

# 01 – Textanalyse

BE

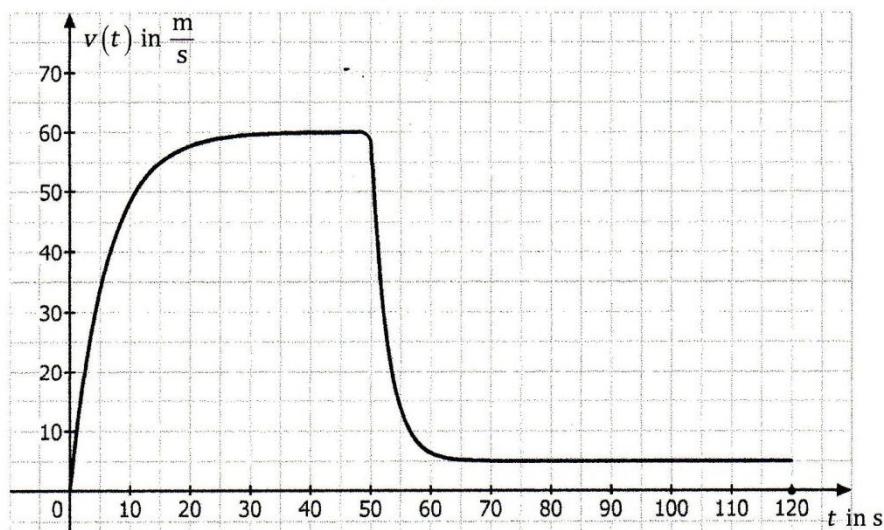
Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

- 1.0 Hinsichtlich eines geeigneten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 
- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



- 5 1.3.1 Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm. Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.

## Aufgabenstellung:

Zuerst einmal Grundsätzliches:  
Lesen Sie diesen Rand-Text durch, bevor Sie anfangen, die Aufgaben zu bearbeiten !

Denn:

Um Sachaufgaben in der Physik korrekt bearbeiten zu können, muss der Aufgabentext richtig und vollständig analysiert und verstanden werden. Das ist ohne Übung und vor allem ohne ausreichende Lesekompetenz nicht möglich.

In dieser Unterrichtseinheit wird Ihnen ein Prüfungstext zum Thema „Bewegungslehre“ nach dem Lehrplan Plus vorgelegt (siehe Text links und folgende Seite).

Unter realen Prüfungsbedingungen müssen Sie diese Aufgabe in etwa 36 Minuten gelesen und gelöst haben.

In dieser Unterrichtseinheit steht Ihnen allerdings deutlich mehr Zeit zur Verfügung, da Sie zum Einüben einer Aufgabentext-Analyse zuerst einmal schrittweise den Text anhand verschiedener Kriterien analysieren sollen. Durch das wiederholte Training solcher Textanalysen sollen Sie für reale Prüfungssituationen die notwendige Routine erwerben, um dann die Prüfung richtig und vollständig meistern zu können.

Arbeiten Sie diesen Aufgabentext mehrmals hintereinander durch, verwenden Sie die Ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel, die in Prüfungen zugelassen sind –

- Formelsammlung,
- Taschenrechner –

# Vorgaben:

**Vorgaben sind numerische bzw. inhaltliche Textbestandteile, die einen fachlichen Inhalt besitzen und zur Lösung der Aufgabe notwendig sind.**  
**Vorgegebene Werte (z.B.  $t_E = 120 \text{ s}$ ) werden auch als Vorgabewerte bezeichnet.**  
**Markieren Sie alle Vorgaben und notieren Sie diese am Rand des Angabenblattes.**

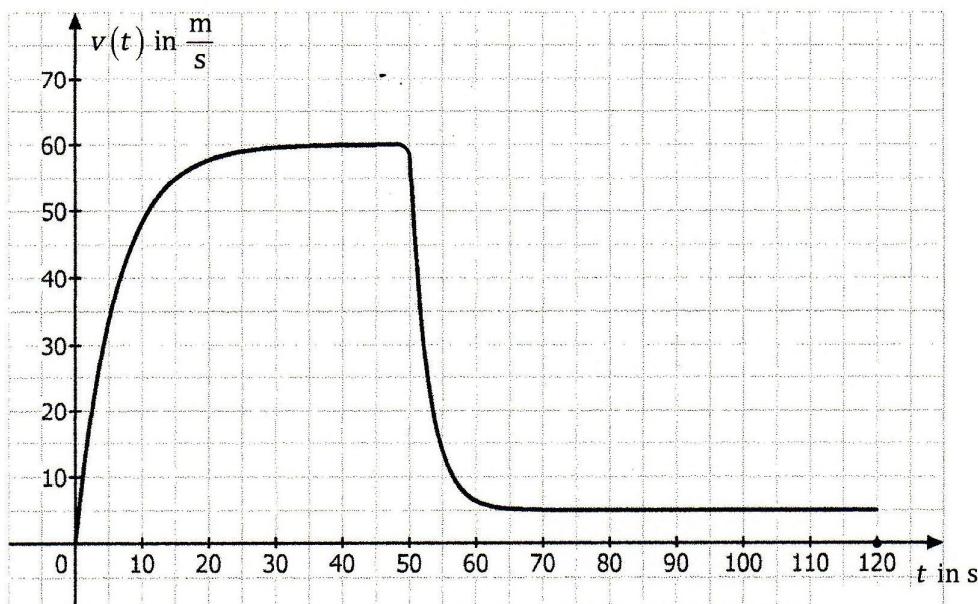
BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

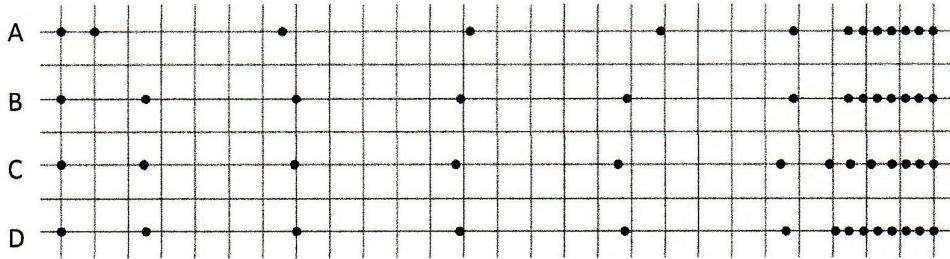
- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

|   |   |     |      |
|---|---|-----|------|
| $t \text{ in s}$                          | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v \text{ in } \frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|   |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 
- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0 \text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0 \text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.
- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120 \text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



- 5 1.3.1 Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung: Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50s \leq t \leq 60s$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 1.3.3 (G) Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 1.3.4 Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

# Sprachliche „Fallen“:

Um die Aufgaben bearbeiten zu können, müssen Sie den Text richtig verstanden haben. Sprachliche „Fallen“ müssen erkannt werden.  
Solche Fallen bestehen beispielsweise aus Konjunktionen (z.B. „und“, „oder“, „sowohl ... als auch“, ...), scheinbar unbedeutende Wörter (z.B. „zunächst“, „weiterhin“, „jeweils“, ...) oder aus Fachausdrücken (z.B. „mittlere Geschwindigkeit“ oder „momentane Beschleunigung“).  
Achten Sie auf sprachliche Fallen, markieren Sie sie und kommentieren Sie diese am Rand des Aufgabenblattes.

BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

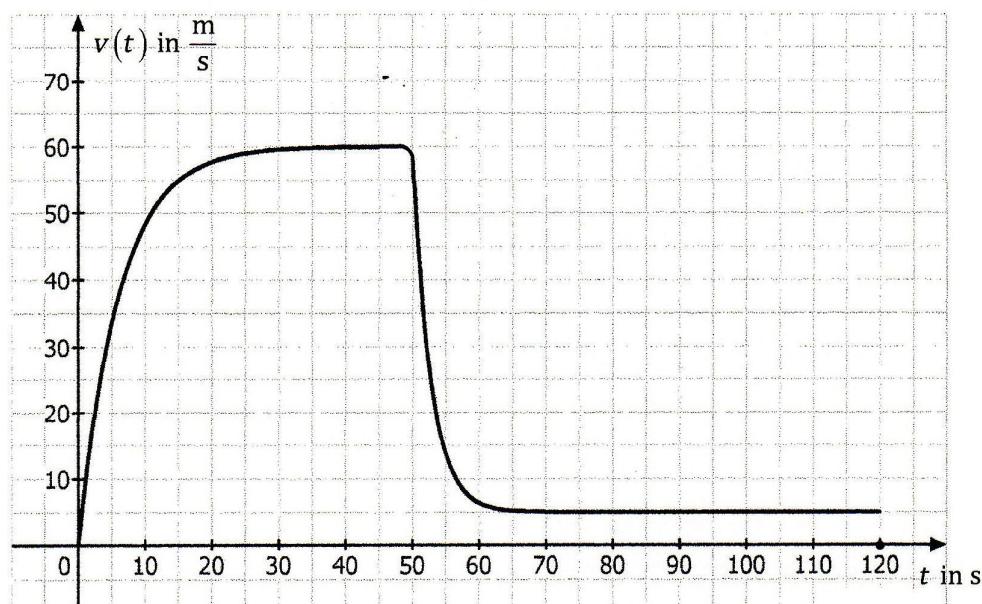
- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

|                                    |   |     |      |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

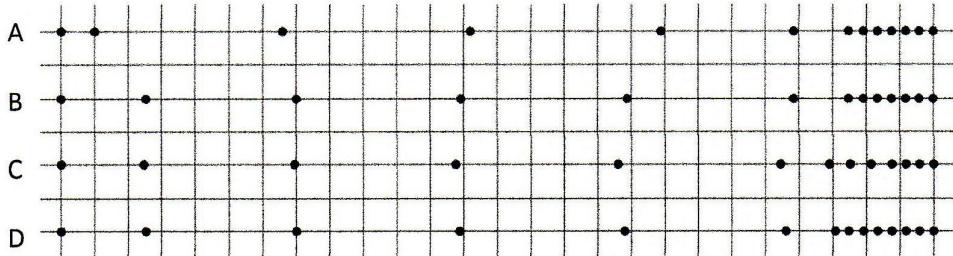
- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:

- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf.  
Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



- 5 1.3.1 Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung: Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

| wahr | falsch |
|------|--------|
|------|--------|

... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu.

... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.

- 1 1.3.3 (G) Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 1.3.4 Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

# Fachbegriffe:

In Physik-Prüfungsaufgaben finden Sie viele Fachbegriffe, die Sie kennen und verstehen müssen. Ohne das entsprechende Fachwissen wird eine richtige Bearbeitung der Aufgaben bereits an der fehlenden Lesekompetenz scheitern. Markieren Sie alle Fachbegriffe und schreiben Sie an den rechten Rand die Bedeutung dieser Worte.

BE

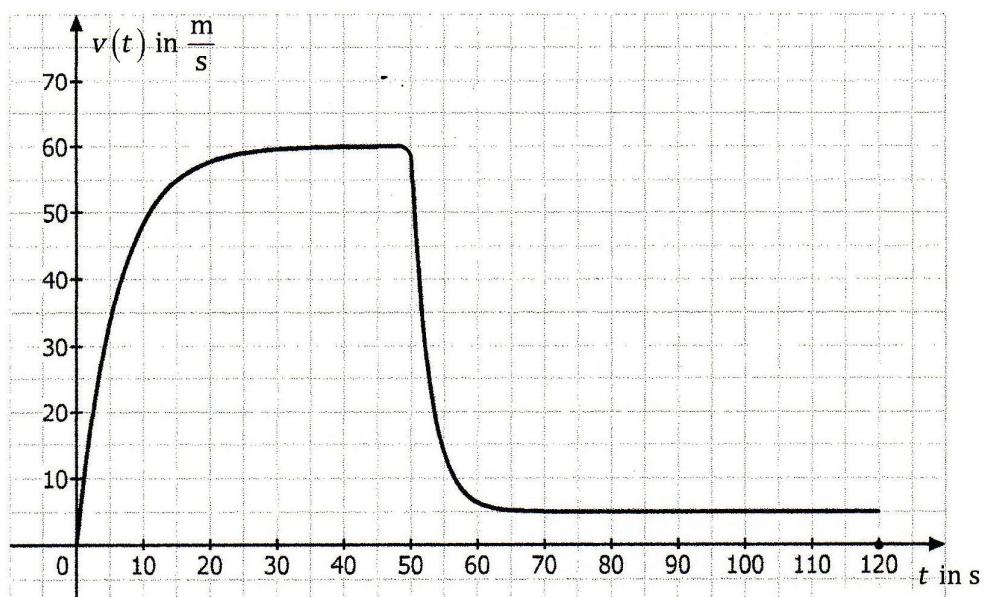
Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

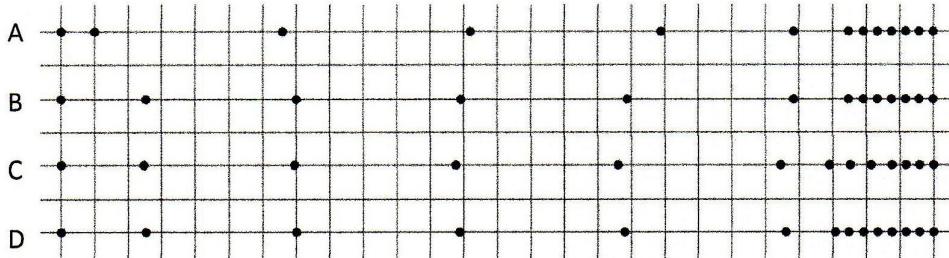
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 
- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf.  
Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



- 5 **1.3.1** Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t - v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 **1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung:** Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 **1.3.3 (G)** Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t - v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 **1.3.4** Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

# Tabellen und Diagramme analysieren

BE

Diagramme und Tabellen spielen in technischen und naturwissenschaftlichen Texten eine wichtige Rolle. Daher müssen Sie diese Textelemente verstehen, wenn Sie einen Prüfungstext bearbeiten.

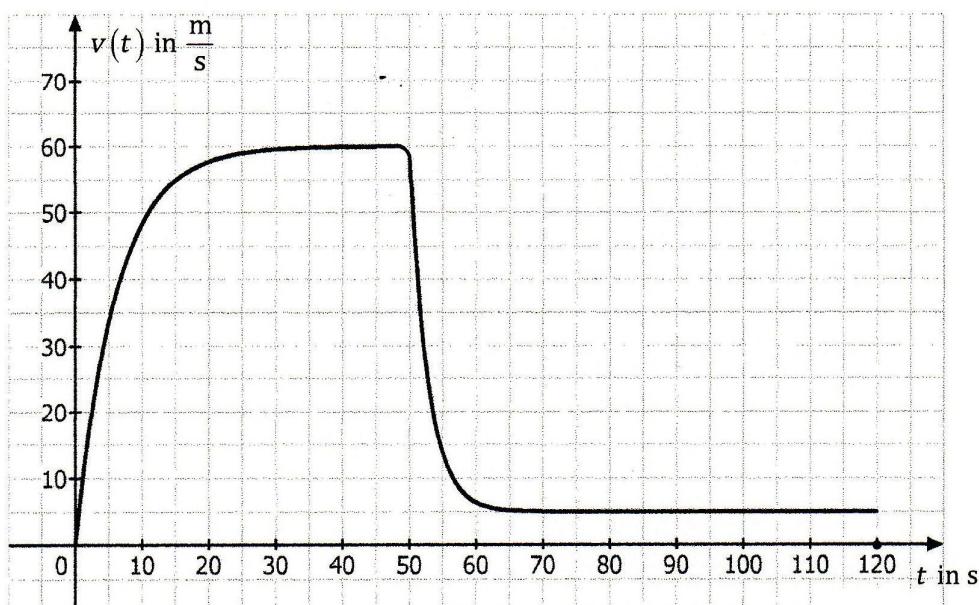
Markieren Sie im Text wichtige Informationen zu Graphiken und Tabellen und ergänzen Sie diese durch Randnotizen.

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

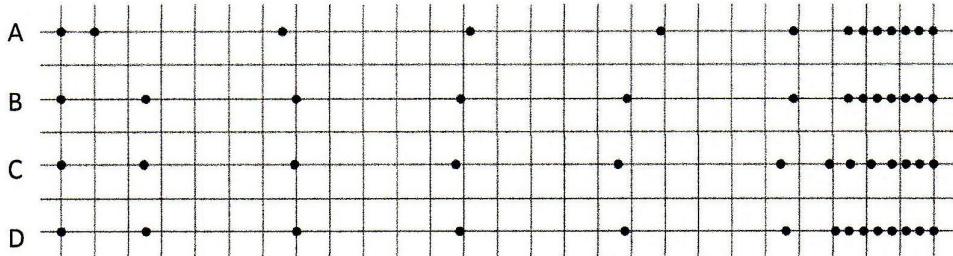
|                                    |   |     |      |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 
- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.
- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



Zwei Seiten weiter ist diese Abbildung vergrößert wiedergegeben.  
Tragen bzw. zeichnen Sie dort alle Informationen ein, die Sie dieser Abbildung entnehmen können.

