

Inhaltsverzeichnis

CAD im Physikunterricht	2
Einsatz im Theorieunterricht	2
Einsatz im Physiklabor	2
Für CAD geeignete Themen	2
Beispiele aus dem Unterricht	2

CAD im Physikunterricht

Traditionell werden CAD-Programme meist zur Konstruktion bzw. zur Visualisierung von Gegenständen und Bauwerken sowie zur Zeichnungserstellung benutzt. Auch zur Berechnung von Längen, Flächen, Volumina und Massen innerhalb dieser Pläne sowie zur Stücklistenerzeugung können sie wertvolle Dienste leisten. Wesentlich weniger bekannt ist dagegen die Eignung eines modernen CAD-Programms als weiteres Werkzeug neben der Mathematik zur Beschreibung und Veranschaulichung physikalischer Sachverhalte.

Einsatz im Theorieunterricht

Im Theorieunterricht kann der CAD-Einsatz unter Zuhilfenahme von Notebook und Datenprojektor zusätzlich zu den nicht zu ersetzenden Laborversuchen und den bereits verbreiteten Präsentationen, speziellen Physikprogrammen und Internetanwendungen erfolgen. Damit wird die Medienvielfalt um eine weitere und interaktive Komponente erweitert.

Einsatz im Physikkabor

Sofern auch für den Laborunterricht PCs oder Notebooks zur Verfügung stehen, können CAD-Programme zur Unterstützung von Schülerversuchen bzw. auch eigenständig zur Erkundung und Darstellung von Sachverhalten verwendet werden. Die Schüleraktivität, Handlungsorientierung sowie das Erlangen von Erfolgserlebnissen kann (bei angemessener Aufgabenwahl) dadurch gesteigert werden.

Für CAD geeignete Themen

Anbei eine kleine repräsentative Auswahl von geeigneten Themen:

- Kräfteaddition und Kräftezerlegung mit exaktem Ausmessen bzw. durch Bemaßung der Resultate.
- Kräfte am Hebel mit Konstruktion der resultierenden Kraft, des Drehmoments und des wirksamen Hebelarmes.
- Weg-Zeit-Diagramme aus Messtabellen oder Berechnungen darstellen sowie Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeiten ermitteln (graphische Differenziation).
- Mechanische Arbeit aus Kraft-Weg- oder p-V-Diagrammen durch Flächenermittlung bestimmen (graphische Integration).

Sofern das CAD-System über ein Kinematikmodul oder ein Werkzeug zur Erstellung von Animationen verfügt, können auch bewegte Vorgänge wie z.B. Fall-/Wurfvorgänge und Planetenbewegungen anschaulich dargestellt werden. Weitere Informationen dazu finden Sie in einer unserer nächsten Ausgaben.

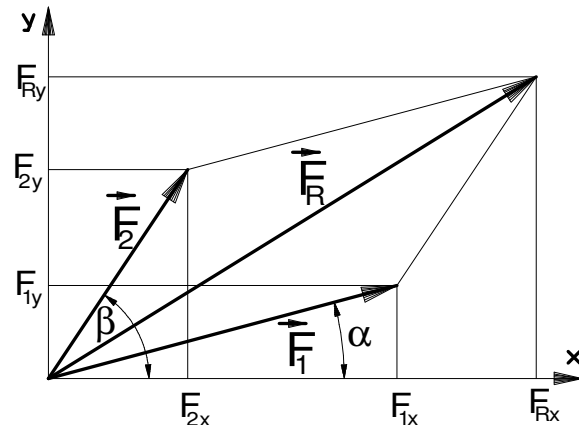
Beispiele aus dem Unterricht

Auf den folgenden Seiten werden zu den erst genannten Themen einige konkrete Unterrichtsbeispiele, realisiert mit MegaCAD von Herrn Dr. Franz Pflighar (Friedrich-Schiedel-Schule, Wangen im Allgäu), vorgestellt. Sie dürfen diese auch im eigenen Unterricht verwenden oder als Anregung für eigene Konstruktionen verstehen. Selbstverständlich freuen wir uns auch über Rückmeldungen jeglicher Art zu diesem Thema. Wir sind ebenfalls gerne bereit, Ihre Unterrichtsbeispiele an dieser Stelle zu veröffentlichen.

