1 Kinematik

Was man unter einer Zehnerpotenz versteht und was man mit dem Gerät misst – die Antworten darauf finden Sie in diesem Kapitel.

Multanova 6F
Quelle: www.multanova.ch

1.1 Einleitung

Unser gesamtes Umfeld ist voll von interessanten Dingen und Zusammenhängen. Die Naturwissenschaften versuchen, Effekte zu verstehen und zu erklären. Ziel ist es, unsere Neugierde gegenüber der Natur zu befriedigen und eventuell neue technische Verfahren zu entwickeln. Die verschiedenen Naturwissenschaften arbeiten dabei Hand in Hand miteinander.
Ein Beispiel wäre das Vergammeln von Fleisch. Der Biologe kümmert sich darum, welche "Tierchen" daran beteiligt sind und unter welchen Bedingungen sich diese vermehren, der Chemiker identifiziert die entstehenden Stoffe. Der Biologe stellt fest, dass Bakterien für den Verwesungsprozess verantwortlich sind und dass sich diese bei kühlen Temperaturen nicht stark vermehren - und schon entwickelt der Physiker den Kühlschrank, damit das Fleisch schön schliesslich schön kühl bleibt und der Verwesungsprozess langsamer vonstatten geht.

Die Naturwissenschaften beschäftigen sich mit solchen Fragestellungen und versuchen Antworten zu finden. Die Physik – vom griechischen physike episteme (die Natur betreffend) – ist die Lehre von den Naturvorgängen. Die Physiker versuchen durch

- experimentelle Forschung
- und mathematische Darstellung

von Naturvorgängen Gesetze zu formulieren, welche unsere Welt beschreiben und somit ein wenig zugänglicher machen. Physikalische Gesetze werden in der Entwicklung angewendet und ermöglichen so z.B. den Bau neuer und besserer Solarzellen.

Obige zwei Punkte sind denn auch die zentralen Standbeine des Unterrichtes. Sie sollen lernen zu experimentieren (nein, das kann man nicht einfach), die Resultate auszuwerten und anschliessend Schlussfolgerungen zu ziehen. Dabei soll Ihnen dieses Skript helfen. Weiter werden Sie lernen, die erarbeiteten Gesetze auf Probleme anzuwenden, welche für Sie neu erscheinen.

1.2 Modelle: von Vorstellungen, Illusionen und Wirklichkeit

Der Mensch ist in der Lage, sich mit seiner Umwelt und sich selbst auseinander zusetzen. Er ist ebenfalls in der Lage Phänomene in ein zeitliches Raster zu setzen. Diese Fähigkeiten stellen ihn vor das Problem, wie er zu Erkenntnissen kommt und inwieweit diese wahr sind.

Der Naturwissenschafter sammelt Daten, welche in irgendeiner Weise messbar und reproduzierbar sein müssen. Diese können durch Beobachtung oder Beschreibung eines Phänomens oder eines Experiments zustande kommen. Diese Daten dienen nun dazu, um gewisse Phänomene zu beschreiben. Dabei entsteht die Hypothese. Diese verbindet Beobachtung und Erfahrung.

Die Hypothese versucht man nun durch gezielte Experimente zu verifizieren, zu verfeinern und zu vervollständigen. Dies führt zu einer verbesserten Hypothese, einem

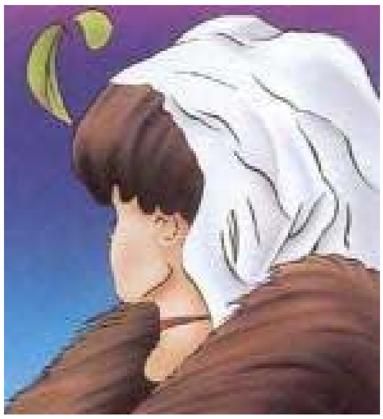
Modell. Die verfeinerten Hypothesen widersprechen nun immer weniger Fakten und können zur Formulierung einer neuen Theorie genutzt werden. Diese regt nun ihrerseits wieder zu neuen Experimenten und vorhersagen an, so dass auch die Theorie laufend verbessert werden kann.

Bei allem Enthusiasmus, welcher sich um ein Modell entwickeln kann, darf jedoch nicht vergessen werden, dass ein Modell nur einen kleinen beobachteten Ausschnitt aus einem komplexen Gefüge von Erscheinungen, der Wirklichkeit, annähernd erklären kann. Man darf auch nie ausser Acht lassen, dass sich das Modell an der Wirklichkeit zu orientieren hat und nicht umgekehrt.

"Insofern sich eine Theorie auf die Wirklichkeit bezieht, ist sie nicht sicher. Insofern sie sicher ist, bezieht sie sich nicht auf die Wirklichkeit."
Albert Einstein

Modelle helfen uns, unsere Umwelt besser verstehen zu lernen. Man braucht sie in der Chemie zur Darstellung des inneren Aufbaus der Stoffe, welcher weder mit blossem Auge, noch mit technischen Hilfsmitteln direkt beobachtet werden kann. Allerdings sind die Grenzen eines Modells nie zu vergessen. Als Illustration dieser Aussage betrachte man untenstehendes Bild und beantworte folgende Frage: wie viele Würfel sind in der folgenden Abbildung aufeinander gestapelt?

Wie viele sind’s denn nun?



Was sehen Sie im Bild?

Eine greise oder eine junge Frau? Das Resultat hängt vom Beobachter ab. Eventuell würde jemand sagen, dass das Resultat nicht eindeutig sei – womit er recht hätte.

Diese Erkenntnis ist ganz wichtig für das Verständnis der Naturwissenschaften allgemein und hier im speziellen für die Physik. Aber auch im alltäglichen Leben sollten Sie nie vergessen: **Informationen sind immer zu hinterfragen und gegebenenfalls auch anzuzweifeln!**

1.3 Von Einheiten

Die Gesetze der Physik beschreiben Zusammenhänge zwischen physikalischen Grössen wie Länge, Zeit, Kraft, Energie oder Temperatur. Daher besteht eine der wichtigsten Forderungen der Physik darin, solche Grössen eindeutig zu definieren und genau zu messen. Messen einer physikalischen Grösse heisst, sie mit einer genau definierten Einheit dieser Grösse zu vergleichen. Wenn wir etwa sagen, dass eine Distanz zwischen zwei Punkten 2 Meter lang sei, dann meinen wir, dass die Länge 2 mal der Länge einer Einheit entspricht, die Meter genannt wird.