- 5 1.3.1 Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung: Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

| wahr | falsch |
|------|--------|
|------|--------|

... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu.

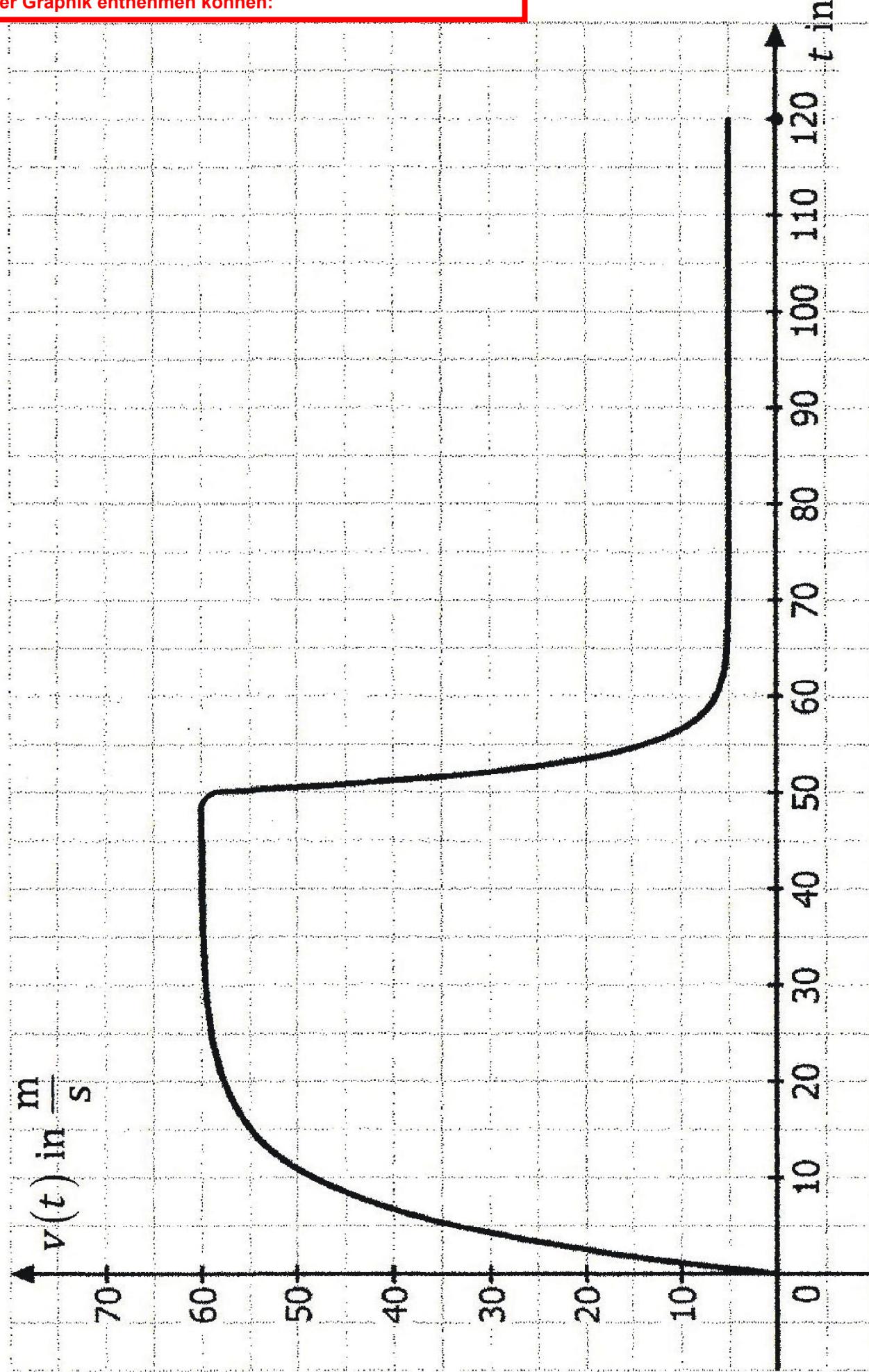
... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.

- 1 1.3.3 (G) Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 1.3.4 Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

Tragen und zeichnen Sie hier alle Informationen ein, die Sie dieser Graphik entnehmen können:



# Operatoren:

Operatoren sind verbindlich festgelegte Arbeitsanweisungen.  
Markieren Sie im Aufgabentext alle Operatoren und  
alle weiteren Arbeitshinweise notieren Sie deren  
Bedeutung!

(Sie haben bereits eine Liste mit Operatoren und deren Bedeutung erhalten.  
Sie dürfen dieses Dokument hier zum Nachschlagen verwenden.)

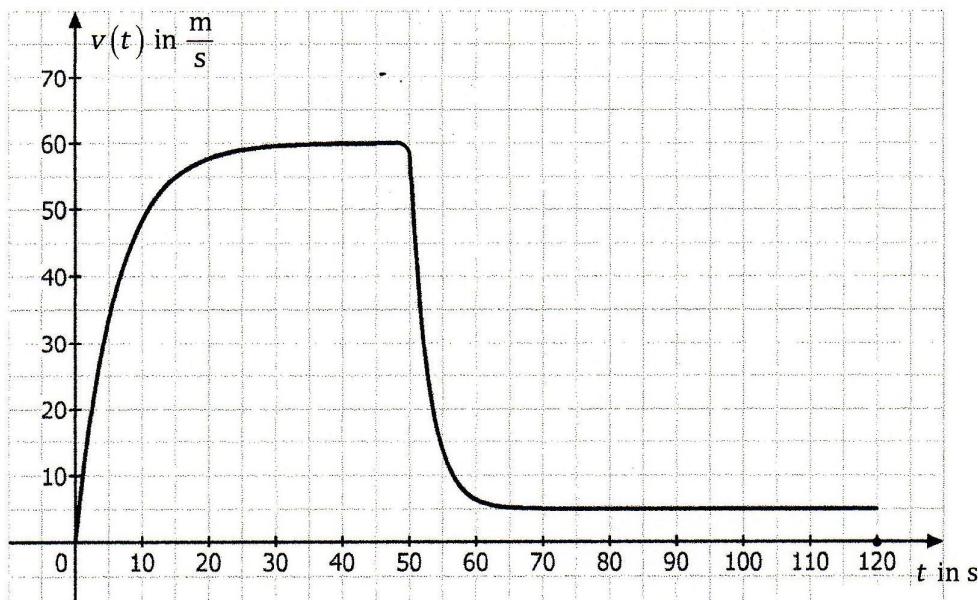
BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

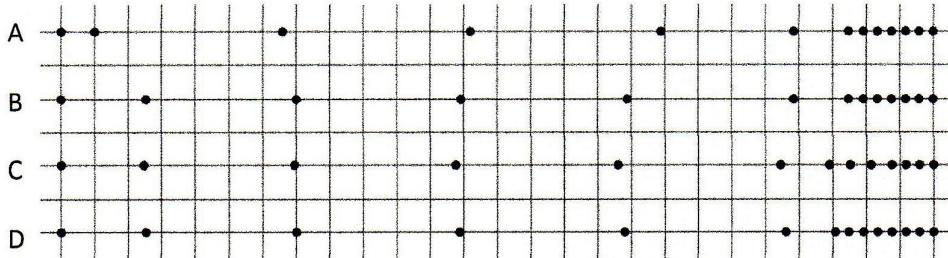
- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 
- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.
- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



- 5 **1.3.1** Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 **1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung:** Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 **1.3.3 (G)** Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 **1.3.4** Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

# Zeitplanung:

Für jede angegebene Bewertungseinheit (BE) stehen durchschnittlich 1,8 Minuten an Bearbeitungszeit zur Verfügung. In der gesamten Aufgabe werden 20 Bewertungseinheiten vergeben, d.h. die gesamte Aufgabe ist in 36 Minuten zu bearbeiten. Schätzen Sie ab, wieviel Zeit Sie pro Teilaufgabe benötigen werden (einschließlich der Zeit, sich in den Text einzuarbeiten):