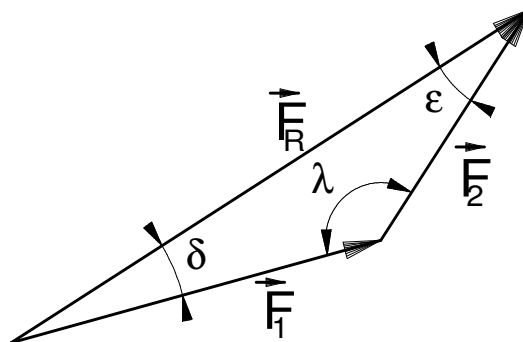
Lehrplaneinheit Statik	Thema Kräfteaddition	CAD im Physikunterricht F. Pflöghar
----------------------------------	--------------------------------	---

Grundlagen

Zwei Kräfte F_1 und F_2 , die an einem Körper angreifen, können durch eine einzige Kraft, die Kraftresultierende F_R , ersetzt werden. Es gilt das Axiom des Kräfteparallelogramms. Da Kräfte Vektoren darstellen, sind die Regeln der Vektorrechnung anzuwenden.

Vektoraddition

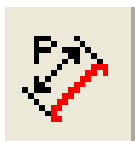
$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \begin{bmatrix} F_{1x} + F_{2x} \\ F_{1y} + F_{2y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 \cos \alpha + F_2 \cos \beta \\ F_1 \sin \alpha + F_2 \sin \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{Rx} \\ F_{Ry} \end{bmatrix} \quad F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$$

KrafteckSinussatz

$$\frac{F_R}{F_1} = \frac{\sin \lambda}{\sin \varepsilon} \quad F_R = F_1 \frac{\sin \lambda}{\sin \varepsilon}$$

$$\frac{F_R}{F_2} = \frac{\sin \lambda}{\sin \delta} \quad F_R = F_2 \frac{\sin \lambda}{\sin \delta}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\sin \varepsilon}{\sin \delta} \quad F_1 = F_2 \frac{\sin \varepsilon}{\sin \delta}$$

CAD-Hinweise

Bei der Funktion „Linearbemaßung“ wird der Abstand zweier Punkte bestimmt. Die Maßlinie wird immer parallel zu der Verbindung der beiden eingegebenen Punkte gezeichnet. Durch Editieren der Maßzahl kann bei einem Kraftpfeil noch das Formelzeichen und die Maßeinheit dazugeschrieben werden.

AufgabeBestimmung der Kraftresultierenden F_R Gegeben: $F_1 = 100 \text{ N}$; $F_2 = 100 \text{ N}$; $\alpha = 0^\circ$ **Rechnerische Lösung**

$$\beta = 45^\circ$$

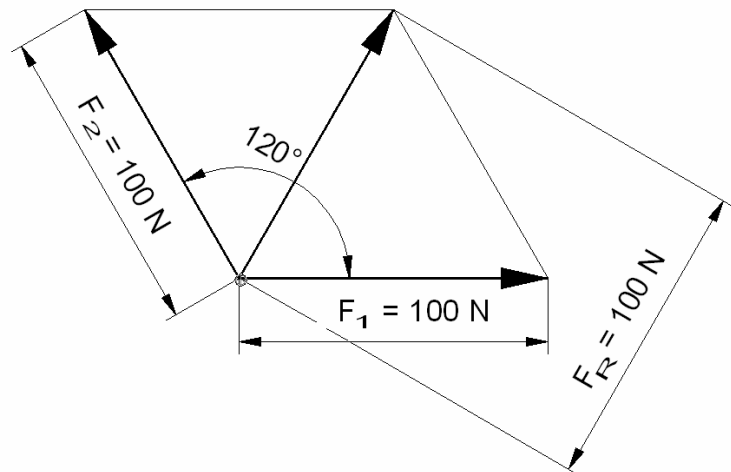
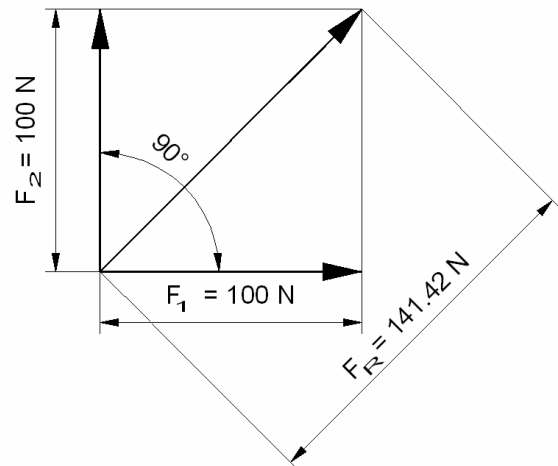
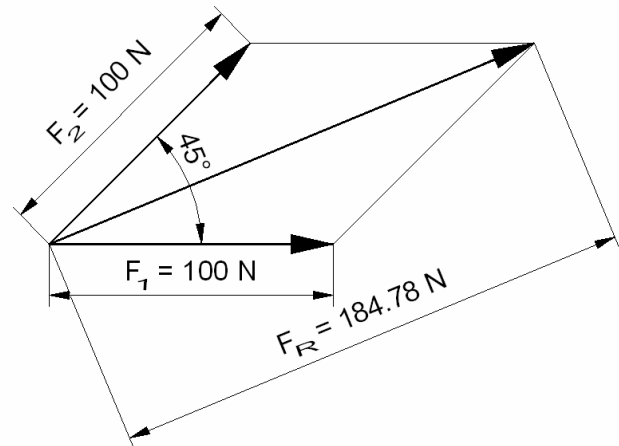
$$F_R = F_1 \frac{\sin \lambda}{\sin \epsilon} = 100 \text{ N} \frac{\sin 22,5^\circ}{\sin 45^\circ} = 184,78 \text{ N}$$

