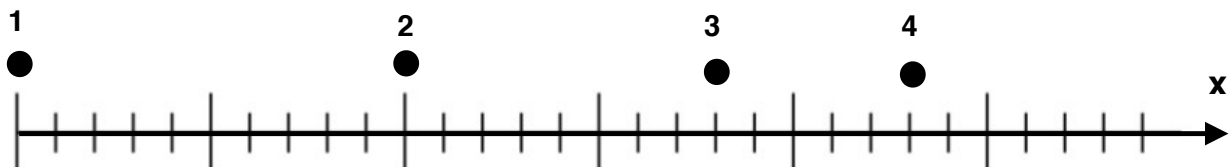
### ► Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (t-v-Diagramm)

Auf der Rechtsachse ist die vergangene Zeit und auf der Hochachse die Geschwindigkeit aufgetragen. So gibt z.B. der Punkt P an, dass das Objekt nach 4 s eine Geschwindigkeit von 3 m/s erreicht hat.



### ► Stroboskopabbildung

Eine Stroboskopabbildung zeigt die Position eines Objekts entlang einer Koordinatenachse in gleichen Zeitabständen. Die Positionen werden oft mit Nummern gekennzeichnet um die zeitliche Abfolge der Bewegung kenntlich zu machen.



# Teil 1:

# Schnelle und langsame Bewegung

## Durchführung:

Die Videos werden in Gruppen von 2 - 3 Schülerinnen und Schülern aufgenommen und ausgewertet. Die Ergebnisse werden in den Protokollheften dokumentiert und nach der Experimentierphase präsentiert und verglichen.

## Materialliste:

- Aluminiumschiene (Länge: 1m) mit aufgeklebten Maßstab
- Metallkugel
- iPad mit Videoanalyse-App „Viana“ und Auswerte-App „Graphical Analysis“
- Mini-Stativ und iPad-Halterung
- Protokollheft

## 1. Aufgabe: Videos aufnehmen

Aufgenommen werden soll **jeweils ein Video** von einer **langsamen Bewegung** und einer **schnellen Bewegung** der Kugel

- **1. Video:** Lasse die Metallkugel **langsam** von links nach rechts die gesamte Aluminium-Schiene entlang rollen.
- **2. Video:** Lasse die Metallkugel anschließend **schneller als zuvor** von links nach rechts die gesamte Aluminium-Schiene entlang rollen.
- Nutze die Länge der Schiene (1m) als Maßstab
- **Filme mit 30 fps**


Untersuche nun **zunächst das Video der langsamen Bewegung** (Aufgaben 2 - 4) und **anschließend in gleicher Weise das Video der schnellen Bewegung**. Kennzeichne die unterschiedlichen Bewegungen z.B. durch verschiedene Farben.

## 2. Aufgabe: Video zur Analyse vorbereiten

- Schneide das Video so, dass nur Anfang und Ende der Bewegung zu sehen ist
- Lege den Maßstab fest (Achte auf eine Eingabe in m)
- Lege das Koordinatensystem folgendermaßen fest:
  - ➡ Koordinatenursprung in die Kugelmitte am Startpunkt (siehe Abbildung)
  - ➡ x-Achse in Bewegungsrichtung der Kugel

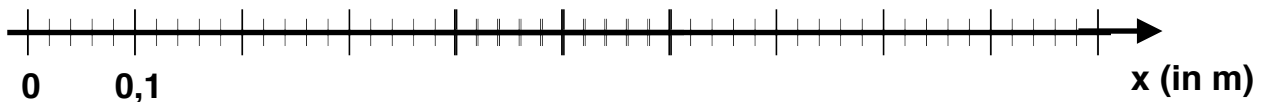


## 3. Aufgabe: Video analysieren

- Führe eine **manuelle Erfassung** aus, d.h. tippe auf  und ...
  - ➡ Beginne mit dem ersten Bild und markiere die Mitte der Kugel mit dem Fadenkreuz
  - ➡ Bestimme die erste Position, indem du auf den Bildschirm tippst (Bild 1)
  - ➡ Bewege den Schieberegler zum Bild 16 und markiere die neue Position
  - ➡ Wiederhole dies für die Bilder 31, 46, 61, ... (jedes 15. Bild)
  - ➡ Der **Zeitabstand** der Positionen beträgt dann immer **0,5 Sekunden ( $\Delta t = 0,5s$ )**

### 3.1 Die Stroboskopabbildung:

- Nutze die Darstellung der Positionen der manuellen Erfassung über dem Maßstab in den Videos
- Markiere damit die Positionen im **zeitlichen Abstand von je 0,5 s** über dem folgenden Maßstab und kennzeichne die Positionen mit 1,2,3, ...
- ... für die langsame Bewegung oberhalb des Maßstabs, für die schnelle Bewegung unterhalb



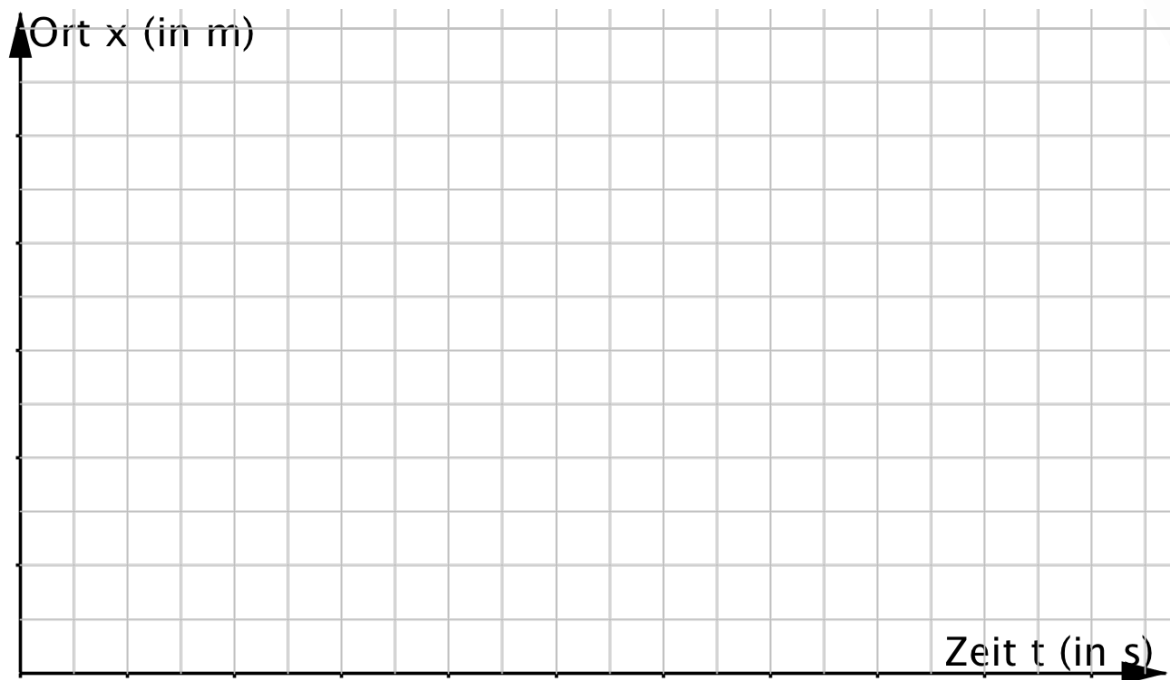
#### Fragen:

1. Wie erkennt man an der Stroboskopabbildung, dass die Kugel sich jeweils mit gleichbleibender Geschwindigkeit bewegt hat?
2. Wie erkennt man an der Stroboskopabbildung, dass die Bewegung der Kugel einmal schneller und einmal langsamer war?