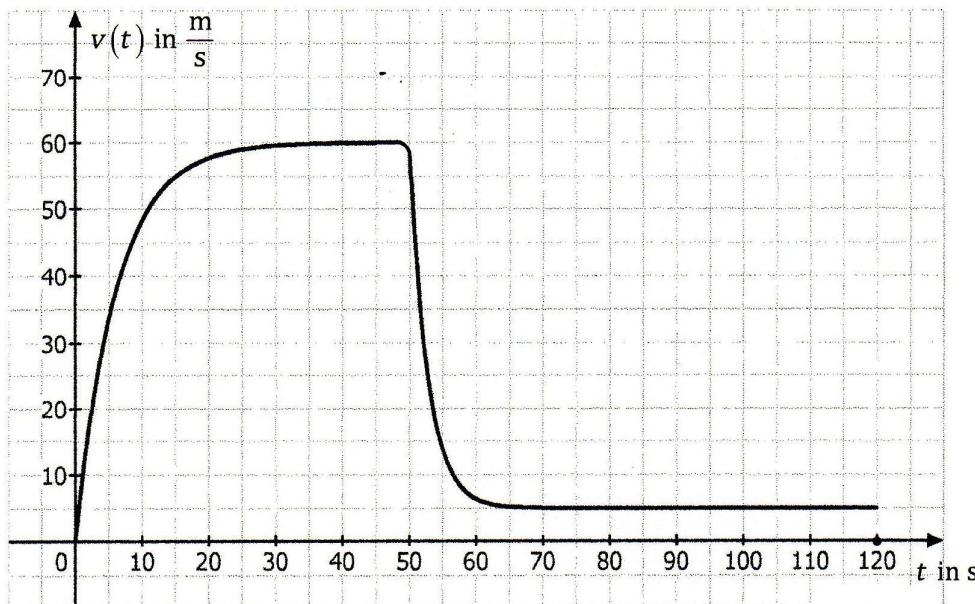
BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

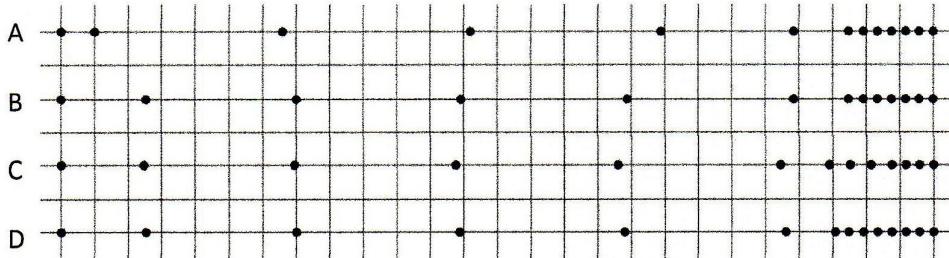
- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

|                                    |   |     |      |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Werte  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 
- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.
- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



- 5 **1.3.1** Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t - v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 **1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung:** Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 **1.3.3 (G)** Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t - v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 **1.3.4** Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

# Lösungshinweise:

Die folgenden Lösungshinweise sind mit den Test-Abschlussprüfungen „mitgeliefert“ worden.

- 2 1.1  $v_{\text{theo}}(t) = g \cdot t$  (Bezugssystem nach unten orientiert)

|  |   |     |      |
|--|---|-----|------|
| $t$ in s   | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$               | 0 | 9,1 | 16,8 |
| $v_{\text{theo}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,8 | 20   |

4 1.2  $\bar{a}_1 = \frac{9,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,0 \text{s}} = 9,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $\bar{a}_2 = \frac{16,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,0 \text{s}} = 8,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Der Betrag der mittleren Beschleunigung nimmt mit zunehmender Falldauer ab, weil au den Springer neben der Gravitationskraft eine offensichtlich mit zunehmendem Geschwindigkeitsbetrag zunehmende Luftwiderstandskraft entgegen der Flugrichtung wirkt. Somit wird die resultierende beschleunigende Kraft und damit auch die Beschleunigung, die der Springer erfährt, zunächst betragsmäßig kleiner.

- 5 1.3.1 Bild A scheidet aus, weil darin für  $10 \text{s} \leq t \leq 20 \text{s}$  der zurückgelegte Weg mehr als viermal so lang ist wie für  $0 \leq t \leq 10 \text{s}$ , was auf eine überproportionale Zunahme des Geschwindigkeitsbetrags mit der Zeit hindeutet. Das passt nicht zum  $t$ - $v$ -Diagramm, nach dem der Geschwindigkeitsbetrug für  $0 \leq t \leq 20 \text{s}$  „weniger“ als linear zunimmt.  
 Bild C scheidet aus, weil darin für  $t > 70 \text{s}$  der zurückgelegte Weg je zehn Sekunden Flugdauer nicht konstant ist. Das deutet auf eine Änderung des Geschwindigkeitsbetrags für  $t > 70 \text{s}$  hin. Das passt jedoch nicht zum  $t$ - $v$ -Diagramm, nach dem der Geschwindigkeitsbetrug für  $t > 70 \text{s}$  konstant bleibt.  
 Bild D scheidet aus, weil danach der Sprung 130 Sekunden dauern müsste, was laut dem  $t$ - $v$ -Diagramm nicht der Fall ist.

- 3 1.3.2  ... beträgt ca. 5,3 m/s.  ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.

- ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.  ... beträgt mindestens 22 m/s.

Im Zeitintervall  $50 \text{s} \leq t \leq 60 \text{s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      | X      |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             | X    |        |

- 1 1.3.3  $t_1 \approx 50 \text{s}$

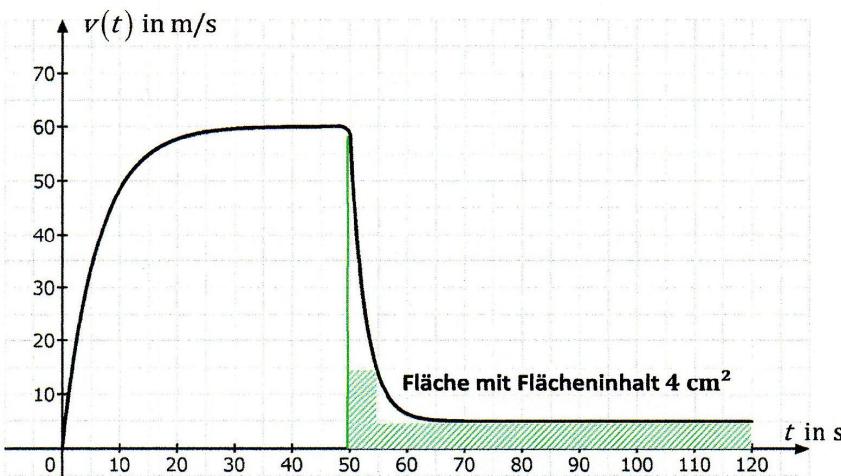
- 5 1.3.4

Es gilt:  $\Delta s = \int_{t_0}^{t_E} v(t) dt$  und  $1 \text{cm}^2 \triangleq 100 \text{m}^2$ .

„ $\Delta s = \dots$ “ steht für eine mathematische „Methode“ (Integralrechnung), mit der Sie hier die Fläche unter dem Graphen der Geschwindigkeitsfunktion  $v(t)$  zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  berechnen können.  $\Delta s$  ist somit die im Zeitraum zwischen  $t_1$  und  $t_2$  zurückgelegte Strecke. Diese Fläche können Sie hier auch abschätzen. In der 12. Klasse werden Sie mit der Integralrechnung vertraut gemacht.

Somit lässt sich leicht durch Abzählen herausfinden, dass der zurückgelegte Weg des Springers ab dem Zeitpunkt der Öffnung des Schirms ( $t_0 \approx 48 \text{s}$ ) bis zur Landung ( $t_E \approx 120 \text{s}$ ) sicher größer als 400 m ist. Der Springer hat den Schirm also selbst geöffnet.