Jede physikalische Grösse ist mit einer Einheit verknüpft. Ohne Einheit ist die Angabe eines Resultates sinnlos, da man nicht weiss, wovon die Rede ist.

1.4 Das internationale Einheitensystem: die SI[1] - Einheiten

Alle Einheiten, welche in der Physik gebräuchlich sind, lassen sich auf **Basiseinheiten** zurückführen.

Basiseinheiten sind Grössen, welche nicht auf andere Grössen zurückgeführt werden können.

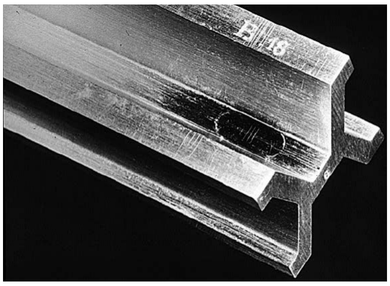
Das Internationale Einheitensystem baut auf sieben Basisgrössen auf, welche in der nebenstehenden Tabelle gezeigt sind. Ebenfalls eingetrag en sind die Namen der entsprechenden Basiseinheiten und deren Einheitenzeichen.

Basisgrössen und deren Einheiten nach SI – Norm

Basisgrösse	Formelzeichen	Basiseinheit	Symbol
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Stromstärke	I	Ampere	A
Temperatur	T	Kelvin	K
Lichtstärke	I_v	Candela	cd
Stoffmenge	n	Mol	mol

Die für uns im Moment wichtigsten Basiseinheiten, aus dem SI – System sind:

- **das Meter**



Das Meter war ursprünglich definiert als die Distanz zweier Kerben in einem Stab, bestehend aus einer Platin-Iridium Legierung, der in Paris aufbewahrt wird. Dieser Stab wird als Urmeter bezeichnet. Heute wird das Meter als jene Strecke definiert, welche das Licht in der Zeitspanne von $\frac{1}{299'729'458}$ s zurücklegt. Dies, weil die Lichtgeschwindigkeit konstant 299'729'458 m/s beträgt.

[1] von Système International d'Unités

- **die Sekunde**

Die Sekunde war bis 1967 definiert als der $\frac{1}{24}\cdot\frac{1}{60}\cdot\frac{1}{60}$ Teil des mittleren Sonnentages festgelegt (die Zeitdauer, bis die Sonne wieder am gleichen Ort am Himmel steht), beruhte also auf astronomischen Messungen. Diese Definition wurde aber zu ungenau, weil sich die Rotationsgeschwindigkeit der Erde mit der Zeit verlangsamt. Heute wird ebenfalls Licht zur Definition herbeigezogen, wobei die Definition aber zu kompliziert ist, um sie hier genauer auszuführen.

- **das Kilogramm**

Diese Basiseinheit ist durch die Masse eines Einheitskörpers (Urkilogramm) bestimmt, welcher ebenfalls in Paris aufbewahrt wird. In jüngster Zeit versucht die Forschung ein neues "Urkilogramm" herzustellen, dies in Form einer perfekten Siliziumkugel. Der Grund dafür ist einfach: durch die regelmässigen Reinigungen verliert das bisherige Urkilogramm in Paris langsam an Masse.

Quelle: www.wikipedia.org

Die Einheit jeder physikalischen Grösse kann durch die SI – Einheiten ausgedrückt werden. Gewisse Kombinationen dieser Einheiten haben spezielle Namen. Zum Beispiel ist die Kombination $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ besser bekannt als Newton N. Doch davon später mehr.

1.5 "Alte" Einheiten

Im 16. Jahrhundert wurde von oberster stelle verfügt, dass sechzehn willfährige englische Untertanen am Sonntag nach Verlassen der Kirche die linken Füsse hintereinander in einer Reihe aufstellen sollten. Die auf diese Weise festgelegte Distanz entsprach fortan einer perch (Rute). Der 16. Teil dieser Länge hiess *foot*, wiederum unterteilt in 12 inches. Dabei ist es bis heute geblieben (aus dem Vieweg Einheitenlexikon).

Es gibt tausende Einheiten. Je nach Kontinent oder Kultur sind unterschiedliche Einheitensysteme in Gebrauch. Bis heute ist es nicht gelungen, ein einziges Einheitensystem durchzusetzen. Dies scheitert vor allen Dingen an der Gewohnheit der Leute. Ein Beispiel: Das PS darf eigentlich nicht mehr gebraucht werden. Trotzdem diskutieren die Leute immer noch darüber, wie viele PS ihre Autos besitzen. Unter Kilowatt, der eigentlich gültigen Einheit, kann man sich einfach nichts vorstellen (unter PS zwar auch nicht, aber man meint es zumindest). Wir werden konsequent die SI Einheiten anwenden. Diese haben den Vorteil, dass sie untereinander kompatibel sind und so Umrechnungsfehler ausgeschlossen werden können.

1.6 Die Vorsilben

Faktor	Vorsilbe	Zeichen	Faktor	Vorsatz	Zeichen
10^{1}	Deka	da	10^{-1}	Dezi	d
10^{2}	Hekto	h	10^{-2}	Zenti	c
10^{3}	Kilo	k	10^{-3}	Milli	m
10^{6}	Mega	M	10^{-6}	Mikro	µ
10^{9}	Giga	G	10^{-9}	Nano	n
10^{12}	Tera	T	10^{-12}	Pico	p

Weiter sind die sogenannten Vorsilben wichtig. Wir werden nicht sagen, dass jemand eine Masse von 74'000 g besitzt, sondern wir sagen, dieser jemand besitze eine Masse von 74 kg. Ein mittlerer Sonnentag auf der Erde dauert auch nicht 86'400 Sekunden, sondern 24 Stunden. Die gebräuchlichsten Vorsilben sind in der nebenstehenden Tabelle dargestellt.