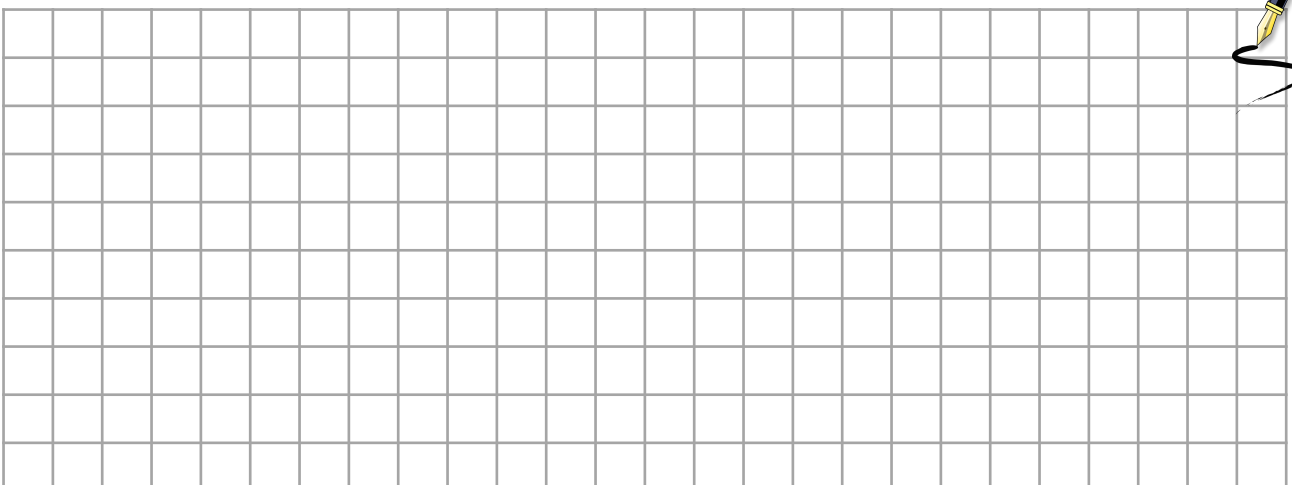


### 3.2 Das Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm)

- Tippe auf „Diagramme“
- Mit einer Wischbewegung nach links kannst du dir das Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm) anzeigen lassen (obere von beiden angezeigten Diagrammen)
- Trage zunächst die angezeigten Datenpunkte in das folgende Koordinatensystem ein
- Nutze für die schnelle und die langsame Bewegung jeweils eine andere Farbe
- Trage dann eine passende Ausgleichskurve ein, d.h. den idealen Verlauf ohne Messfehler für beide Bewegungen



**Frage:** Woran erkennt man im t-x-Diagramm, dass die Bewegung der Kugel einmal schneller und einmal langsamer war?

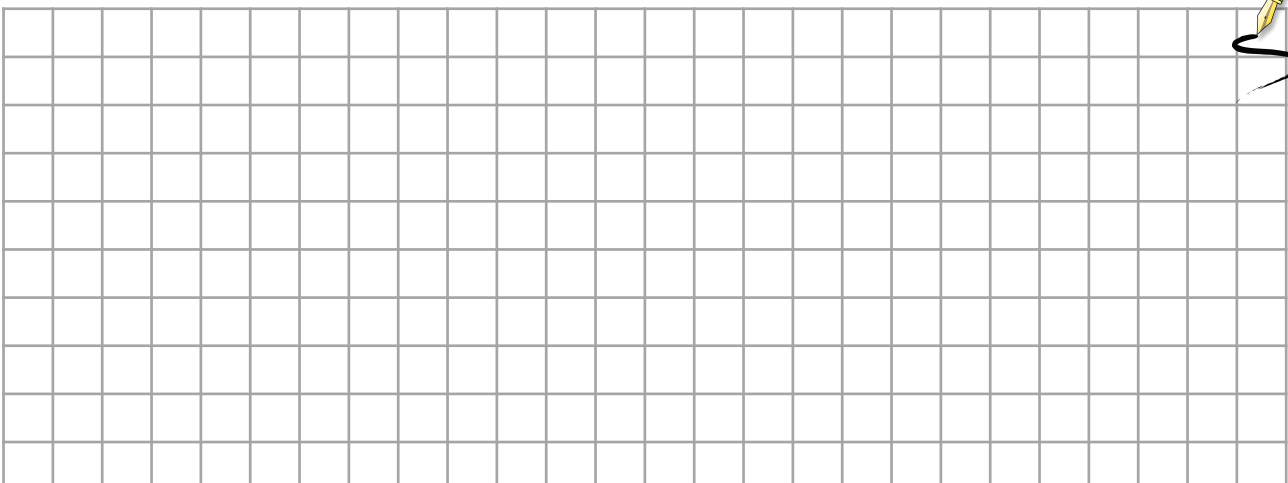


### 3.3 Das Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (t-v-Diagramm)

- Unterhalb des t-x-Diagramms findest du das zugehörige Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (t-v\_x-Diagramm)
- Trage zunächst die angezeigten Datenpunkte in das folgende Koordinatensystem ein
- Nutze für die schnelle und die langsame Bewegung jeweils eine andere Farbe
- Trage dann eine passende Ausgleichskurve ein, d.h. den idealen Verlauf ohne Messfehler für beide Bewegungen



**Frage:** Woran erkennt man im t-v-Diagramm, dass die Bewegung der Kugel einmal schneller und einmal langsamer war?





#### 4. Aufgabe: Analyse der Messdaten

Exportiere die Messdaten von Viana nach Graphical Analysis.

- Wähle auf der x-Achse statt „Frame“ „Zeit (in s)“ aus
- Füge auf der y-Achse „Objekt 1 x-Koordinate“ hinzu
- Bestimme mittels der App die Ausgleichsgerade und notiere den Funktionsterm.

Ergänze dabei die physikalischen Einheiten

**långsam:  $x(t) =$  \_\_\_\_\_**

**schnell:**  $x(t) =$  \_\_\_\_\_

**Aufgabe:** Beschreibe, wie man mit Hilfe der Ausgleichsgeraden im Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm) die jeweilige Geschwindigkeit der Kugel bestimmen kann. Gib den so ermittelten Wert an.

A large grid of graph paper with a yellow pencil icon in the top right corner. The grid is composed of small squares. In the bottom left corner, the text "langsam: v\_Kugel =" is written. In the bottom right corner, the text "schnell: v\_Kugel =" is written.

**Frage:** Wie lautet die **allgemeine Formel** für die Abhängigkeit des Ortes von der Zeit bei einer gleichförmigen Bewegung mit der **Geschwindigkeit  $v_0$** ?

$$\mathbf{x}(t) = \underline{\hspace{10cm}}$$

## Aufgabe 5: Zusammenfassung der Ergebnisse

### 5.1 Grundlagen

Bei einer gleichförmigen Bewegung ...

- ist die Geschwindigkeit \_\_\_\_\_
- damit nimmt der Ort \_\_\_\_\_ mit der Zeit zu,
- d.h. in gleichen Zeitabschnitten werden \_\_\_\_\_ Wegstrecken zurückgelegt
- Die \_\_\_\_\_ der Ausgleichsgerade im Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm) entspricht der \_\_\_\_\_
- Je größer die \_\_\_\_\_ der Ausgleichsgeraden, desto \_\_\_\_\_ ist die Geschwindigkeit.

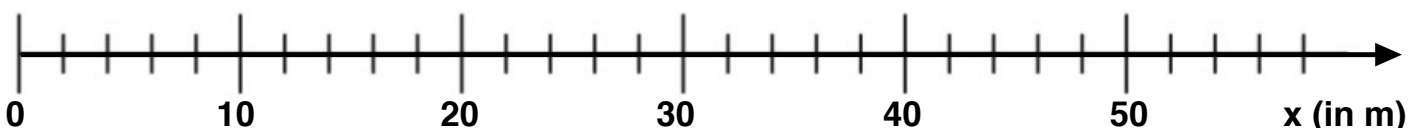
### 5.2 Allgemeine Formel

Für die Abhängigkeit des Ortes von der Zeit  $t$  bei einer gleichförmigen Bewegung gilt die folgende Formel:

**Zeit-Ort-Gesetz:**  $x(t) =$  \_\_\_\_\_

### 5.3 Stroboskopabbildung:

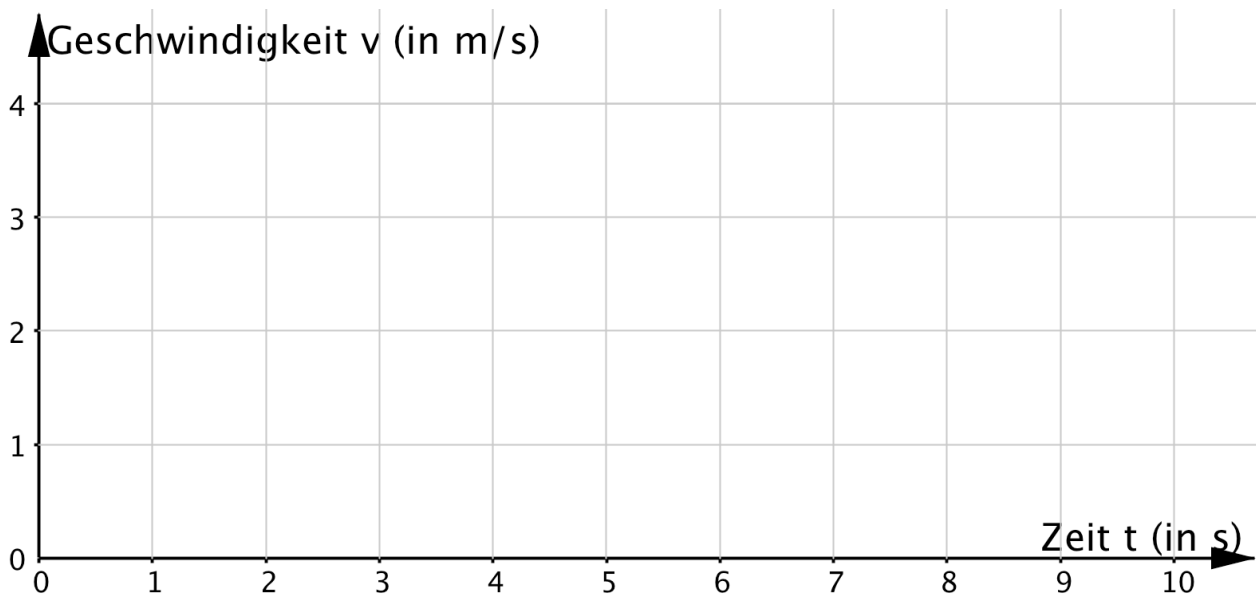
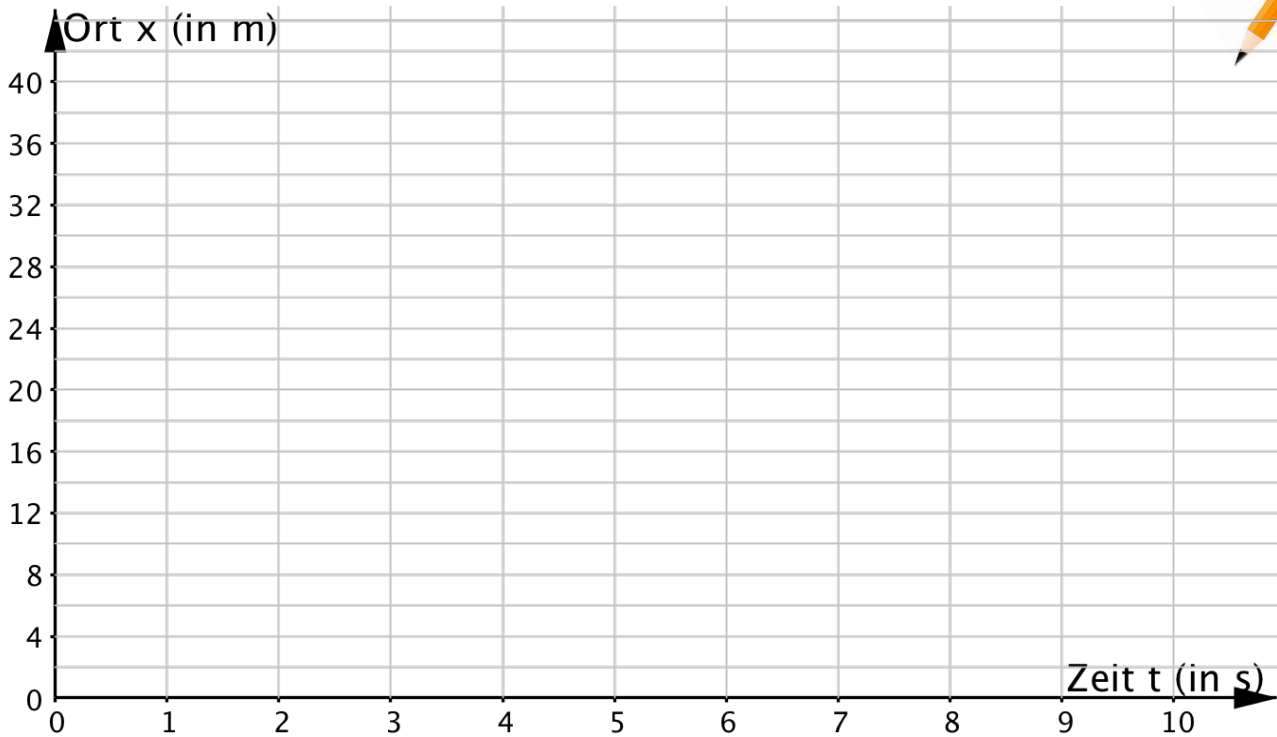
Ergänze die Stroboskopspur für eine gleichförmige Bewegung mit einer **Geschwindigkeit von 4 m/s** (zeitlicher Abstand der Positionen: 1s).



### 5.4 Diagramme:

Ergänze in den folgenden Diagrammen den idealen zeitlichen Verlauf von Ort und Geschwindigkeit bei einer gleichförmigen Bewegung mit einer Geschwindigkeit von:

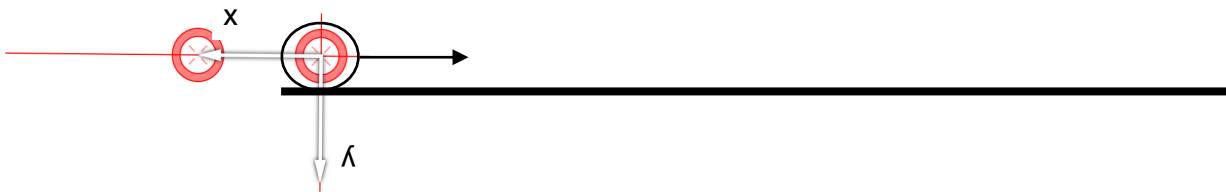
a.)  $v_1 = 2 \text{ m/s}$  und b.)  $v_2 = 4 \text{ m/s}$



**6. Vertiefungsaufgabe:** Untersuche den Einfluss der Festlegung des Koordinatensystems auf die Diagramme?

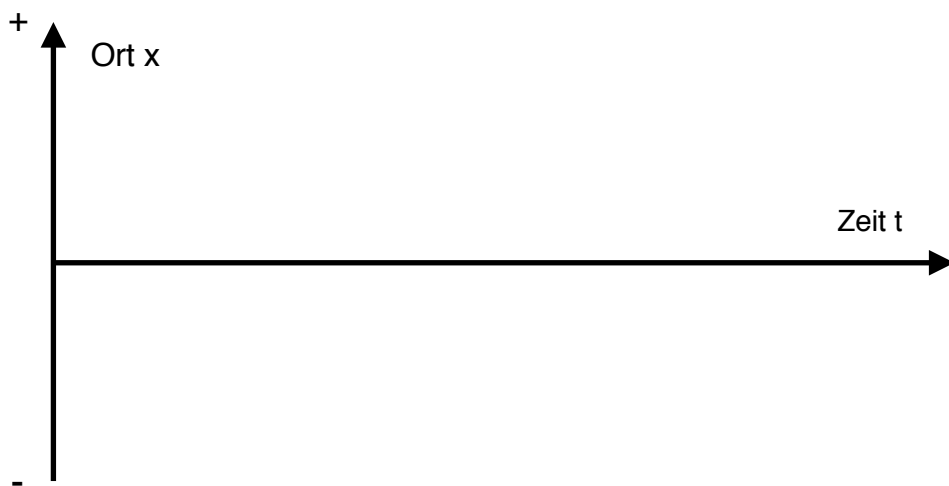
Ändere dazu das Koordinatensystem **entweder bei der schnellen oder der langsamen Bewegung** wie folgt:

- Lasse den Koordinatenursprung unverändert,
- lege aber die x-Achse **entgegen der Bewegungsrichtung** der Kugel

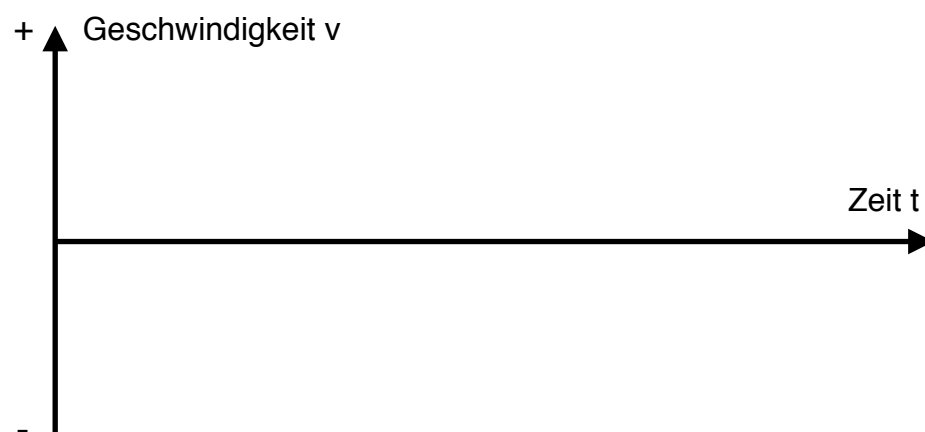


Sieh dir an, wie sich die Diagramme durch das Ändern des Koordinatensystems verändert haben und zeichne den neuen Verlauf in die folgenden Diagramme ein