Abschätzung im Diagramm aus 1.3.0:



# Vorgaben: Lösungsvorschläge zur Textanalyse der Aufgaben

BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

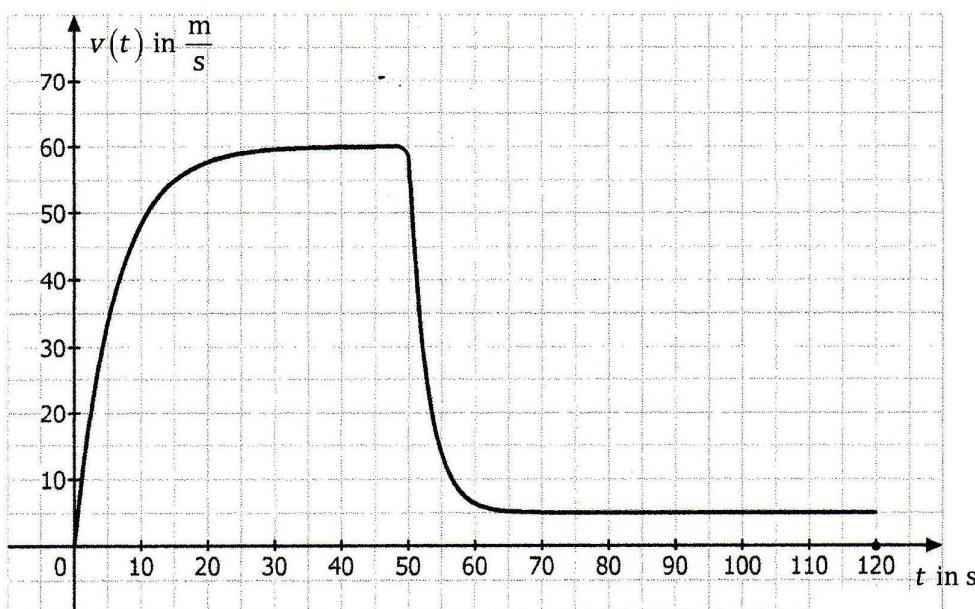
- 1.0** Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

|                                    |   |     |      |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1** (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Werte  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 

- 4 1.2** Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0 \text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0 \text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

- 1.3.0** Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120 \text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



Notieren Sie sich von Anfang an, mit wievielen signifikanten Stellen Sie die Endergebnisse angeben müssen.

Beginn der Bewegung zum Zeitpunkt  $t=0$

Vertikale Linie:  
Freier Fall senkrecht nach unten.

2 signifikante Stellen

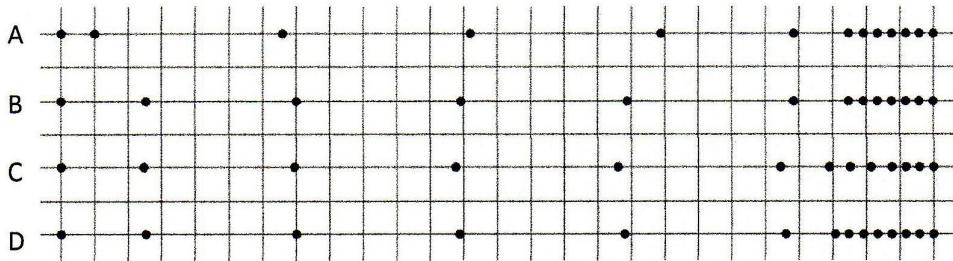
$v = \Delta s / \Delta t$  mit  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$

$0 \leq t \leq 1,0 \text{ s}$   
und  
 $0 \leq t \leq 2,0 \text{ s}$   
Unterschiedliche Zeitintervalle zur Berechnung der mittleren Beschleunigungen

Bewegungsablauf zum Zeitpunkt  $t=120 \text{ s}$  abgeschlossen.

A

- 5 1.3.1 Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



**Stroboskopische Aufnahme:**  
**Dauer**  
 **$\Delta t = 10 \text{ s}$**   
**zwischen zwei aufeinander folgenden Aufnahmen.**

**13 Aufnahmen**

**13 Aufnahmen**

**13 Aufnahmen**

**14 Aufnahmen**

- 3 1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung: Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50 \text{ s} \leq t \leq 60 \text{ s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 1.3.3 (G) Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\quad}$$

- 5 1.3.4 Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

**400 m:**  
**Mindesthöhe**  
**für Fall ohne**  
**Notfallautomatik**

**Die Endergebnisse**  
**der einzelnen Teilaufgaben sind mit**  
**2 signifikanten**  
**Stellen**  
**anzugeben**

# Sprachliche „Fallen“:

BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

- 1.0 Hinsichtlich eines geeigneten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

|                                    |   |     |      |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

Der gesamte Bewegungsablauf wird aus Sicht des Hubschraubers betrachtet.

Springer fällt senkrecht nach unten.

Kamera im Koordinatensystem ruhend.

Bewegung in Luft  
↑  
Bewegung in Vakuum

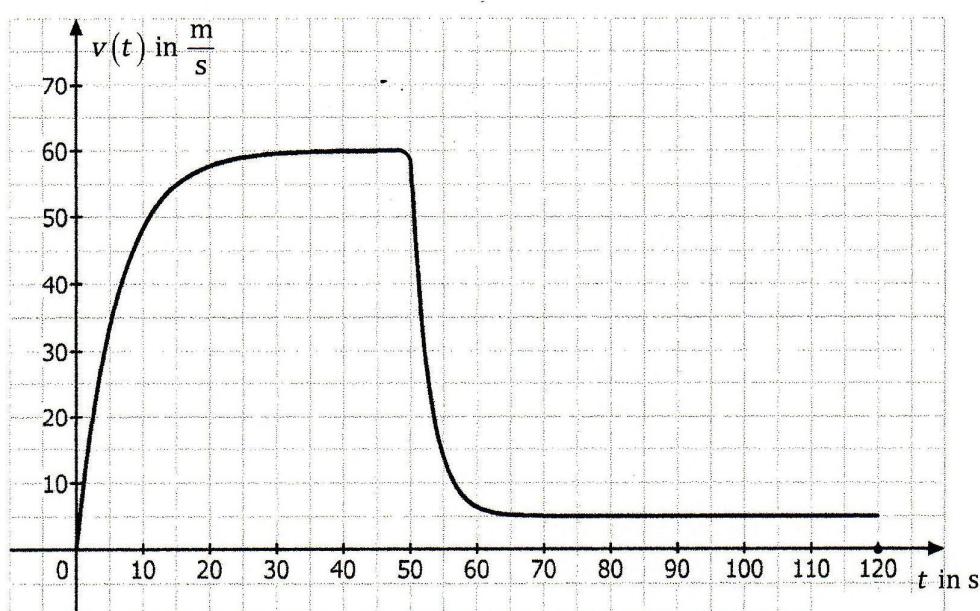
Tatsächliche Beschleunigung

Leicht idealisiert:  
Es wird davon ausgegangen, dass das  $t$ - $v$ -Diagramm tatsächlich so ist wie hier abgebildet.

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Werte  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:

- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

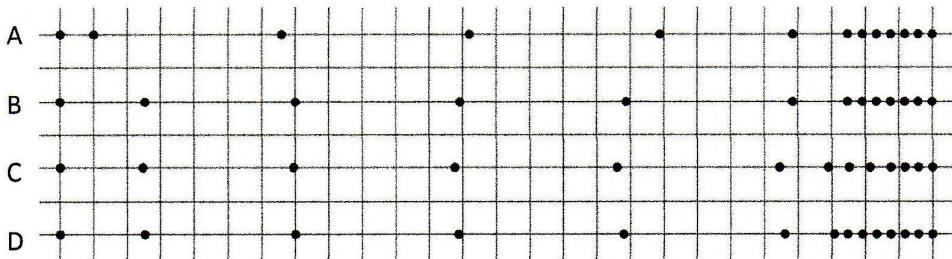
- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



**ACHTUNG –  
Mehrere  
Sprachfallen!**

Weiteres siehe  
↓Operatoren.

- 5 **1.3.1** Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an,  
warum diese auszuschließen sind.



- 3 **1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung:** Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

| wahr | falsch |
|------|--------|
|      |        |
|      |        |

... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu.

... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.

- 1 **1.3.3 (G)** Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

**Möglichst exakt:  
So genau wie es  
geht.**

- 5 **1.3.4** Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

**Zuerst  
Diagramm  
analysieren,  
erst dann  
Aussage zur  
Abschätzung  
formulieren.**

# Fachbegriffe:

BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:
- 
- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0 \text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0 \text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120 \text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



**Geeignetes Bezugssystem:**  
Bezugssystem, in dem ein Bewegungsablauf möglichst einfach zu beschreiben ist. In diesem Fall wird das Bezugssystem so gewählt, dass der Fallschirmspringer längs einer vertikalen Geraden senkrecht nach unten fällt.