$$\beta = 90^\circ$$

$$F_R = F_1 \frac{\sin \lambda}{\sin \epsilon} = 100 \text{ N} \frac{\sin 45^\circ}{\sin 90^\circ} = 141,42 \text{ N}$$

$$\beta = 120^\circ$$

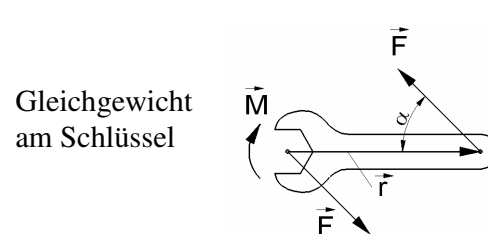
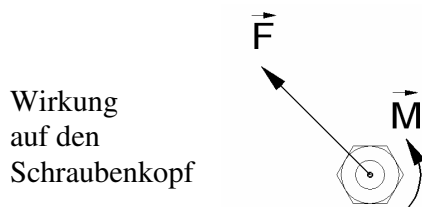
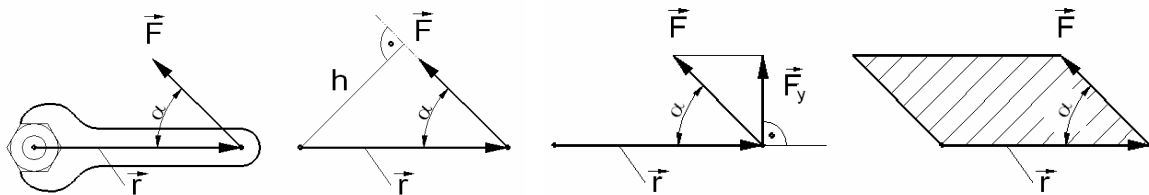
$$F_R = F_1 \frac{\sin \lambda}{\sin \epsilon} = 100 \text{ N} \frac{\sin 60^\circ}{\sin 120^\circ} = 100 \text{ N}$$

CAD - Lösung

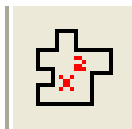
Lehrplaneinheit Statik	Thema Drehmoment, Hebelarm	CAD im Physikunterricht F. Pfléghar
----------------------------------	--------------------------------------	---

Grundlagen

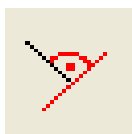
• Drehmoment $M = F \cdot h = F \cdot r \cdot \sin \alpha = F_y \cdot r = F \cdot \sin \alpha \cdot r \leftrightarrow$ Parallelogrammfläche



CAD-Hinweise



Die Funktion "Fläche" ermittelt den Flächeninhalt einer geschlossenen Kontur oder einer Polylinie. Der errechnete Flächeninhalt wird auf dem Bildschirm angezeigt. Die Parallelogrammfläche, die von der Kraft F und vom Radius r gebildet wird, entspricht der Größe des Drehmoments.