### 6.1 Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm)

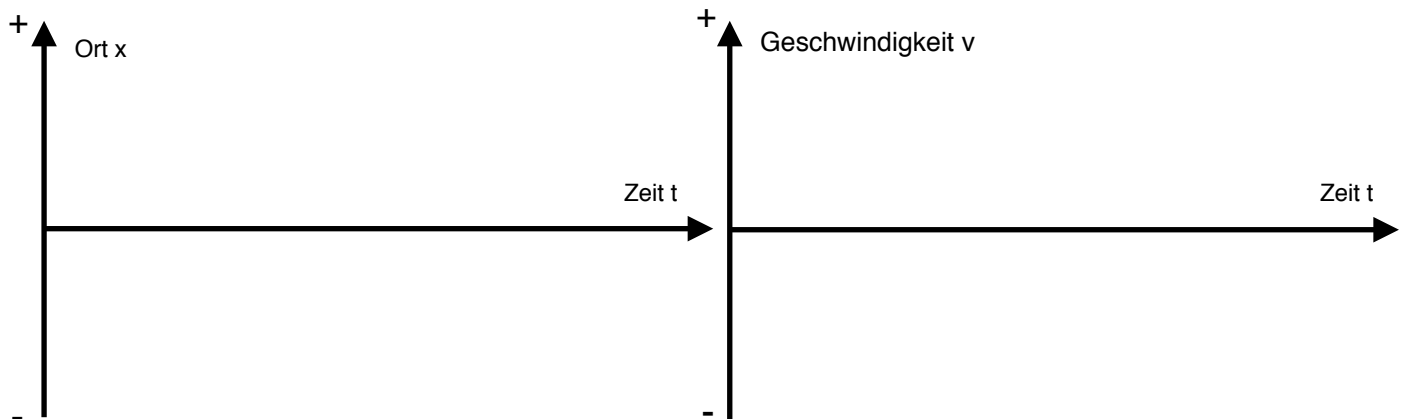
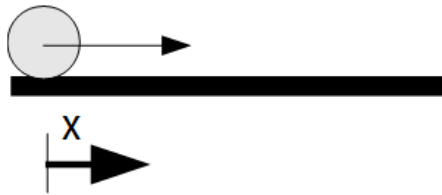


### 6.2 Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (t-v-Diagramm)

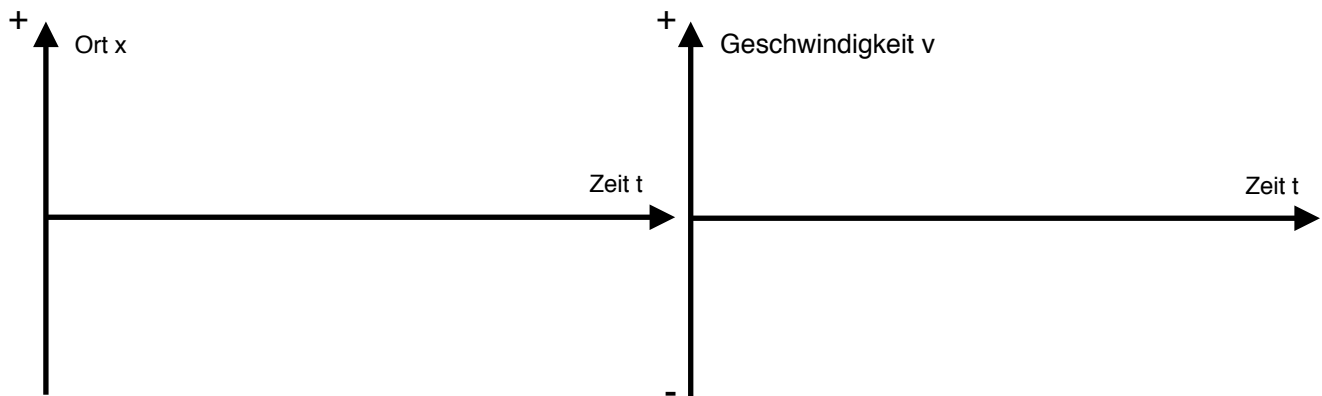
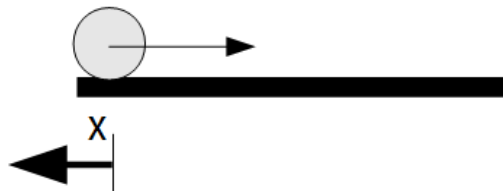


## 7. Zusammenfassung

### 7.1 x-Achse zeigt in Bewegungsrichtung der Kugel



### 7.2 x-Achse zeigt entgegen der Bewegungsrichtung der Kugel



# Teil 2:

## Vorwärts- und Rückwärtsbewegung

### Durchführung:

Die Videos werden in Gruppen von 2 - 3 Schülerinnen und Schülern aufgenommen und ausgewertet. Die Ergebnisse werden in den Protokollheften dokumentiert und nach der Experimentierphase präsentiert und verglichen.

### Materialliste:

- Aluminiumschiene (Länge: 1m) mit aufgeklebten Maßstab
- Metallkugel
- iPad mit Videoanalyse-App „Viana“ und Auswerte-App „Graphical Analysis“
- Mini-Stativ und iPad-Halterung
- Protokollheft

### 1. Aufgabe: Videos aufnehmen

- Lasse die Metallkugel **von links nach rechts** die Aluminium-Schiene entlang rollen, halte die Kugel eine gewisse Zeit an und rolle sie wieder zum Startpunkt zurück.
- Nutze die Länge der Schiene (1m) als Maßstab
- **Filme mit 30 fps**

### 2. Aufgabe: Video zur Analyse vorbereiten

- Schneide das Video so, dass Vorwärts- und Rückwärtsbewegung zu sehen ist
- Lege den Maßstab fest (Achte auf eine Eingabe in m)
- Lege das Koordinatensystem folgendermaßen fest:
  - ➡ Koordinatenursprung in die Kugelmitte am Startpunkt (siehe Abbildung)
  - ➡ x-Achse in Vorwärtsrichtung der Kugel



### 3. Aufgabe: Video analysieren

- Führe eine **automatische Bewegungserkennung** aus

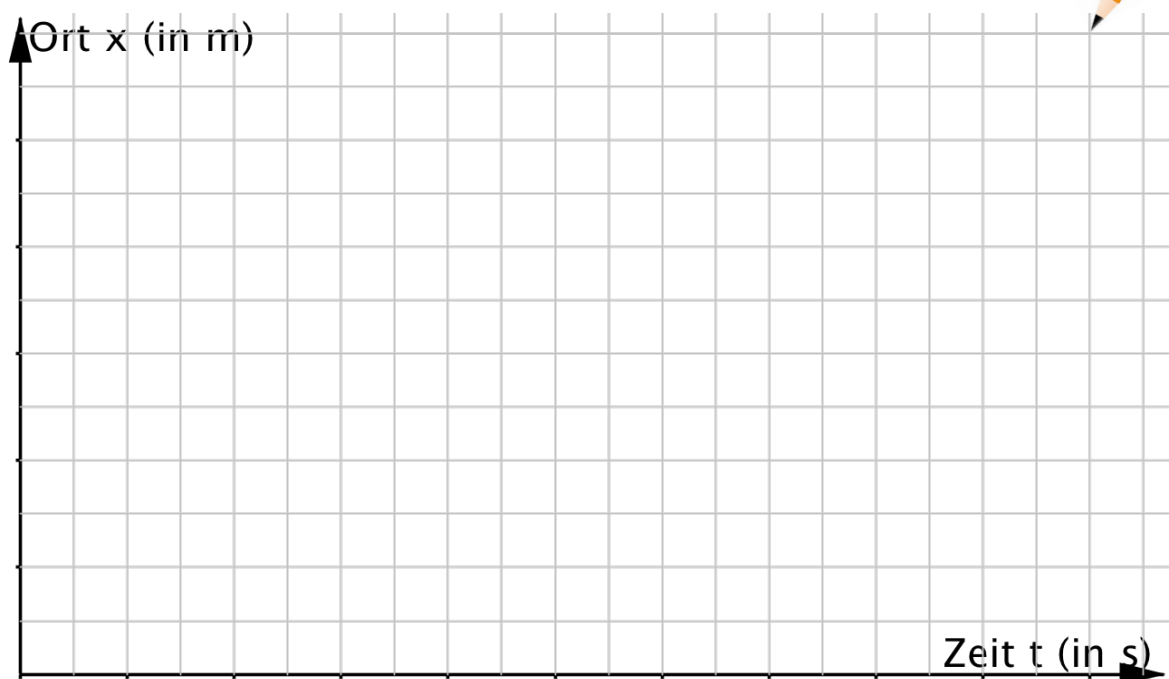


- Lasse dir das t-x-Diagramm (Zeit-Ort-Diagramm) und das t-v<sub>x</sub>-Diagramm (Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm) anzeigen