**Momentangeschwindigkeit:**  
Im  $t$ - $v$ -Diagramm der Ordinatenwert eines Punktes auf der Geschwindigkeitskurve  $v=v(t)$  zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$ .

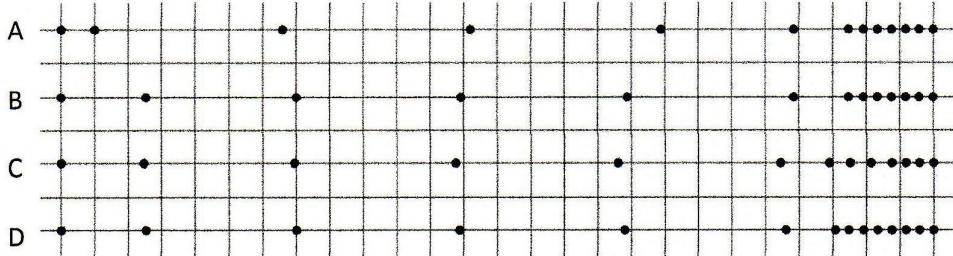
**Mittlere Beschleunigung:**  
Als konstant angenommene Beschleunigung, die ein Körper braucht, um während einer Dauer  $\Delta t$  die Geschwindigkeit um  $\Delta v$  zu verändern.  
Es gilt:  
 $a_{\text{mittel}} = \Delta v : \Delta t$ .

**Fachsprache !**  
Der korrekte Einsatz der Fachsprache ist immer erforderlich.  
Bei mangelhaften oder fehlendem Einsatz können Bewertungseinheiten abgezogen werden.

**$t$ - $v$ -Diagramm:**  
Graphische Darstellung der Geschwindigkeit  $v=v(t)$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$ .  
**Hinweis für FOS-12:** Weiter unten lernen Sie, wie man den Graphen von  $v(t)$  mathematisch modellieren kann.

**Stroboskop-Aufnahme:**  
**Wiederholte Blitzlicht-Aufnahme eines bewegten Körpers.**

- 5 **1.3.1** Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 **1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung:** Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

**Betrag einer Durchschnittsgeschwindigkeit:**  
**Gedachte konstante Geschwindigkeit (ohne Richtungsangabe und Vorzeichen), mit der ein Körper sich bewegt, um während einer Dauer  $\Delta t$  den Ortspunkt um die Strecke  $\Delta s$  zu verändern. Es gilt:  $v_{\text{mittel}} = \Delta s : \Delta t$ .**

- 1 **1.3.3 (G)** Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

**Zeitpunkt:**  
**Klar bestimmte (definierte) Zeit.**

- 5 **1.3.4** Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

# Tabellen und Diagramme analysieren

BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

- 1.0 Hinsichtlich eines geeigneten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

|                                    |   |     |      |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

Tabelle, in der zu den Zeitpunkten  $t=0\text{ s}$ ,  $1,0\text{ s}$  und  $2,0\text{ s}$  die jeweils momentane Geschwindigkeit angegeben wird.  
Die dritte Zeile ist leer und muss im Rahmen einer der folgenden Teilaufgaben gefüllt werden.

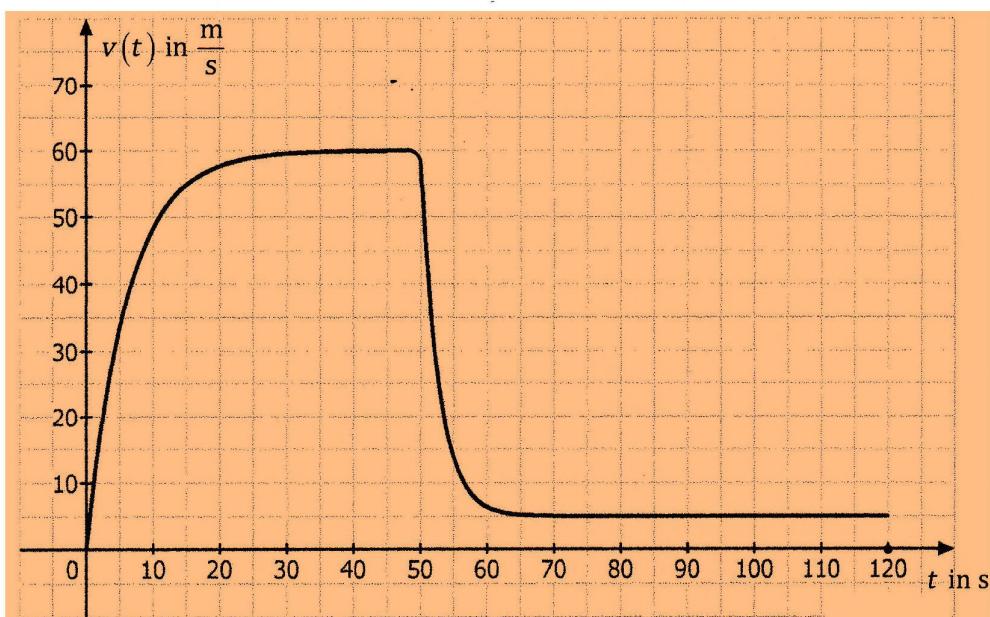
- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Werte  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:

\_\_\_\_\_

- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

Mit dem Aufsetzen des Fallschirmspringers auf den Boden zum Zeitpunkt  $t_E = 120\text{ s}$  endet die beobachtete Bewegung d.h.  $\Delta = [0 \mid 120\text{ s}]$

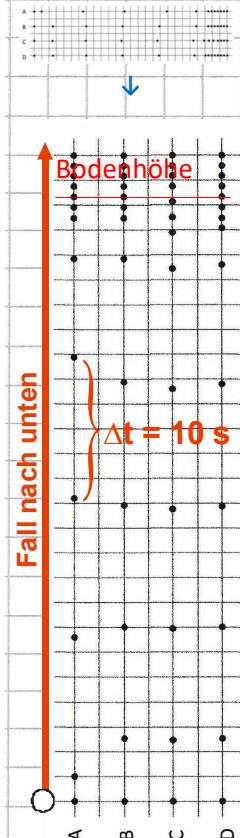
- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf.  
Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



Achtung: Die v-Achse (Ordinate) dieses t-v-Diagramms ist zwar nach oben gerichtet, die Bewegung des Fallschirmspringers verläuft aber nach unten!

**Weiteres zum t-v-Diagramm siehe zwei Seiten weiter: Dort sollen Sie alle Informationen aufschreiben oder einzeichnen, die Sie diesem t-v-Diagramm entnehmen können.**

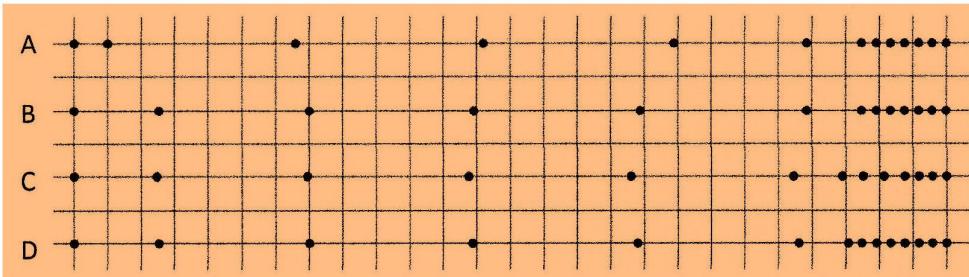
„Zurück“-Drehen  
der Graphik um  
 $90^\circ$  gegen den  
Uhrzeigersinn:



Die Ortskoordinate ist nicht skaliert!