Die Konstruktionsmethode "Lot auf einem Element" zeichnet eine Linie senkrecht zu einer bereits vorhandenen Linie. Neben dem Referenzelement wird zur Konstruktion des Lots ein Punkt benötigt, durch den das Lot verläuft. Der Hebelarm ist der senkrechte Abstand vom Drehpunkt auf die Wirkungslinie der Kraft.

1. Aufgabe

Ermittlung des Drehmoments für $F = 25 \text{ N}$; $r = 0,4 \text{ m}$ und $\alpha = 45^\circ$

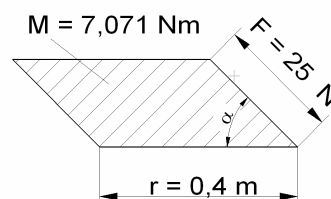
Rechnerische Lösung

$$M = F \cdot r \cdot \sin \alpha$$

$$M = 25 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m} \cdot \sin 45^\circ$$

$$M = 7,071 \text{ Nm}$$

CAD - Lösung



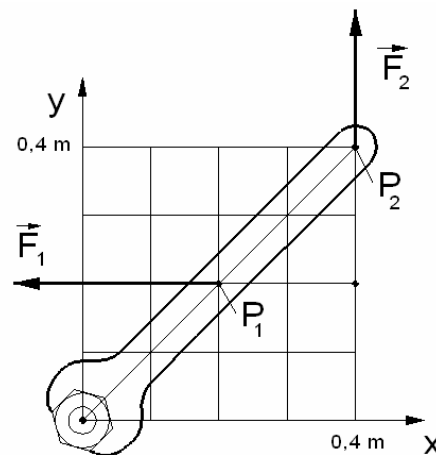
2. Aufgabe

Ermittlung der resultierenden Kraft F_R
 Ermittlung des Drehmoments M_R
 Ermittlung des Ersatzhebelarmes h

Gegeben:

$$F_1 = 3 \text{ N}; \quad h_1 = 0,2 \text{ m}; \quad P_1 (0,2 \text{ m}; 0,2 \text{ m})$$

$$F_2 = 2 \text{ N}; \quad h_2 = 0,4 \text{ m}; \quad P_2 (0,4 \text{ m}; 0,4 \text{ m})$$



Rechnerische Lösung

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(3\text{N})^2 + (2\text{N})^2}$$

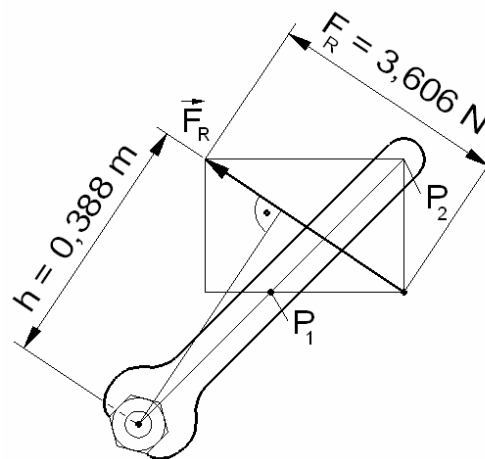
$$F_R = \sqrt{13\text{N}^2} = 3,606 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_R &= F_1 \cdot h_1 + F_2 \cdot h_2 \\ &= 3 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} + 2 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m} \\ &= 1,4 \text{ Nm} \end{aligned}$$

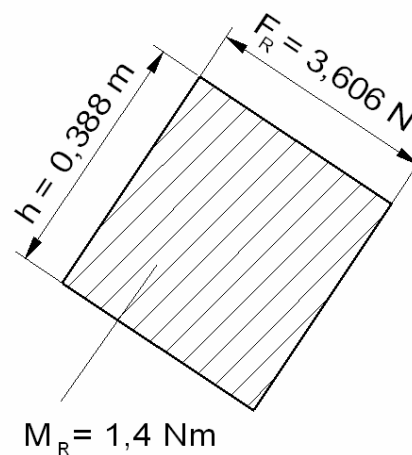
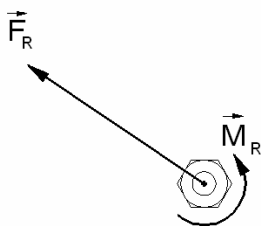
$$h = M_R / F_R = 1,4 \text{ Nm} / 3,606 \text{ N}$$