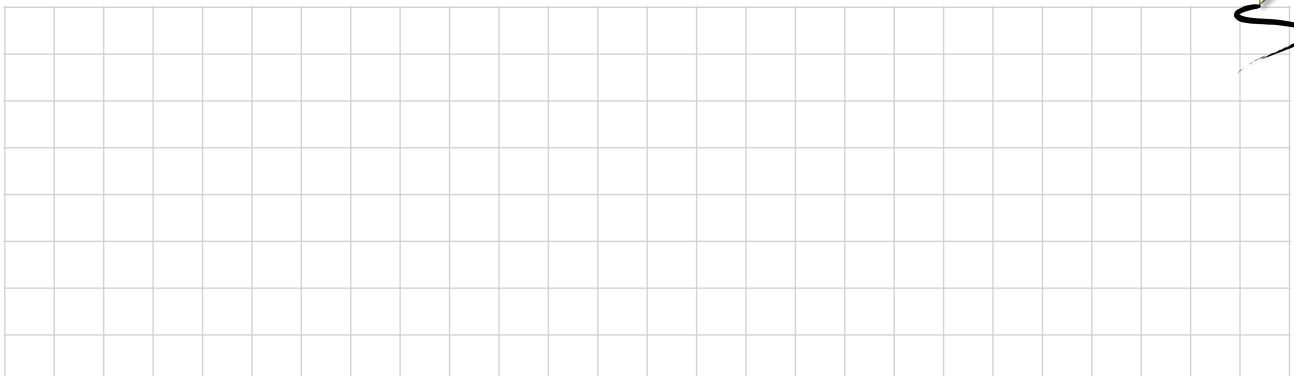
### 3.1 Zeit-Ort-Diagramm und Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm

- Trage **einige ausgewählte Datenpunkte** aus dem angezeigten t-x-Diagramm und dem t-v-Diagramm in die entsprechenden Koordinatensysteme ein
- Zeichne **abschnittsweise passende Ausgleichsgeraden** ein
- Markiere in beiden Diagrammen die Abschnitte für „Vorwärtsbewegung“, „keine Bewegung“ und „Rückwärtsbewegung“
- Trage in den jeweiligen Abschnitten das Vorzeichen der Steigungen (im t-x-Diagramm) sowie das Vorzeichen der Geschwindigkeit (im t-v-Diagramm) ein

#### Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm)

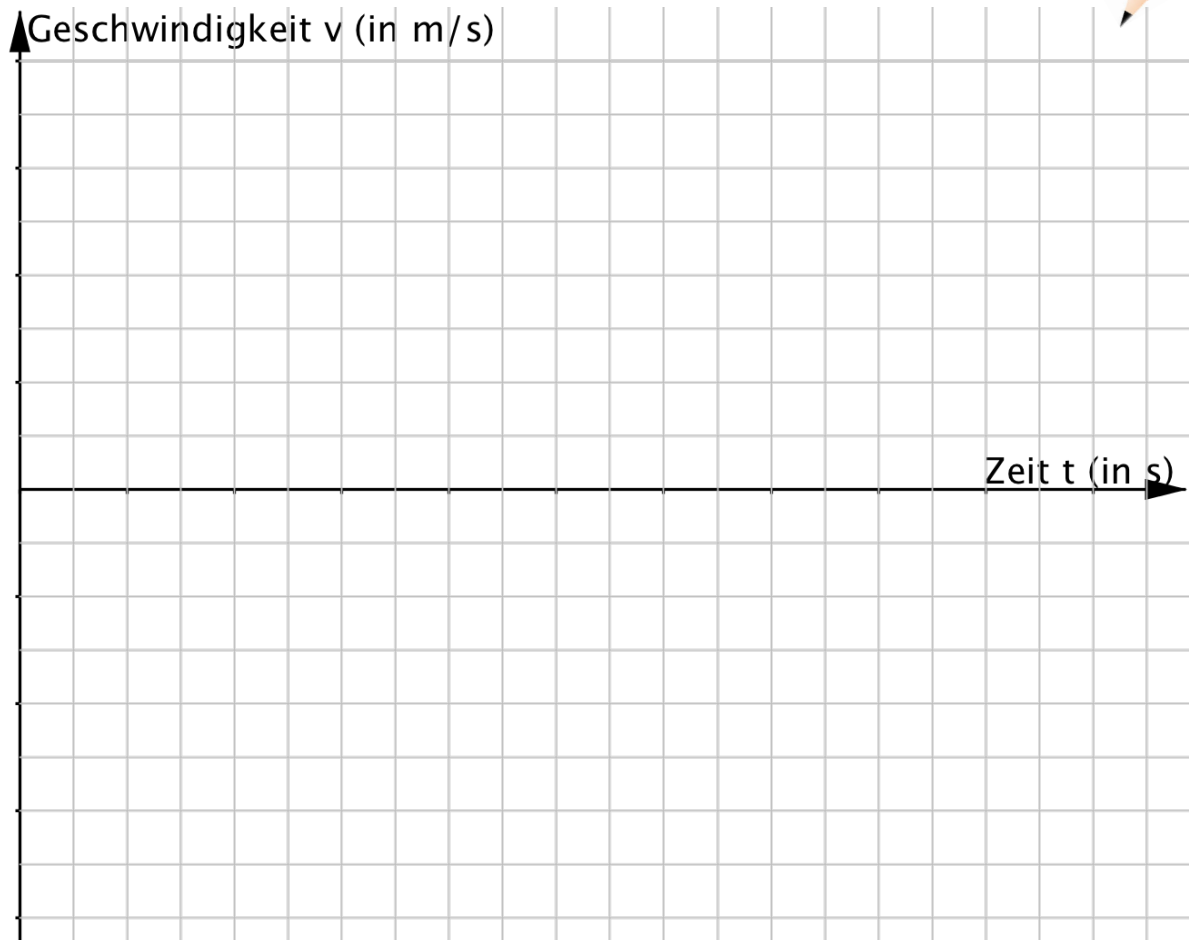


**Frage:** Wie erkennt man im **Zeit-Ort-Diagramm** (t-x-Diagramm), dass die Kugel **vorwärts gerollt** ist bzw. **sich nicht bewegt** hat bzw. **rückwärts gerollt** ist?





### 3.2 Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (t-v-Diagramm)



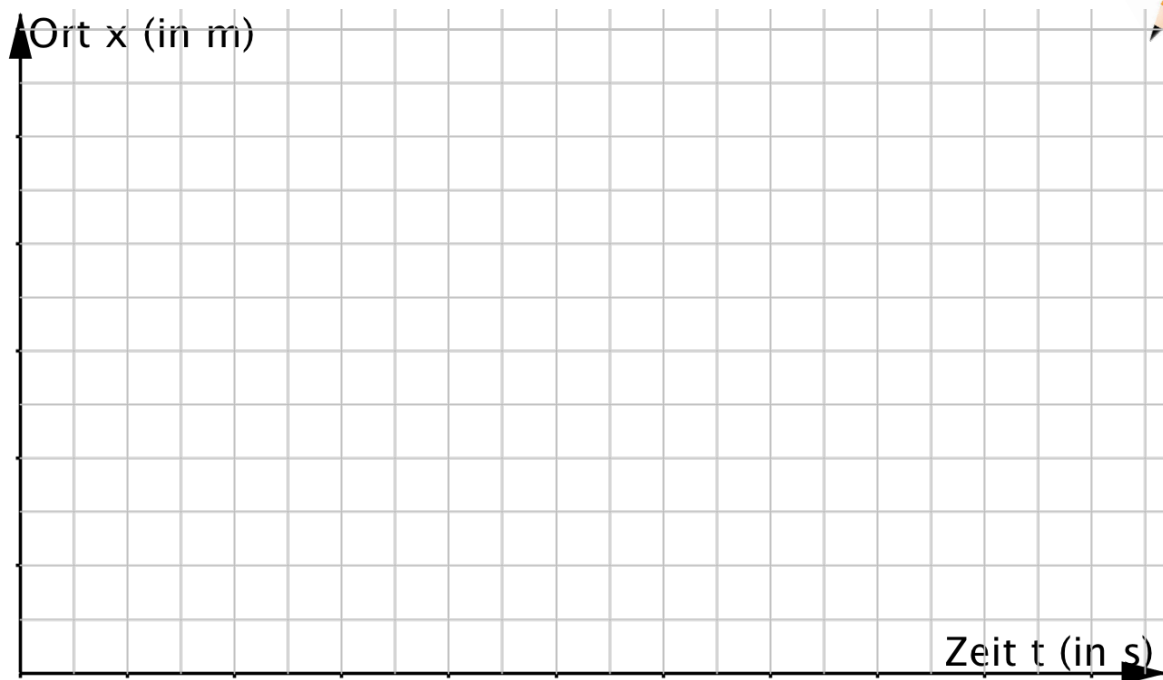
**Frage:** Wie erkennt man im **Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm** (t-v-Diagramm), dass die Kugel **vorwärts gerollt** ist bzw. **sich nicht bewegt** hat bzw. **rückwärts gerollt** ist?