Tabelle für Ergebnisse zu Teilaufgabe 1.3.2

- 5 1.3.1 Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm. Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung: Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

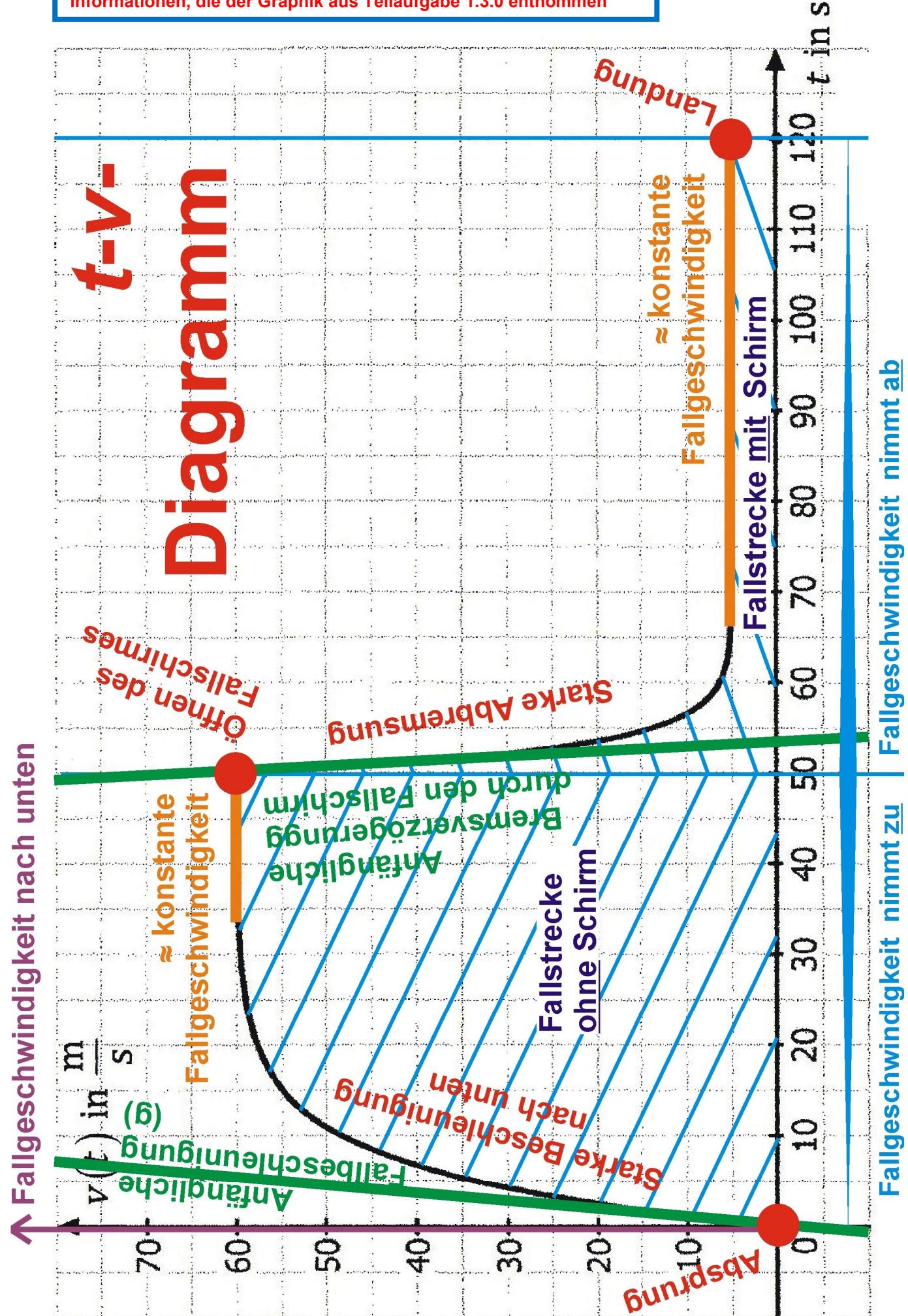
| Im Zeitintervall $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$ ...               | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 1.3.3 (G) Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 1.3.4 Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

**Informationen, die der Graphik aus Teilaufgabe 1.3.0 entnommen**



# Operatoren:

BE

Ist eine Aufgabenstellung mit **(G)** gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

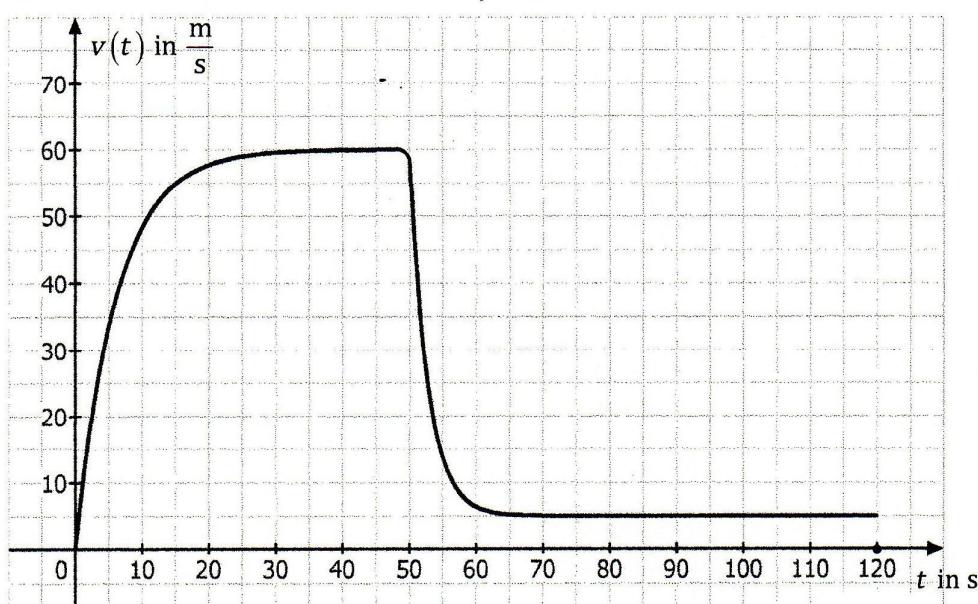
- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 **(G)** Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Beträge  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:

- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



Achtung!  
**G**-Aufgabe

Bei einem **(G)** vor der Teilaufgabe sind die Lösungen direkt in das Geheft einzutragen. Zwischenrechnungen oder Notizen hierzu kommen auf den karierten Arbeitsbogen (mit Hinweis auf die Teilaufgaben-Nummer) oder auf das Konzeptpapier.

Eintragen:  
Ohne weitere Begründung etwas an eine vorgesehene Stelle schreiben.

Begründen:  
Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen.

Bestimmen:  
Einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren.

Angeben:  
Objekte, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne nähere Erläuterungen, Begründungen und ohne Darstellung von Lösungsansätzen oder Lösungswegen aufzählen.

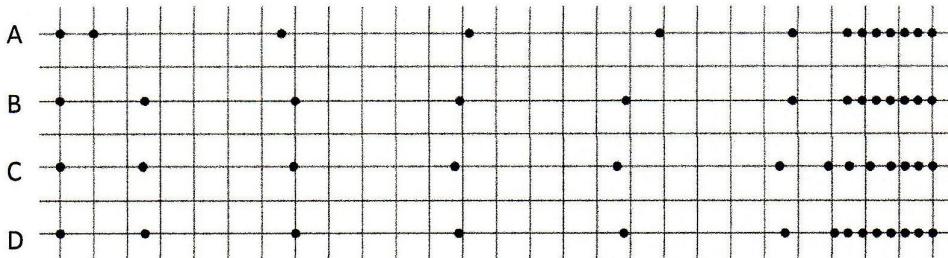
**ACHTUNG – Sprachfallen!**

„Geben Sie ... ein Argument ... an“:  
Gemeint ist:  
„Argumentieren Sie ...“!  
Hier darf nicht nur ein „Richtig“ oder „Falsch“ stehen!

... jeweils ...:  
Drei Ausschluss-Kriterien sind gefragt!

**Wichtig:**  
Schreiben Sie hier als Ergebnis auch auf, welche Stroboskopaufnahme richtig ist.

- 5 **1.3.1** Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 **1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung:** Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

- a) **Kennzeichnen Sie** die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

- b) **Kennzeichnen Sie**, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 **1.3.3 (G)** Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 **1.3.4** Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

**Kennzeichnen:**  
Ohne weitere Begründung etwas hervorheben.

**Angeben:**  
↑siehe oben: Nur den Wert angeben (ohne Begründung).

**Entscheiden:**  
Sich bei Alternativen eindeutig und begründet auf eine Möglichkeit festlegen.

**Abschätzen:**  
Durch begründete Überlegungen Größenordnungen physikalischer Größen angeben.

# Zeitplanung:

BE

Ist eine Aufgabenstellung mit (G) gekennzeichnet, ist die Bearbeitung/die Lösung dieser Aufgabe direkt in das vorliegende Geheft einzutragen.