Wir werden immer diejenige Vorsilbe verwenden, die dem Problem angepasst ist. Dabei kommt man nicht umhin, ein wenig zu denken.

1.7 Die Zehnerpotenzen

Sehr häufig wird anstelle der entsprechnden Vorsilbe auch die Zehnerpotenzschreibweise verwendet. Dies macht immer dann Sinn, wenn innerhalb eines Problems verschiedene Grössen miteinander verrechnet werden müssen. In diesem Fall müssen alle Angaben in SI – Einheiten vorliegen. Man schreibt dann also nicht 35000 Tonnen sondern $3.5\cdot10^{7}$ kg. Natürlich hätte man auch 35000000 kg schreiben dürfen – dies ist allerdings nichts für Schreibfaule. Ausserdem “vergisst“ man schnell einmal eine Null. Man kann sich die Zehnerpotenzschreibweise leicht merken:

$$3'520'000\ \text{kg} = 3.52\cdot1'000'000\ \text{kg} = 3.52\cdot10^{6}\ \text{kg}$$

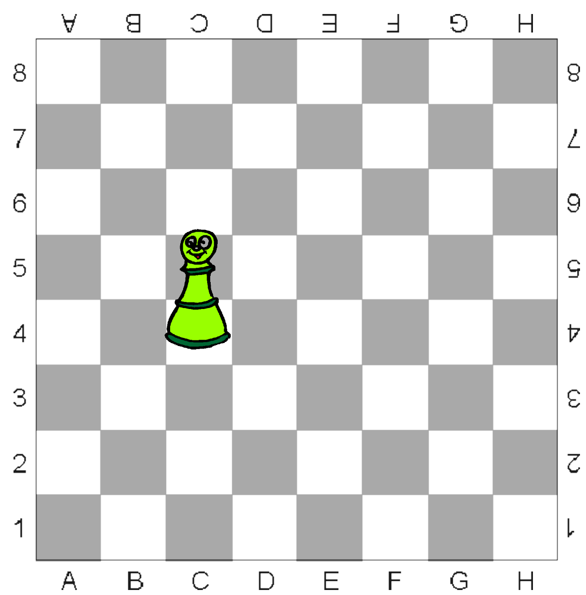
$$0.000\,003\,52\ \text{kg} = \frac{3.52}{1'000'000}\ \text{kg} = 3.52\cdot10^{-6}\ \text{kg}$$

1.8 Die Kinematik des Massenpunktes

Für das Verständnis der physikalischen Welt ist eine genaue Beschreibung von Bewegungen enorm wichtig. Bei Bewegungen kann man nach dem „warum“ und „wie“ fragen, also nach Ursache und Wirkung. Wir werden uns zu Beginn nur mit dem „wie“ beschäftigen und die Ursache einer Bewegung ignorieren. ***Betrachtet man eine Bewegung ohne die Ursache mit einzubeziehen, so spricht man von Kinematik***. Es ist zweckmässig, wenn wir eine Bewegung, z.B. eines Autos, betrachten, das bewegte Objekt als Punkt anzusehen. Die ganze Masse des Objekts wird dann in einem Punkt konzentriert, seinem **Schwerpunkt** – man spricht von einem **Massenpunkt**.

1.9 Koordinatensysteme

Wenn wir uns mit Bewegungen beschäftigen, ist es nötig, den Ort eines Massenpunktes in der Ebene oder im Raum genau anzugeben. Dazu legt der Physiker ein Koordinatensystem in seine Umgebung. Betrachten wir zunächst nebenstehendes



Schachbrett: dieses besteht aus je 32 schwarzen und weissen Quadraten, die abwechslungsweise zu einem grossen Quadrat zusammengesetzt sind. Die Seiten dieses Quadrates sind beschriftet: bei den jeweils den Spielern zugewandten Seiten sind die kleineren Quadrate mit Buchstaben von A – H angeschrieben, auf den beiden anderen Seiten sind sie mit Zahlen von 1 – 8 markiert. Durch diese Beschriftung lässt sich jedes Feld exakt adressieren: steht ein Bauer auf C4, so weiss man, wo der Bauer steht. Man kann aber auch Bewegungen sichtbar machen: jeder Schachspieler weiss, was die Aussage „König von D3 nach C3“ bedeutet. Die Beschriftung an der Seite macht dies möglich. Die Schachfiguren bewegen sich in einem **Koordinatensystem**.
In den Naturwissenschaften beschriften wir unsere Koordinatensysteme nicht mit Buchstaben, sondern ausschliesslich mit Zahlen. Im dreidimensionalen Raum wählt man dafür drei, je senkrecht zueinander stehende **Achsen** (x, y, z), im zweidimensionalen Raum zwei zueinander senkrecht stehende Achsen (x und y) und im eindimensionalen Fall nur eine Achse (x). Dem gemeinsamen Schnittpunkt der Achsen im drei- und zweidimensionalen Fall, sagt man **Ursprung**. Im eindimensionalen Fall ist der Ursprung (Nullpunkt) frei wählbar. In jedem Fall ist die Position eines Massenpunktes durch die Angabe seiner **Koordinaten** eindeutig bestimmt.

1.10 Bewegungen in einer Dimension

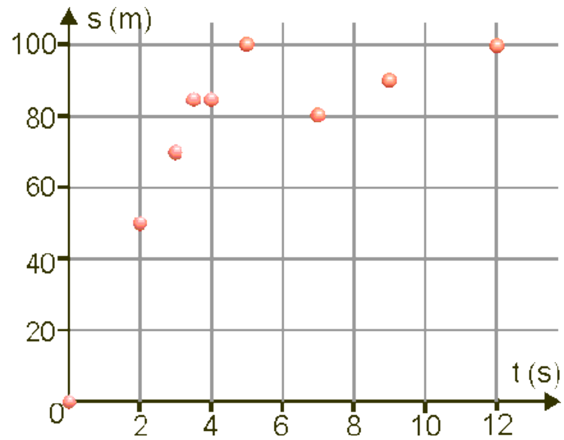
Wir wollen uns zunächst nur auf Bewegungen konzentrieren, die sich in einer Dimension abspielen. Ein Objekt kann sich in so einem Koordinatensystem nur vorwärts oder rückwärts bewegen. Zunächst definieren wir immer einen Ursprung. Zu diesem wird sich unser Objekt dann bewegen, bzw. verschieben. Bewegt sich ein Objekt von der Stelle x_1 zur Stelle x_2, so beträgt die Änderung seiner Position $x_2 - x_1$. Für die Änderung einer Grösse wir in der Physik der griechische Buchstabe **Delta** Δ verwendet. So können für die Verschiebung eines Punktes von x_1 nach x_2 schreiben:

$$\boxed{\Delta x = x_2 - x_1}$$

1.10.1 Graphische Darstellung einer Bewegung

Zu einer Bewegung gehört nebst dem Ort, also wo sich ein Objekt befindet, auch noch die Zeit, also wann sich ein Objekt am entsprechenden Ort befindet. Zeichnet man eine Bewegung auf, erhält man z.B. eine solche Wertetabelle:

Ort [m]	0	50	70	85	85	100	80	90	100
Zeit [s]	0	2	3	3.5	4	5	7	9	12



Solche Tabellen sind generell unhandlich, weil man Abhängigkeiten schlecht erkennen kann. Einiges besser sind sogenannte Graphen, in denen man die eine Grösse auf der einen Achse und die andere gemessene Grösse auf der zweiten Achse aufträgt. Für unser Beispiel können wir aus den gemessenen Daten ein sogenanntes **Ort – Zeit Diagramm** anfertigen. D.h. wir tragen auf der y-Achse den Ort und auf der x-Achse die Zeit ein. Jeder gemessene Punkt lässt sich so im Diagramm einzeichnen. Durch eine solche Darstellung hat man einen viel besseren Überblick über die Bewegung (das Objekt entfernt sich, bleibt stehen, fährt wieder in Richtung des Ursprungs zurück, etc.). Kursverläufe an der Börse werden aus demselben Grund grafisch dargestellt – wir Menschen können Bilder besser verarbeiten als grosse Tabellen.

1.10.2 Die gleichförmige Bewegung

1.10.2.1 Die Geschwindigkeit

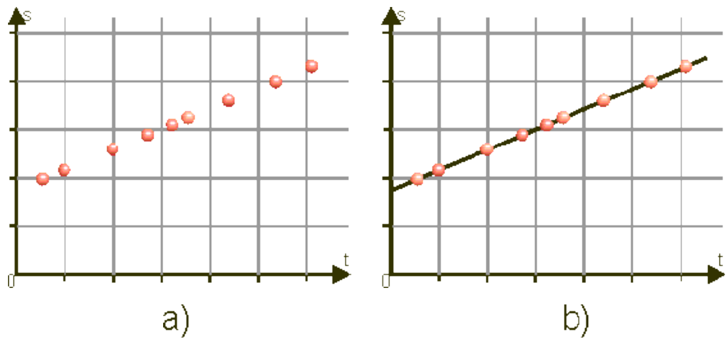
Der Begriff der Geschwindigkeit ist uns aus dem Alltag geläufig. So darf man innerorts eine Geschwindigkeit von 50 Kilometern pro Stunde nicht überschreiten! Würde man also mit 50 Kilometern pro Stunde eine Stunde lang fahren, so hätte man dabei eine Strecke von 50 Kilometern zurückgelegt. Übersetzt man diesen Satz in die Sprache der Mathematik, so bekommt man:

$$Geschwindigkeit = \frac{\text{Änderung des Ortes}}{abgelaufene\ Zeit} = \frac{Weglänge\,(Strecke)}{abgelaufene\ Zeit} \qquad oder \qquad v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

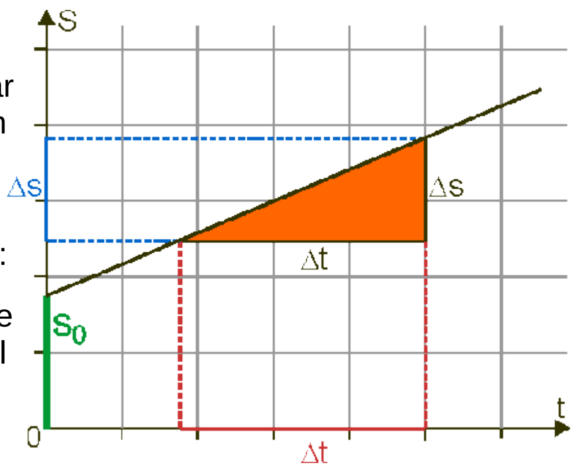
Δs ist also lediglich eine andere Schreibweise für die zurückgelegte Strecke (Weglänge) oder die Ortsänderung und Δt eine andere Schreibweise für die Zeit, welche man gebraucht hat, diese Strecke zurückzulegen. Als Symbol für die Geschwindigkeit verwenden wir das kleine “v“ (von engl. “velocity“). Die Einheit der Geschwindigkeit setzt sich zusammen aus den beiden SI Einheiten der Länge und der Zeit: $[v]=\frac{m}{s}$ [2]

Aufgabe: Zeigen Sie, dass eine Geschwindigkeit von 1 m/s auch 3.6 km/h sind!

1.10.2.2 Ort – Zeit Diagramm der gleichförmigen Bewegung



Betrachten wir einmal ein qualitatives Ort – Zeit Diagramm, einer kriechenden Schnecke, wie es in der nebenstehenden Abbildung a) gezeigt ist. Wie man unschwer erkennen kann, liegen die Messpunkte auf einer Geraden. Deshalb legen wir auch mal eine Gerade durch alle Messpunkte und erhalten so das danebenstehende Diagramm b). Wir haben auf diese Weise die Informationen der einzelnen Messpunkte konserviert, können jedoch die Bewegung viel einfacher grafisch darstellen. Im nächsten Schritt überlegen wir uns, ob man nun die Gerade nicht auch in Worten bzw. mit Hilfe der Mathematik beschreiben kann.



Im nächsten Diagramm sind dazu ein paar Dinge zusätzlich eingetragen. Wie man unschwer erkennen kann, entspricht die Steigung der Geraden gerade dem Quotienten $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ - den kennen wir aber bereits: dahinter verbirgt sich nichts anderes also die Geschwindigkeit! Fassen wir das mal zusammen.

