

# Kinematische Größen vektorieLL eingeführt

## Idee & Realisierungsmöglichkeiten

Thomas Wilhelm  
<http://didaktik.physik.uni-wuerzburg.de>

### Schülervorstellungen

#### Geschwindigkeit:

“Geschwindigkeit” meint im Alltag eine positive, skalare Größe, die man mit Schnelligkeit oder Tempo bezeichnen könnte. Bei einer Kreisbewegung mit konstantem Tempo ändert sich demnach die “Geschwindigkeit” nicht.

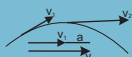
#### Beschleunigung:

Es gibt verschiedene Vorstellung von “Beschleunigung”:

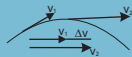
⊙ Im Alltag vorherrschend: Kein prinzipieller Unterschied zwischen Beschleunigung und Geschwindigkeit:  
 $\vec{a} = \vec{v}$ , nur verschiedene Formeln



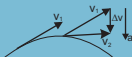
⊙ Bei Schülern häufig: Beschleunigung ist Änderung des Geschwindigkeitsbetrages:  
 $\vec{a} = \Delta|\vec{v}|$  ist eine Zahl  
 (positive) Beschleunigung = schnellerwerden,  
 negative Beschleunigung = langsamerwerden



⊙ In der Schule häufig gelehrt: Beschleunigung ist Änderung des Geschwindigkeitsbetrages pro Zeit:  
 $\vec{a} = \Delta|\vec{v}|/\Delta t$  ist eine Zahl  
 (positive) Beschleunigung = schnellerwerden,  
 Negative Beschleunigung = langsamerwerden



⊙ Physikalische Vorstellung: Beschleunigung ist eine vektorielle Größe:  
 $\vec{a} = \Delta\vec{v}/\Delta t$  hat eine Richtung.



### Folgerungen

Um ein echtes Verständnis der physikalischen Größen “Geschwindigkeit” und “Beschleunigung” zu erreichen, muss der vektorielle Charakter der Größen deutlich werden. Dazu ist es sinnvoll, die Größen anhand allgemeiner zweidimensionaler Bewegungen einzuführen und zu festigen. Erst danach sollte auf eindimensionale Bewegungen spezialisiert werden, sowie Graphen und Gleichungen behandelt werden.

Die Definitionsgleichungen  $\vec{v} = \Delta\vec{x}/\Delta t$  und  $\vec{a} = \Delta\vec{v}/\Delta t$  werden dazu in Konstruktionsschritten umgesetzt, die von den Schülern und/oder dem Computer durchgeführt werden.

Bei qualitativen Betrachtungen reicht es meist aus, die Änderungen, z.B. den Geschwindigkeitsänderungsvektor  $\Delta\vec{v}$ , zu betrachten.

#### Literatur:

WILHELM, T.; HEUER, D.: *Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden - durch Beginn mit der zweidimensionalen Bewegung* - In: Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule 51, 2002, Nr. 7, S. 29 - 34  
 WILHELM, T.; KOCH, C.: *Die alte Schwefelplatte neu genutzt. Qualitative Schülerübungen zur Kinematik* - In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 53, 2004  
 WILHELM, T.; GESSNER, T.; SULEDER, M.; HEUER, D.: *Sportaktivitäten vielseitig analysieren und modellieren Video und Messdaten multimedial aufbereitet* - In: Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule 52, 2003, Nr. 2, S. 23 - 30  
 REUSCH, W., GÖBWEIN, G., KAHMANN, C.; HEUER, D.: *Computerunterstützte Schülerversuche zur Mechanik mit der Computermaus als Low-Cost-Bewegungssensor* - In: Physik in der Schule 38, 2000, Nr. 4, S. 269 - 273

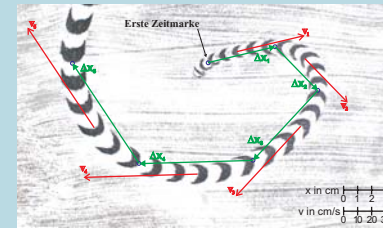
### Schwefelplatte

An eine schwarze Metallplatte wird über einen Sicherheitstransformator 220 V Wechselspannung gelegt und auf der Platte gelbes Schwefelpulver mit dem Pinsel verteilt, das sich negativ auflädt. Bewegt man den Finger über die Platte, wird der Schwefel periodisch vom Finger angezogen und mitgenommen bzw. abgestoßen (Zeitdauer eines Streifens 0,01 s).

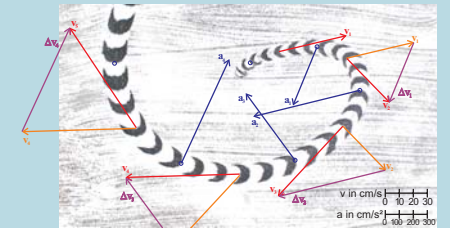
In Schülerübungen können die Schüler Erfahrungen mit zweidimensionalen Bewegungen machen. Für eine qualitative Auswertung kann man die Figuren heute leicht digital fotografieren und ausdrucken.