$$h = 0,388 \text{ m}$$

CAD - Lösung



Wirkung
auf den
Schraubenkopf

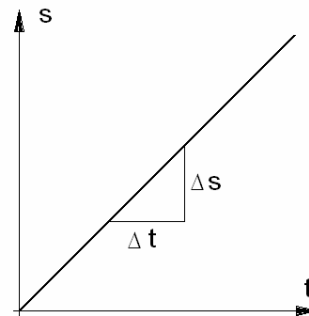


Lehrplaneinheit Kinematik	Thema Durchschnittsgeschwindigkeit, Momentangeschwindigkeit	CAD im Physikunterricht F. Pflögar
-------------------------------------	---	--

Grundlagen

- Gleichförmige Bewegung

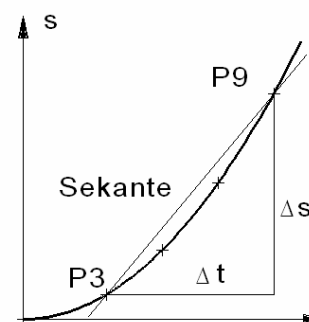
$$\text{Geschwindigkeit } v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



- Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

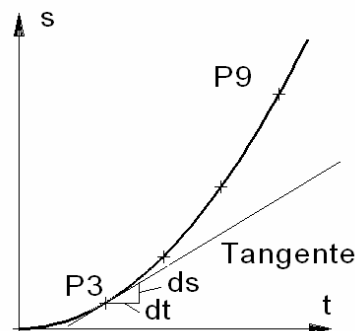
Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist durch die Steigung der Sekante gegeben.

$$v_D = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

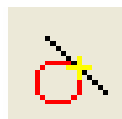


Die Momentangeschwindigkeit ist durch die Steigung der Tangente gegeben.

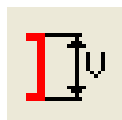
$$v_M = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$$

**CAD-Hinweise**

Die Funktion "Splines" erzeugt zu vorgegebenen Stützpunkten eine glatte Kurve. So ist es möglich, zu vorgegebenen Kurvenpunkten die Weg-Zeit-Funktion bei der gleichmäßig beschleunigten Bewegung zu zeichnen.