Die Steigung der Geraden im Ort – Zeit Diagramm entspricht gerade der Geschwindigkeit des Objekts im betrachteten Zeitabschnitt Δt.

Aus dem Zusammenhang $v=\frac{\Delta s}{\Delta t}$ folgt aber für die zurückgelegte Strecke umgehend $\Delta s=v\cdot\Delta t$.

[2] [v]: sprich: die Einheit von v.

zurückgelegte **Strecke**: $\Delta s = v \cdot \Delta t$.

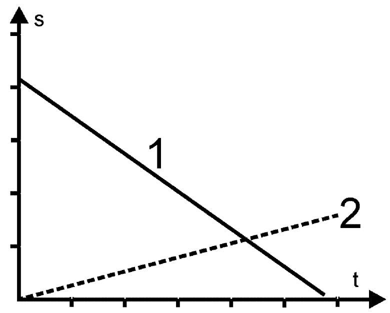
Jetzt kann man sich natürlich auch fragen, wo das Objekt zum Zeitpunkt t sich gerade befindet. Man braucht also den Ort. Nun, auch das ist ganz einfach; man zält zur Strecke Δs einfach noch die Entfernung des Objekts zum Ursprung zum Zeitpunkt null hinzu und man erhält das sogenannte Ort – Zeit Gesetz.

Ort – Zeit Gesetz: $s = s_0 + v \cdot t$

Wenn man also s_0 und v kennt, so kann man den Ort eines Objekts zu jedem Zeitpunkt t angeben – man muss nur noch richtig rechnen. Das bedeutet nichts anderes, als dass diese drei letztgenannten Parameter dieselben Informationen behinhalten, wie eine allfällige Tabelle mit Messwerten!

Beispiel

Das folgende Diagramm zeigt die Weltlinien von zwei verschiedenen bewegten Körpern. Welcher dieser Körper besitzt die grössere Geschwindigkeit?



Lösung

Die Steigung der Geraden im Ort – Zeit Diagramm entspricht der Geschwindigkeit des Objekts. Die Steigung der Weltlinie von Objekt 1 ist betragsmässig grösser als die von Objekt 2. Objekt 1 ist demnach schneller unterwegs.

Beispiel

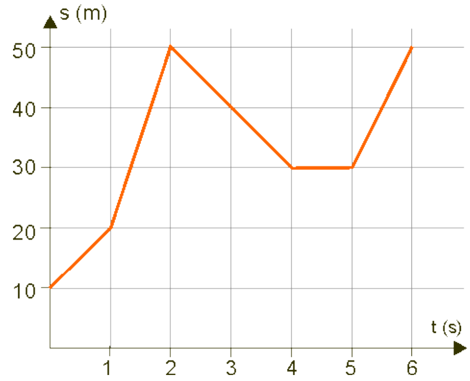
Wie lautet das Ort – Zeit Gesetz zum gezeigten Ort – Zeit Diagramm?

Lösung

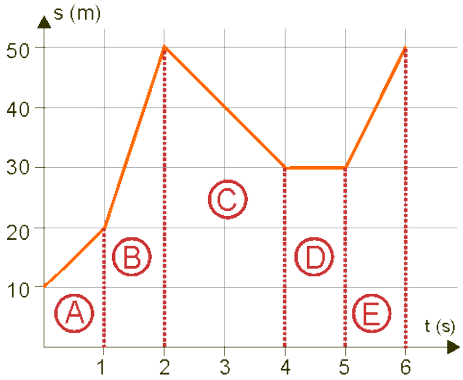
Im Diagramm wählen wir zwei beliebige Punkte auf der Geraden aus. Die Punkte s(10s) = 5m und s(50s) = 9m sind passend. In der Zeitspanne von 10s bis 50 s, also Δt = 40s, legt das Objekt eine Strecke von $\Delta s = 9m - 5m = 4m$ zurück. Die Geschwindigkeit des Objekts beträgt daher $v = \frac{4m}{40s} = 0.1\frac{m}{s}$. Zu Beginn der Messung hat sich das Objekt am Ort $s_0 = 4m$ befunden. Das komplette Ort – Zeit Gesetz lautet also

$$s = 4m + 0.1\frac{m}{s} \cdot t .$$

1.10.2.2.1 *Kompliziertere Ort – Zeit Diagramme*



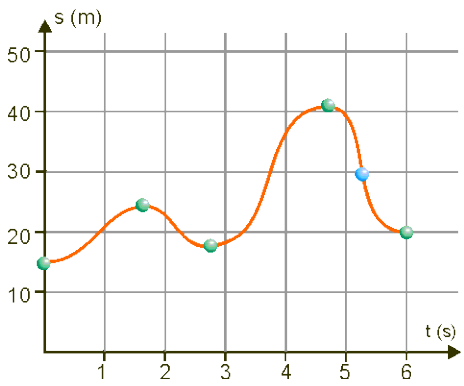
Natürlich sehen Ort – Zeit Diagramme realer Bewegungen nicht so schön aus, wie im letzten Beispiel dargestellt. Ein Auto im Stadtverkehr wird zum Beispiel kaum mit konstanter Geschwindigkeit dieselbe durchqueren können. Das entsprechende Ort – Zeit Diagramm könnte so aussehen, wie in der nebenstehenden Abbildung gezeigt ist.



Zunächst fällt einmal auf, dass das Diagramm aus mehreren Abschnitten (A bis E) besteht, in welchen die jeweilige Weltlinie einer Geraden entspricht. Die Geschwindigkeiten für die einzelnen Abschnitt lassen sich ganz einfach ermitteln; sie entsprechen ja einfach den Steigungen der Weltlinien in den entsprechenden Abschnitten. Die Resultate sind in der untenstehenden Tabelle gezeigt.