Bewegt man den Finger über die geschwefelte Metallplatte, entstehen sehr ästhetische Figuren. Es sind Bahnkurven mit Zeitinformation. Die Breite der Streifen gibt bereits eine Information über die Schnelligkeit. Das Malen der Figuren macht Spaß.



Mit einem Stift lassen sich Pfeile in den Schwefel ziehen. Oder man fotografiert die Bahnkurve und zeichnet in den Ausdruck. Zur Vereinfachung soll der Maßstab für die Geschwindigkeitsvektoren so sein, dass sie die gleiche Länge wie die Ortsänderungsvektoren haben.



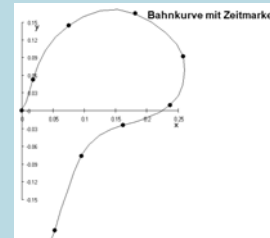
Aus dem aktuellen Geschwindigkeitsvektor und dem alten Geschwindigkeitsvektor lässt sich der Geschwindigkeitsänderungsvektor in dem betrachteten Intervall konstruieren. Damit hat man auch den Beschleunigungsvektor.

### Messung mit Maus oder Grafiktableau

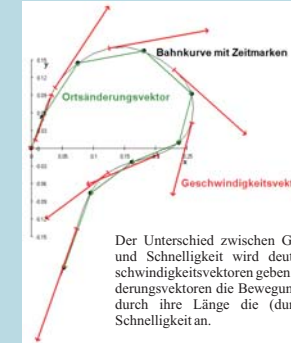
Mit PAKMA kann man die Bewegung einer normalen PC-Maus auf dem Tisch ohne zusätzliche Hard- oder Software aufzeichnen. Alternativ kann man auch auf einem Grafiktableau mit einem entsprechenden Stift zeichnen. So sind auch Schülerübungen im Computerraum möglich.

Vorher muss lediglich die richtige Längeneinheit ermittelt und die Option “Beschleunigung” im Maustreiber abgestellt werden.

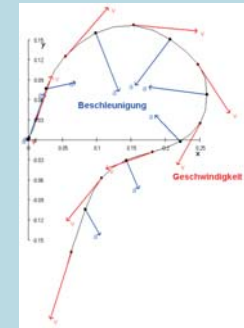
Wenn PAKMA das Berechnen und Zeichnen der Vektoren übernimmt, können dadurch in kurzer Zeit viele verschiedene Versuche durchgeführt werden.



Hier wird der Unterschied zwischen Ort und Weg deutlich. Ort meint einen Punkt im Koordinatensystem, während Weglänge für die Länge der Bahnkurve steht. Die Bahnkurve mit den Zeitmarken kann ausgedruckt werden oder in PAKMA weiter analysiert werden.



Der Unterschied zwischen Geschwindigkeit und Schnelligkeit wird deutlich. Die Geschwindigkeitsvektoren geben wie die Ortsänderungsvektoren die Bewegungsrichtung und durch ihre Länge die (durchschnittliche) Schnelligkeit an.



Man kann wählen, welche Vektoren man gezeichnet haben will - je nachdem, ob die Konstruktion von  $\Delta\vec{v}$  aus  $\vec{v}$  und  $\vec{v}$  alt interessiert oder ob nur  $\vec{v}$  und  $\vec{a}$  interessieren.

Es wird deutlich, dass die Beschleunigung eine Richtung hat. Beim Kurvenfahren zeigt sie nach innen. Beim Schnellerwerden hat sie einen Anteil nach vorne in Geschwindigkeitsrichtung, beim Langsamerwerden hat sie einen Anteil nach hinten gegen die Geschwindigkeitsrichtung.

### Videoanalyse

Die Bilder eines Videos sind zweidimensional und haben feste Zeitabstände. Mit einem Videoanalyseprogramm kann zu jedem Bild der Ort ermittelt werden. So ergeben sich Zeitmarken, die zu einer Bahnkurve verbunden werden können (Programmbeispiele: AVA, Coach 5, David, Galileo, Viana).

Man kann diese Bahnkurven ausdrucken und auf dem Papier Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren konstruieren.

Lädt man das Video und die Analysedaten in PAKMA, können die Vektoren vom Computer berechnet werden und gleichzeitig mit dem Ablauf des Videos eingezeichnet werden.

So können interessante Bewegungen aus der Alltagswelt betrachtet werden. Als Beispiel wurde hier die Bewegung eines Federballs im Hörsaal gefilmt und mit AVA und PAKMA ausgewertet.