#### 4. Aufgabe:

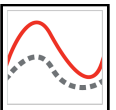
- Schneide das Video nun so, dass **nur die Rückwärtsbewegung** zu sehen ist
- Lasse dir das t-x-Diagramm anzeigen
- Zeichne den **idealen Verlauf** (ohne Messfehler) ein

#### 4.1 Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm)



#### 4.2 Exportiere die Messdaten für die Rückwärtsbewegung nach Graphical Analysis.

- Wähle auf der x-Achse statt „Frame“ „Zeit (in s)“ aus
- Füge auf der y-Achse „Objekt 1 x-Koordinate“ hinzu
- Bestimme mittels der App die Ausgleichsgerade und notiere den Funktionsterm.  
Ergänze dabei die physikalischen Einheiten.



$$x(t) =$$

**Frage:** Welche (physikalische) Bedeutung haben die Funktionsparameter

[illegible]

### 4.3 Fragen:

1. Wie erkennt man im **Zeit-Ort-Diagramm**, dass anfangs die Kugel sich nicht am Koordinatenursprung befindet?

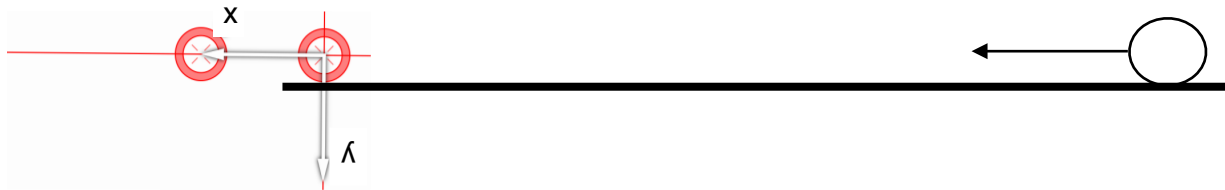


2. Wie erkennt man am Funktionsterm der Ausgleichsgerade, dass die Kugel sich **entgegen der Richtung der Koordinatenachse** (x-Achse des Koordinatensystems) bewegt?



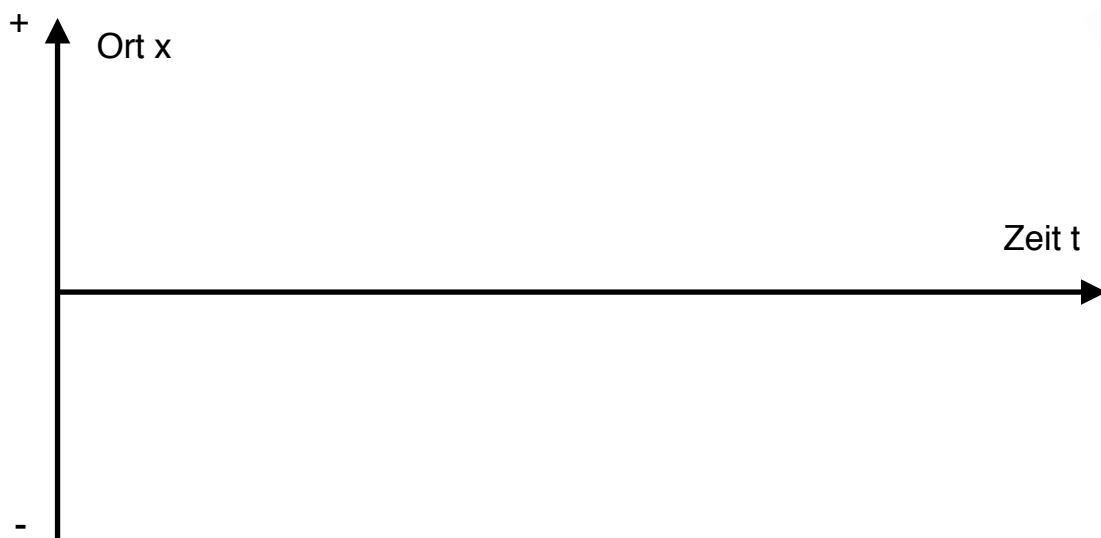
**5. Aufgabe:** Ändere nun das Koordinatensystem wie folgt:

- Lege die x-Achse in Bewegungsrichtung der Kugel.
- Der Koordinatenursprung bleibt dabei unverändert.

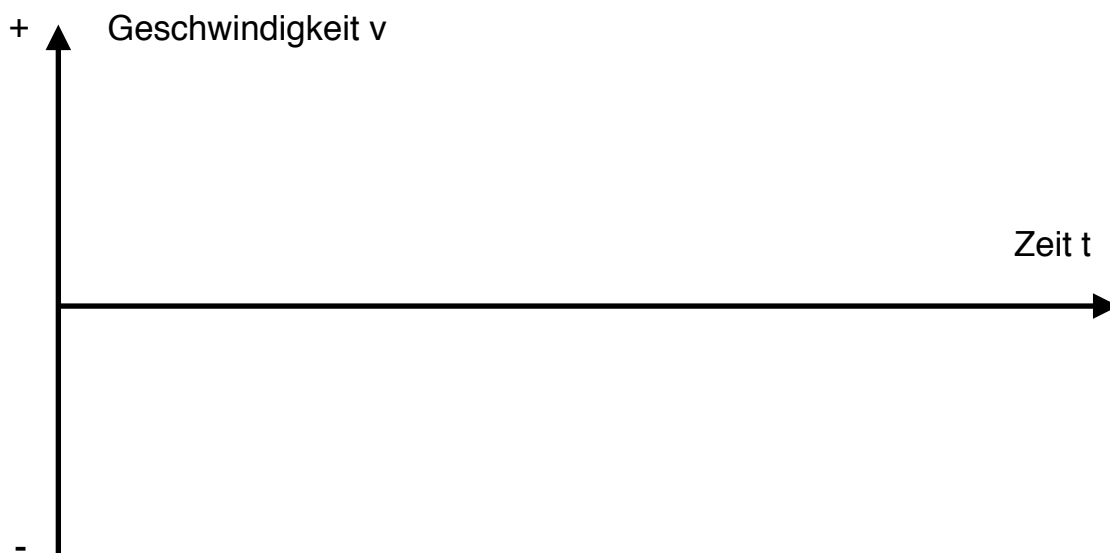


Sieh dir an, wie sich die Diagramme durch das Ändern des Koordinatensystems verändert haben und zeichne den neuen Verlauf in die folgenden Diagramme ein:

### 5.1 Zeit-Ort-Diagramm (t-x-Diagramm)



### 5.2 Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm (t-v-Diagramm)



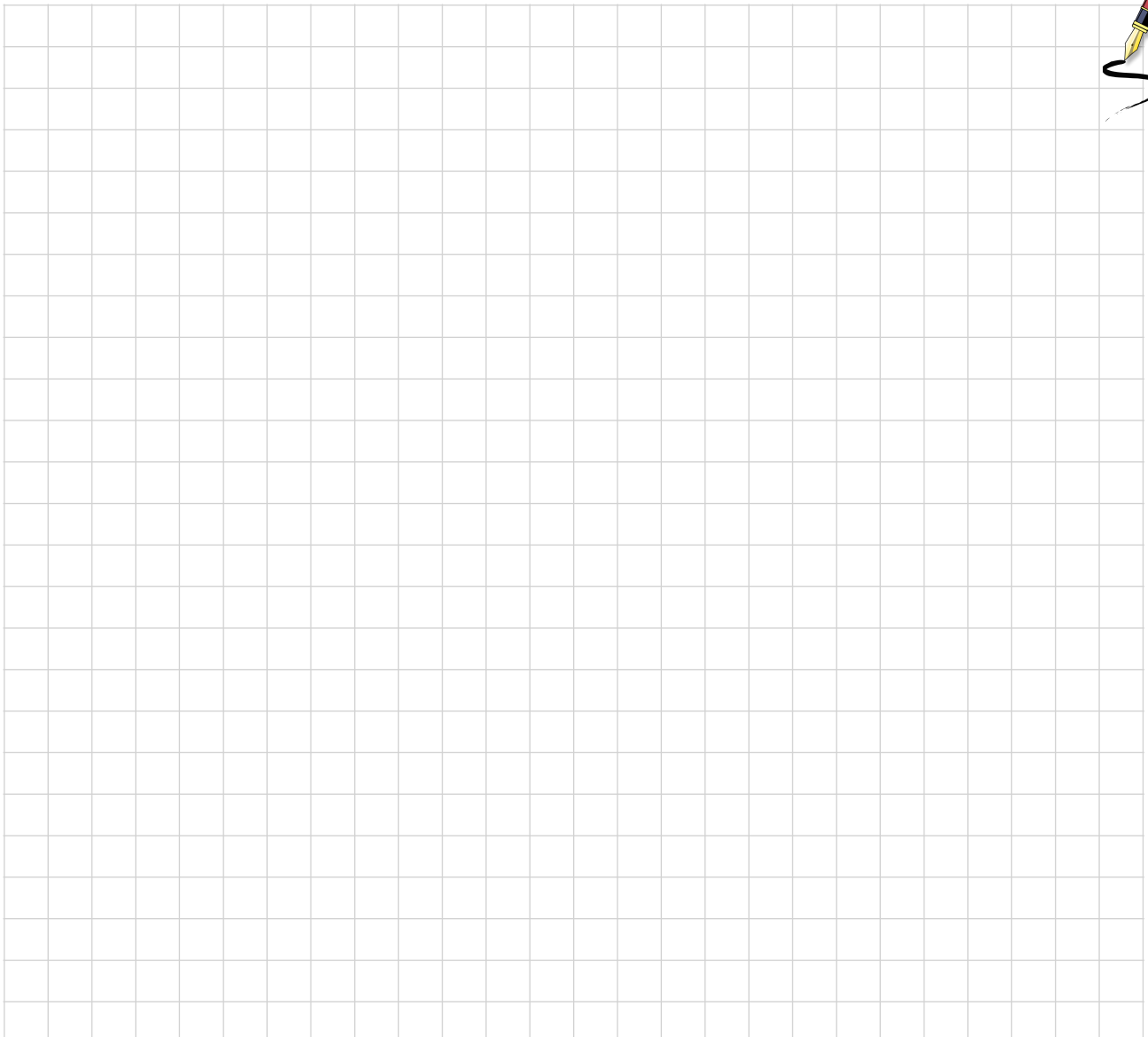
Physikalisch hängt die Bezeichnung „Vorwärtsbewegung“ und „Rückwärtsbewegung“ von der Wahl des Koordinatensystems ab:

Beachte!

- Eine „**Vorwärtsbewegung**“ ist eine Bewegung **in Richtung der Koordinatenachse**
- Eine „**Rückwärtsbewegung**“ ist eine Bewegung **entgegen der Richtung der Koordinatenachse**

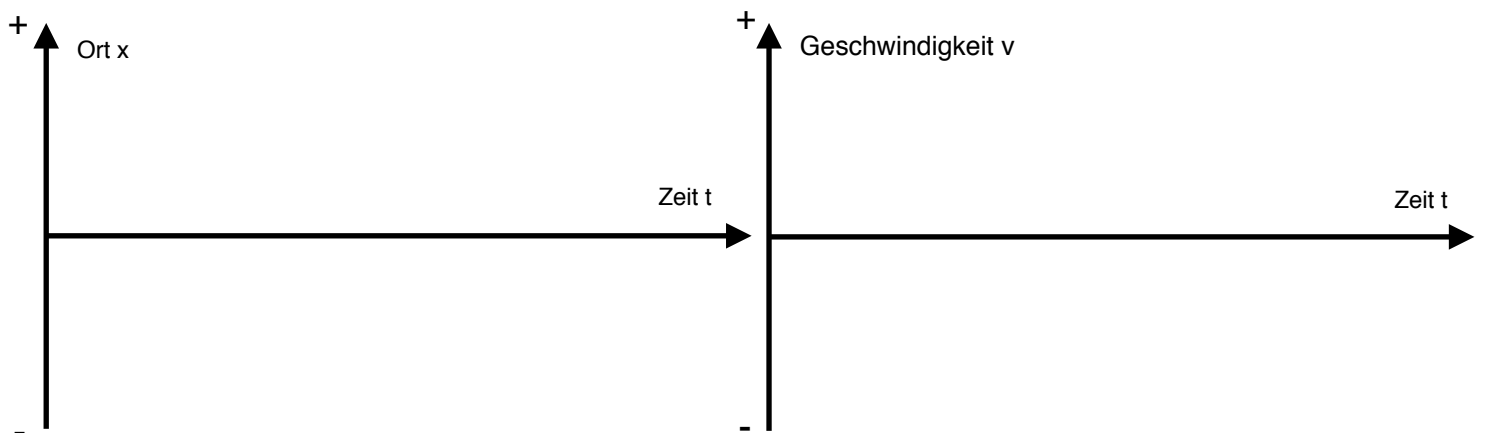
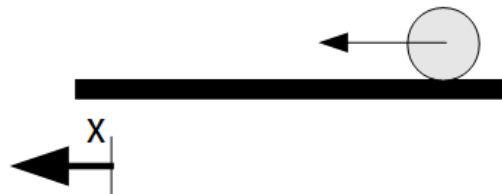
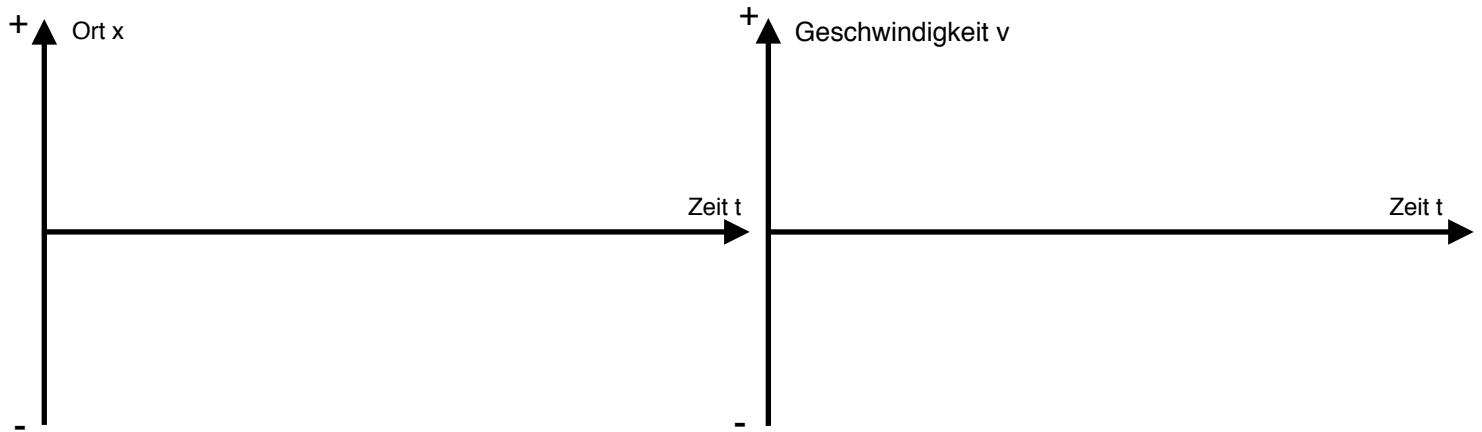
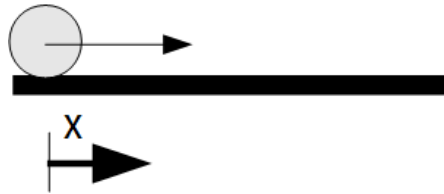
**Frage:**

In Aufgabe 5 hast du durch die Änderung des Koordinatensystems die Bewegung in eine physikalische Vorwärtsbewegung verändert. Wie erkennt man im **Zeit-Ort-Diagramm** (t-x-Diagramm) bzw. im **Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm** (t-v-Diagramm), dass die Kugel sich im physikalischen Sinne vorwärts bewegt?