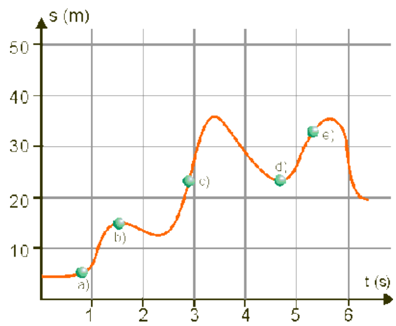
Abschnitt	A	B	C	D	E
Δs [m]	10	30	-20	0	20
Δt [s]	1	1	2	1	1
v [m/s]	10	30	-10	0	20

Das zuletzt behandelte Ort – Zeit Diagramm entspricht immer noch nicht einer realen Bewegung, weil in Wirklichkeit kaum ein Objekt so ruckartig seine Geschwindigkeit ändert. Die Realität sieht vielmehr etwa so aus, wie im nächsten Diagramm gezeigt. Nun erkennt man kaum noch Bereiche, in denen die Steigung der Kurve und damit die Geschwindigkeit konstant ist. Um die Geschwindigkeit an einem Ort zu erhalten, müsste man die Steigung der Weltlinie an diesem Ort ermitteln. Es gibt Orte, für die man aber direkt eine quantitative Aussage zur Geschwindigkeit machen kann: bei den grünen Punkten ist die Steigung der Weltlinie null – also auch die Geschwindigkeit an diesen Orten. Beim blauen Punkt ist die Steigung der Ort – Zeit Kurve maximal, also auch die Geschwindigkeit.



Beispiel

Ordne die Geschwindigkeiten der markierten Punkte im nebenstehendem Diagramm der Reihe nach, die Grösste zuerst.



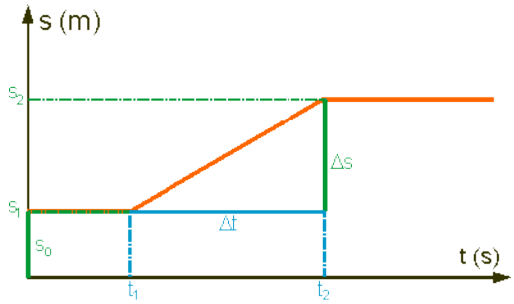
Lösung

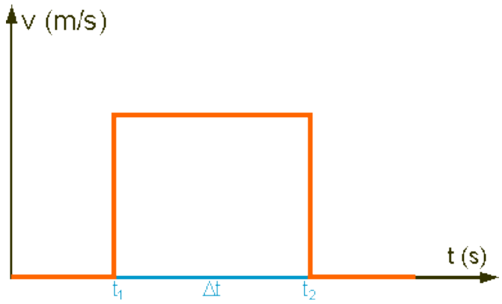
Die Steigung der Kurve im Ort – Zeit Diagramm entspricht der Geschwindigkeit. Dementsprechend lautet die Einteilung c>e>a>b=d

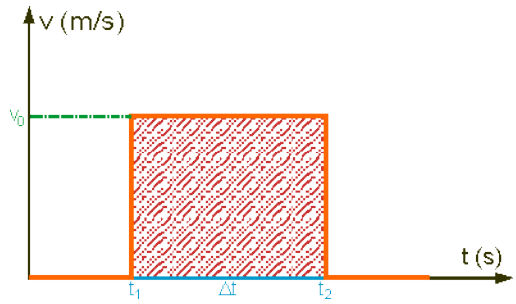
---

1.10.2.3 Geschwindigkeit – Zeit Diagramm der gleichförmigen Bewegung

Nehmen wir als Ausgangspunkt das Ort – Zeit Diagramm wie dargestellt. Das dazugehörige Geschwindigkeit – Zeit Diagramm ist darunter links dargestellt.
Das **Geschwindigkeit – Zeit Diagramm (v – t Diagramm)** der gleichförmigen Bewegung ergibt eine Gerade, da die Geschwindigkeit im Zeitabschnitt t_1 bis t_2 ja konstant bleibt.





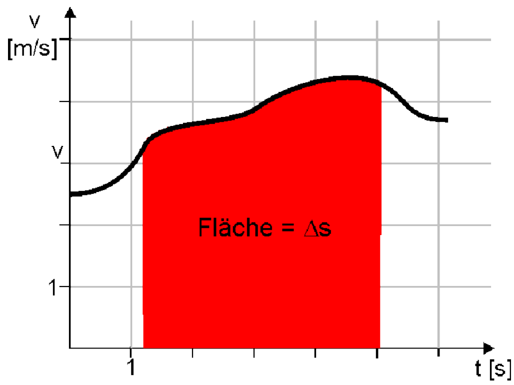


Betrachten wir einmal die schraffierte Fläche, welche im Geschwindigkeit – Zeit Diagramm von der Kurve eingeschlossen wird (unterste Abbildung). Diese berechnet sich nach $v_0 \cdot \Delta t$, was aber gerade der Weglänge Δs entspricht!

Da diese Aussage, wie man zeigen kann, für jede Art von Bewegung wahr ist, können wir diese Erkenntnis aufschreiben:

Die von der Kurve im Geschwindigkeit – Zeit Diagramm im Zeitintervall Δt eingeschlossene Fläche entspricht in diesem Zeitintervall zurückgelegten Strecke Δs!

Sie gilt also auch für Bewegungen, bei denen die Geschwindigkeit nicht konstant ist. In diesen Fällen lässt sich lediglich die Fläche nicht mehr einfach ermitteln. Man braucht dafür die Integralrechnung, welche Sie aber erst später lernen werden.

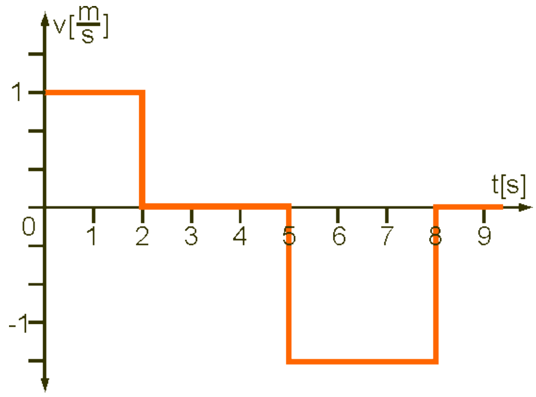


1.10.2.4 Die Momentangeschwindigkeit

Genau genommen haben wir bei den meisten Problemen bisher mit **Durchschnittsgeschwindigkeiten** gearbeitet. Gewisse Instrumente können uns die Geschwindigkeit eines Objektes zu einem genau definierten Zeitpunkt angeben. Hierzu gehören z.B. der Tachometer eines Fahrzeuges oder auch die Radareinrichtungen der Polizei. An diesen Geräten lesen wir die **Momentangeschwindigkeit** ab.