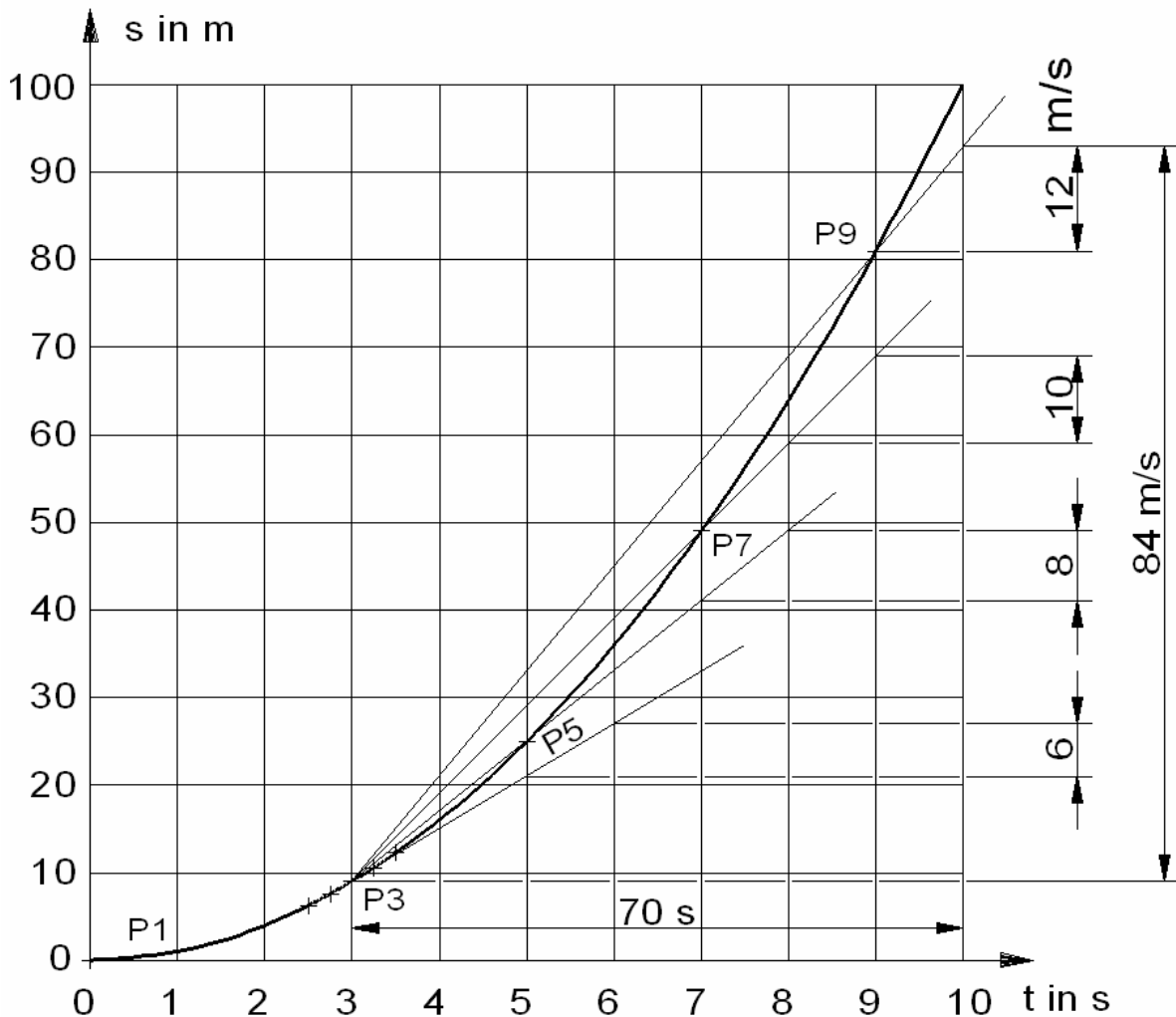
Mit dem Befehl „Tangente“ kann eine Tangente an einen Kreis oder an eine Spline-Funktion gelegt werden. Die Tangente wird durch die Spline-Funktion, die Lage des Tangentialpunktes und die Lage des Endpunktes bestimmt.



Bei der Bemaßungsmethode „Vertikale Bemaßung“ wird Δs als senkrechter Abstand zwischen zwei Punkten ermittelt. Wird $\Delta t = 1$ s gewählt, so ist die Geschwindigkeit v direkt aus dem Zahlenwert Δs zu ermitteln.

Aufgabe

- Ermittlung der Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit aus der Weg-Zeit-Funktion $s = \frac{1}{2} a t^2$ für $a = 2 \text{ m/s}^2$ im Bereich $0 \leq t \leq 10 \text{ s}$
- Konstruktion der Weg-Zeit-Funktion über Wertetabelle (Stützpunkte, Spline-Funktion)
- Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeit aus P_9 - P_3 , P_7 - P_3 und P_5 - P_3
- Ermittlung der Momentangeschwindigkeit in P_3 , P_5 , P_7 und P_9

Lösung

Durchschnittsgeschwindigkeit: $v_{93} = 12 \text{ m/s}$; $v_{73} = 10 \text{ m/s}$; $v_{53} = 8 \text{ m/s}$

Momentangeschwindigkeit: $v_3 = 6 \text{ m/s}$;

$v_5 = 10 \text{ m/s}$; $v_7 = 14 \text{ m/s}$; $v_9 = 18 \text{ m/s}$ (nicht eingezeichnet)

Geschwindigkeitsermittlung im Laborversuch

Die Ermittlung der Geschwindigkeit $v = f(s)$ bei der gleichmäßig beschleunigten Bewegung kann im Laborversuch auf der geneigten Bahn mittels Gabellichtschranke und Blende über die Abschattzeit t_A und die Blendenbreite b bestimmt werden:

Durchschnittsgeschwindigkeit $v_D = b/t_A$

Momentangeschwindigkeit $v_M = (b - \frac{1}{2} a t_A^2) / t_A$

Dr. Franz Pflegar, Walter Schlenker

□