- 1.0 Hinsichtlich eines geeignet gewählten Bezugssystems ruht ein sich in der Luft befindender Hubschrauber. Ein Fallschirmspringer beginnt ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  einen freien Fall aus diesem Hubschrauber. Der Springer fällt längs einer vertikalen Geraden. Der Fallschirm bleibt bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geschlossen. Der Vorgang wird mit einer Videokamera gefilmt. Bei der anschließenden Analyse dieses Videos wird ab dem Zeitpunkt  $t = 0$  der Betrag  $v$  der Momentangeschwindigkeit des Springers mit  $\Delta t = 1,0\text{ s}$  bestimmt. Für die ersten zwei Sekunden nach dem Beginn der Fallbewegung ergibt sich folgende Wertetabelle:

|                                    |   |     |      |
|------------------------------------|---|-----|------|
| $t$ in s                           | 0 | 1,0 | 2,0  |
| $v$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ | 0 | 9,1 | 16,8 |
|                                    |   |     |      |

- 2 1.1 (G) Tragen Sie in der dritten Zeile der Wertetabelle aus 1.0 die Werte  $v_{\text{theo}}$  der Geschwindigkeit ein, die der Springer bei einem vergleichbaren freien Fall im Vakuum hätte. Begründen Sie Ihre Vorgehensweise durch Angabe der verwendeten Formel zur Berechnung der Werte:

**ca. 3½ Minuten**

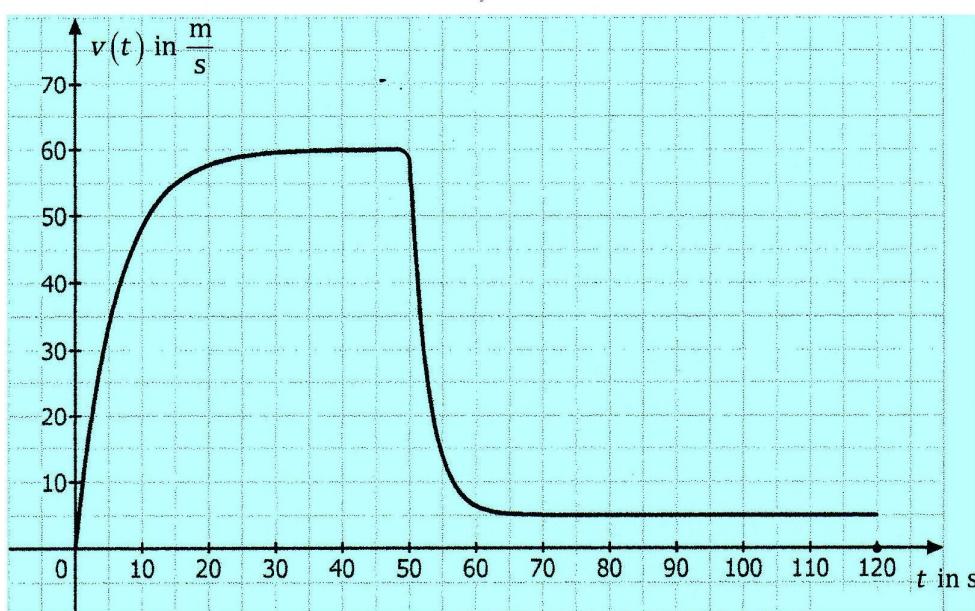
**Teilaufgabe 1.1**  
lässt sich schneller  
lösen. Hier können  
Sie eventuell eine  
Minute sparen.

- 4 1.2 Bestimmen Sie anhand der Wertetabelle aus 1.0 jeweils die mittlere Beschleunigung, die der Springer in den Zeitintervallen  $0 \leq t \leq 1,0\text{ s}$  und  $0 \leq t \leq 2,0\text{ s}$  tatsächlich erfährt. Geben Sie eine sinnvolle Erklärung unter Verwendung geeigneter physikalischer Fachsprache dafür an, dass die beiden Werte nicht gleich sind.

**ca. 7 Minuten**

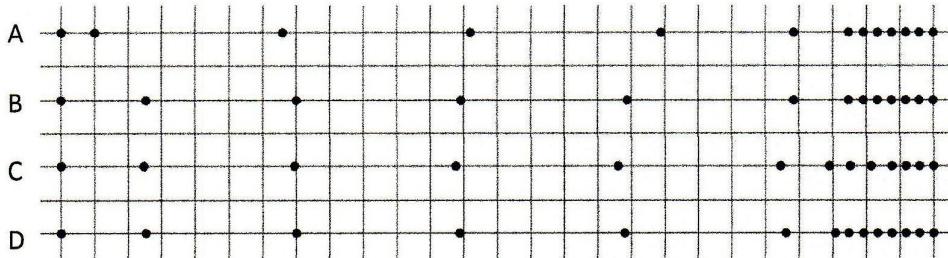
**Teilaufgabe 1.2**  
lässt sich schneller  
lösen. Hier können  
Sie eventuell eine  
oder zwei Minuten  
sparen.

- 1.3.0 Leicht idealisiert ergibt sich für den zeitlichen Verlauf des Betrags  $v(t)$  der Momentangeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung das folgende  $t$ - $v$ -Diagramm. Bei  $t_E = 120\text{ s}$  setzt der Springer auf dem Boden auf. Die folgenden Aufgaben unter 1.3.0 beziehen sich auf dieses  $t$ - $v$ -Diagramm!



**Achtung !**  
Um dieses  $t$ - $v$ -  
Diagramm zu  
verstehen,  
brauchen Sie  
etwas Zeit – und  
vor allem Routine.

- 5 1.3.1 Gegeben sind vier Stroboskopaufnahmen des Fallschirmsprungs. Die momentane Position des Schwerpunkts des Springers ist hier jeweils als Punkt dargestellt. Die Stroboskopbilder wurden um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei im zeitlichen Abstand von 10 Sekunden. Genau eine dieser Stroboskopaufnahmen gehört zum oben gegebenen  $t$ - $v$ -Diagramm.  
Geben Sie für die drei nicht passenden Stroboskopaufnahmen jeweils ein Argument an, warum diese auszuschließen sind.



- 3 1.3.2 (G) Hinweis zur Bewertung: Sie starten mit 3 Bewertungseinheiten. Für jede fehlerhafte Kennzeichnung wird Ihnen 1 BE abgezogen. Dies geschieht ebenso, wenn Sie sich überhaupt nicht zu einer Aussage äußern.

a) Kennzeichnen Sie die richtige Aussage:

Der Betrag der Durchschnittsgeschwindigkeit des Springers für die gesamte Fallbewegung ...

- ... beträgt ca. 5,3 m/s.     ... liegt zwischen 6 m/s und 15 m/s.  
 ... liegt zwischen 15 m/s und 22 m/s.     ... beträgt mindestens 22 m/s.

b) Kennzeichnen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Im Zeitintervall  $50\text{s} \leq t \leq 60\text{s}$  ...

|  | wahr | falsch |
|--|------|--------|
| ... nimmt der Betrag der Beschleunigung, die der Springer erfährt, zu. |      |        |
| ... nimmt der Betrag der Geschwindigkeit des Springers ab.             |      |        |

- 1 1.3.3 (G) Geben Sie möglichst exakt den Zeitpunkt  $t_1$  an, zu dem, laut  $t$ - $v$ -Diagramm, der Springer am stärksten abgebremst wird.

$$t_1 \approx \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5 1.3.4 Aus Sicherheitsgründen soll bei Trainingssprüngen der Fallschirm in einer Höhe von mindestens 400 m über dem Erdboden geöffnet werden. Ansonsten öffnet der Schirm per Notfallautomatik. Entscheiden Sie mittels einer nachvollziehbaren Abschätzung mithilfe des Diagramms aus 1.3.0, ob der Springer selbst oder die Notfallautomatik den Schirm geöffnet hat.

ca. 9 Minuten

Achtung!  
Um dieses Diagramm zu verstehen, brauchen Sie ebenfalls etwas Zeit – und auch Routine!

ca. 5½ Minuten

knapp 2 Minuten  
Diese Aufgabe lässt sich allerdings in einer halben Minute lösen.

ca. 9 Minuten

Insgesamt ca.  
36 Minuten

Ende ML  
Textanalyse