Beispiel

Die Bewegung eines Objekts führt zum abgebildeten Geschwindigkeit – Zeit Diagramm. Welche Strecke hat das Objekt in der betrachteten Zeitspanne zurückgelegt?



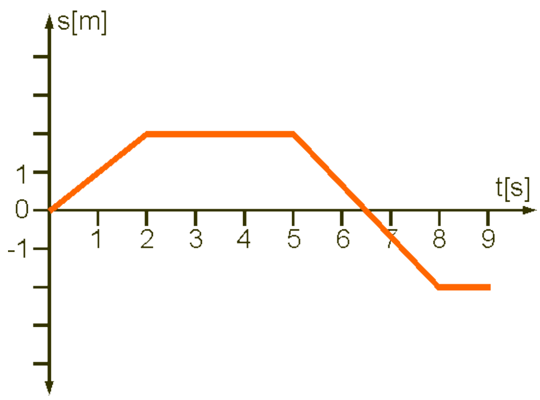
Lösung

Die Strecke entspricht der Fläche unter der Kurve im Geschwindigkeit – Zeit Diagramm. Im Zeitraum von 0s bis 2s ($\Delta t_1 = 2s$) besitzt das Objekt eine Geschwindigkeit von $v_1 = 1\frac{m}{s}$. Die in diesem Zeitabschnitt zurückgelegte Strecke beträgt also $\Delta s_1 = v_1 \cdot \Delta t_1 = 1\frac{m}{s} \cdot 2s = 2m$. Von 3s bis 5s besitzt das Objekt keine Geschwindigkeit, es legt also auch keinen Weg zurück. Von 5s bis 8s ($\Delta t_2 = 3s$) ist der Körper nun mit einer Geschwindigkeit von $\Delta v_2 = -1\frac{1}{3}\frac{m}{s}$ unterwegs. Die in diesem Zeitabschnitt zurückgelegte Strecke beträgt also $\Delta s_2 = v_2 \cdot \Delta t_2 = -1\frac{1}{3}\frac{m}{s} \cdot 3s = -4m$.

Wie müssen wir diese negative Strecke interpretieren? Auf zweierlei Arten. Wenn man nun fragt, welchen Weg das Objekt **insgesamt** zurückgelegt hat, so zählt man die **Beträge** der beiden Teilstrecken zusammen und erhält $|\Delta s_1| + |\Delta s_2| = 2m + 4m = 6m$. Fragt man hingegen, wie weit der Körper nach 8 Sekunden von seinem Startpunkt entfernt ist, so zählt die beiden Teilstrecken unter Berücksichtigung der Vorzeichen zusammen und bekommt $\Delta s_1 + \Delta s_2 = 2m - 4m = -2m$. Der Endpunkt der Bewegung liegt also 2m **hinter** dem Startpunkt!

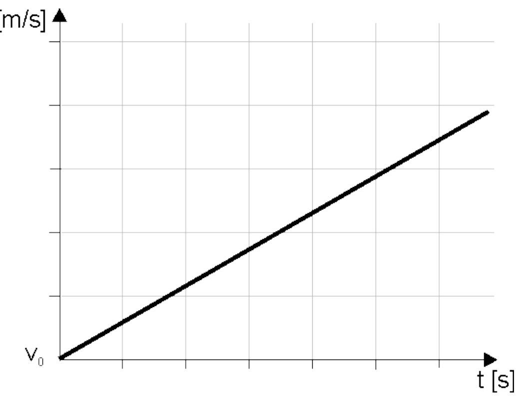
Wie sieht das dazugehörige Ort – Zeit Diagramm aus, wenn sich das Objekt zum Zeitpunkt null am Ort s_0 = 0m befunden hat?

Lösung



1.10.3 Die gleichmässige Bewegung

Ändert sich die Geschwindigkeit als Funktion der Zeit, so spricht man von einer beschleunigten Bewegung.
Wir messen die Geschwindigkeit eines Objekts auf einer leicht geneigten Bahn als Funktion der Zeit. Die Daten werden mit Hilfe eines x – y Schreibers aufgezeichnet. Qualitativ ergibt sich folgendes Bild im Geschwindigkeit – Zeit Diagramm:



Die Geschwindigkeit ändert sich im Verlaufe der Bewegung. Das Bild, das der Schreiber zeichnet, entspricht einer Geraden – die Geschwindigkeit nimmt also mit der Zeit *linear* zu.

Ergibt sich im v – t Diagramm eine Gerade, so spricht man von einer **gleichmässig beschleunigten Bewegung**.

Die Steigung der Geraden im v – t Diagramm der gleichmassig beschleunigten Bewegung beträgt natürlich $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ (ganz analog zur Definition der Geschwindigkeit $v=\frac{\Delta s}{\Delta t}$). Oder anders formuliert, bei der geradlinig gleichförmig beschleunigten Bewegung bleibt der Quotient aus der Änderung der Geschwindigkeit durch die dabei verflossene Zeit konstant. Daher ist es sinnvoll, diesem Quotienten einen Namen zu geben. Man hat ihm den Namen **Beschleunigung** gegeben. Das Symbol für die Beschleunigung ist ein kleines **a** (für **a**cceleration). Die Formel für die Beschleunigung lautet also:

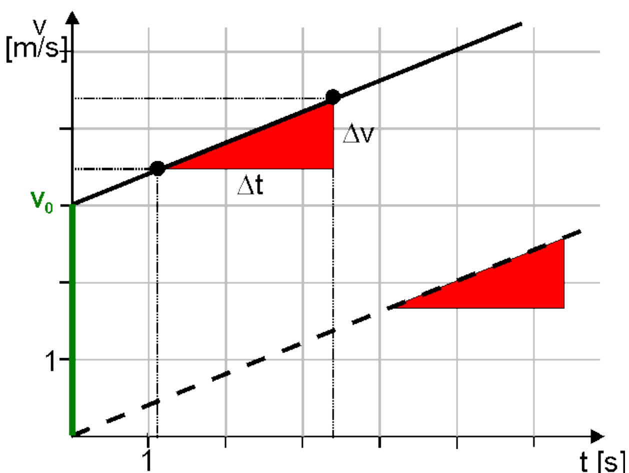
$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}\text{, mit der Einheit } [a]=\frac{[\Delta v]}{[\Delta t]}=\frac{\frac{m}{s}}{s}=\frac{m}{s\cdot s}=\frac{m}{s^2}$$