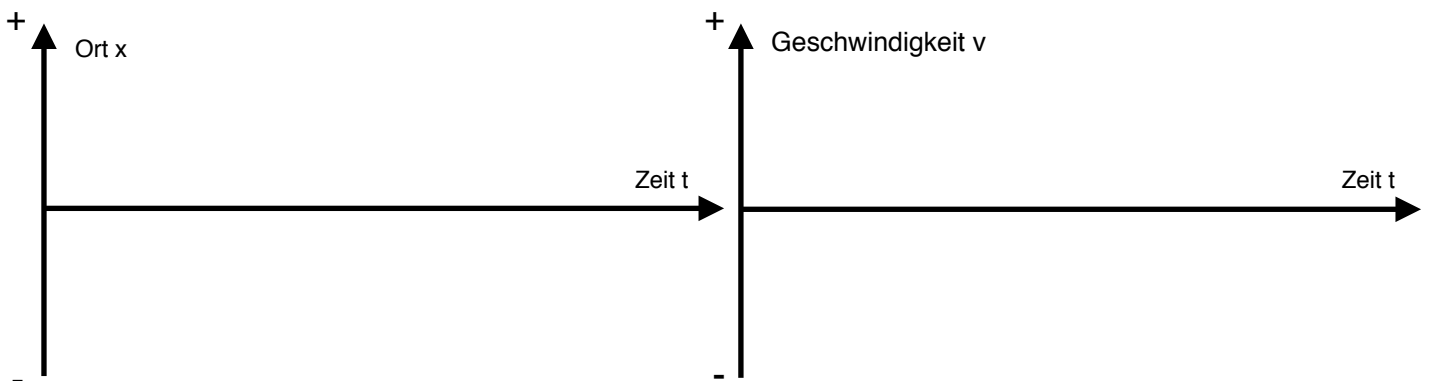
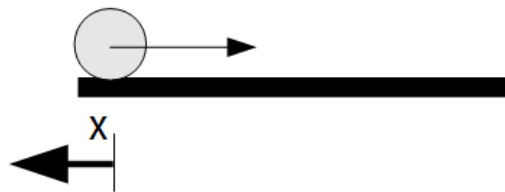
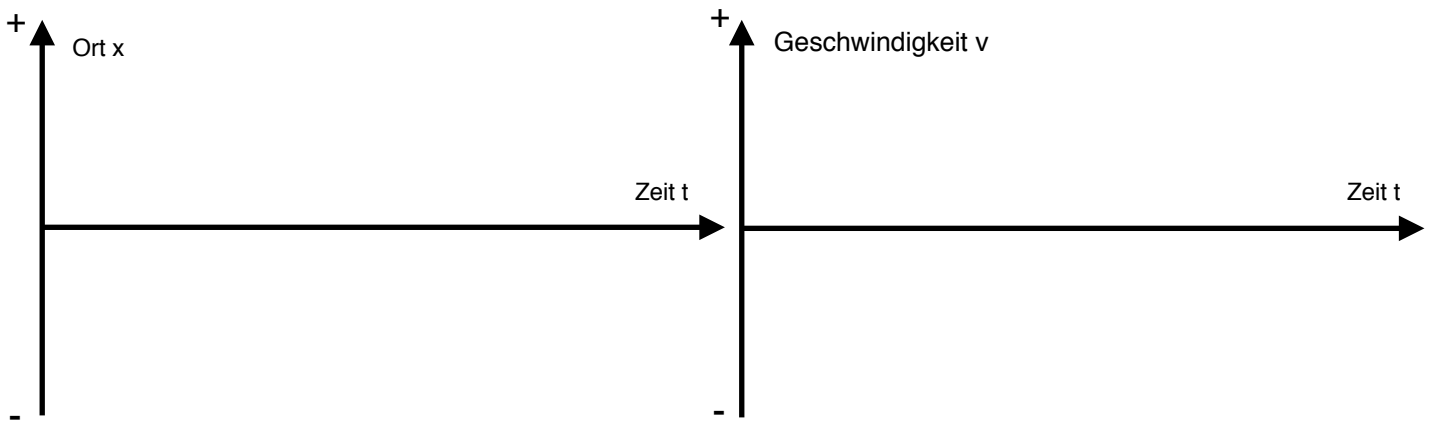
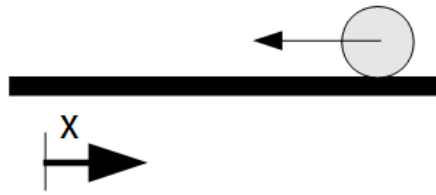


## 6. Zusammenfassung

### 6.1 Vorwärtsbewegung (in Richtung der x-Achse)



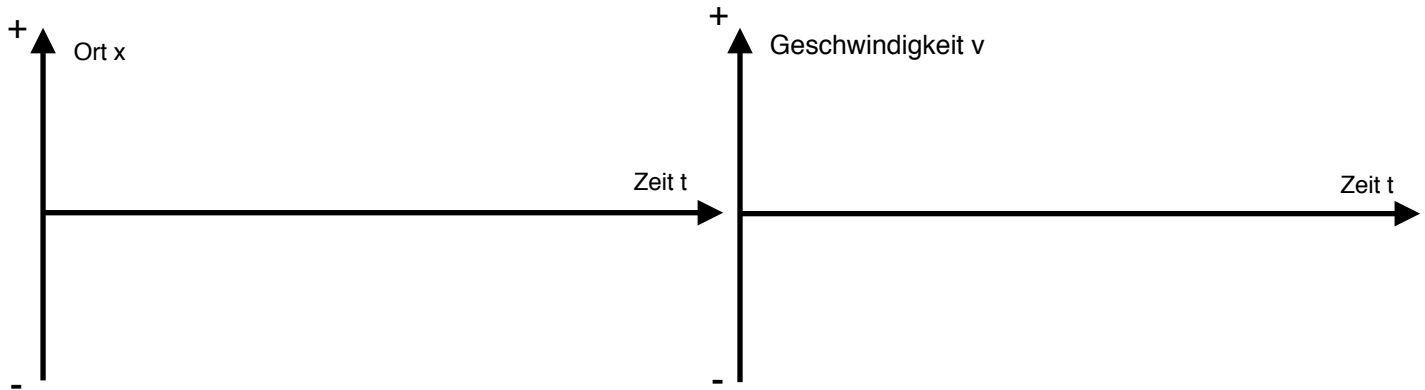
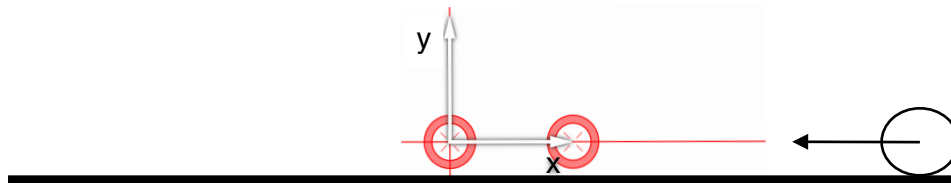
## 6.2 Rückwärtsbewegung (entgegen der Richtung der x-Achse)



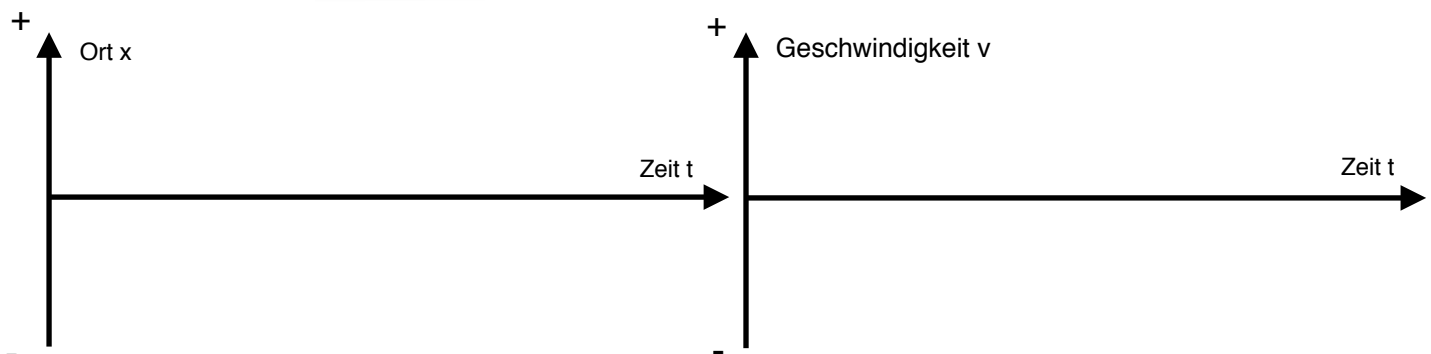
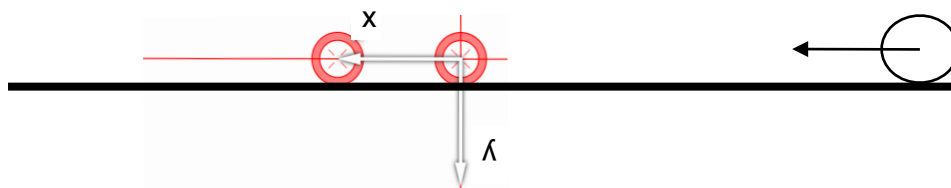
## 7. Vertiefungsaufgabe

Eine Veränderung des Koordinatensystems ändert (obwohl die Bewegung des Objekts gleich bleibt) auch die Bewegungsdiagramme (t-x- und t-v-Diagramm). Skizziere in den folgenden Diagrammen den idealen Verlauf passend zum abgebildeten Koordinatensystem. Kontrolliere anschließend deinen prognostizierten Verlauf mithilfe der App.

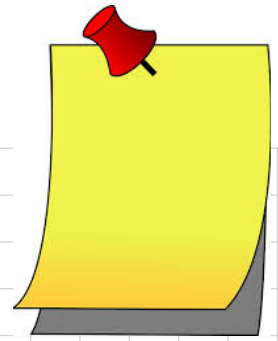
### 7.1



### 7.2







**Eigene Notizen / offene Fragen:**