1.10.3.1 Geschwindigkeit – Zeit Diagramme der gleichmässig beschleunigten Bewegung

Aus dem v – t Diagramm lässt sich die **Änderung der Geschwindigkeit** als Funktion der Zeit direkt ablesen.

$$\Delta v=\frac{\Delta v}{\Delta t}\cdot\Delta t=a\cdot\Delta t$$

Fragt man hingegen nach der Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt t, so bekommt man das

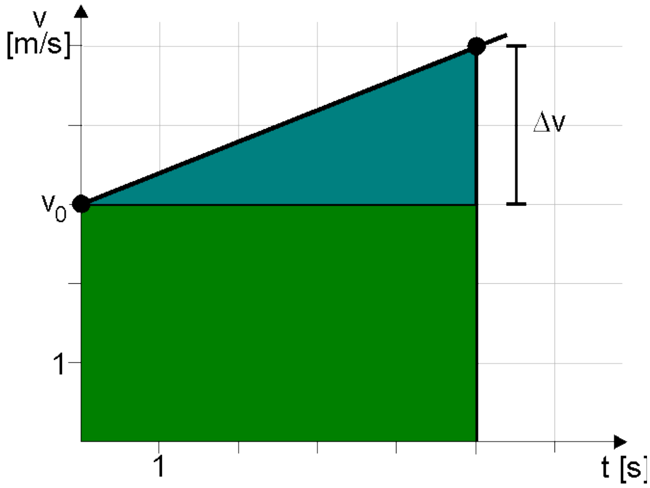


Geschwindigkeit – Zeit Gesetz $v = v_0 + a \cdot t$,

wobei mit v_0 die Anfangsgeschwindigkeit gemeint ist.

Auch bei der gleichmässigen Bewegung gilt, wie wir bei der allgemeinen Bewegung bereits gesehen haben, dass der zurückgelegte Weg der Fläche unter der Kurve im v – t Diagramm entspricht.

Aus nebenstehendem Graphen können wir die zurückgelegte Strecke ablesen, indem wir die Fläche unter der Geraden berechnen:



$$\Delta s = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot \Delta v \cdot \Delta t$$

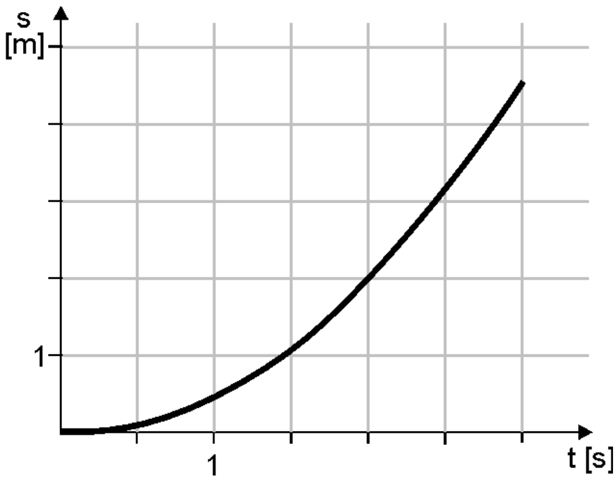
Die vereinfacht sich zu

$$\Delta s = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 .$$

Stand das bewegte Objekt zu Beginn der Bewegung nicht am Ort null, so muss man diesen "Vorsprung" s_0 noch dazu addieren. Startete das Objekt zum Zeitpunkt $t_1 = 0$ (wie in der Grafik), so entsteht die allgemein gültige Schlussgleichung für den Ort, das Ort – Zeit Gesetz:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 .$$

Wie man der letzten Gleichung entnehmen kann, kommt die Zeit quadratisch vor. Dies sieht man auch im Ort – Zeit Diagramm der gleichförmig beschleunigten Bewegung.



Ein Kommentar noch zum Vorzeichen: die Beschleunigung kann positive und negative Werte annehmen. Im ersten Fall nimmt die Geschwindigkeit mit der Zeit zu (Gas geben), im zweiten Fall nimmt die Geschwindigkeit mit der Zeit ab (bremsen). Man spricht dann von einer **verzögerten** Bewegung

Beispiel

Der neue Airbus A380 hebt typischerweise bei einer Geschwindigkeit von rund 378 km/h ab. Die vier Triebwerke entwickeln dabei eine Beschleunigung von etwa 3.64 m/s². Die Masse des Flugzeugs beträgt dabei rund 341 Tonnen, 275 Tonnen Leergewicht und 66.4 Tonnen übliche Nutzlast.

Airbus A380 bei einer Flugzeugschau im Juni 2006. Quelle: Wikipedia

Wie lange dauert der Startvorgang?

Lösung

Aus $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ folgt gleich $\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{105\frac{m}{s} - 0\frac{m}{s}}{3.64\frac{m}{s^2}} \approx 28.8s$.

Wie lange muss die Startbahn mindestens sein?

Lösung

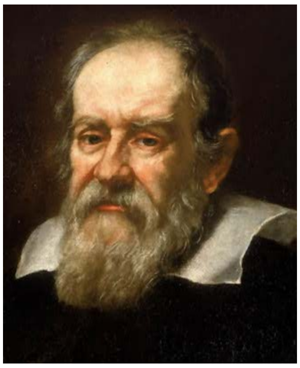
Für die Strecke bei der gleichmässig beschleunigten Bewegung gilt
$\Delta s = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 = 0m + \frac{1}{2} \cdot 3.64\frac{m}{s^2} \cdot (28.8s)^2 \approx 1513m$.
Wir haben bei dieser Rechnung natürlich alle Widerstandskräfte ausser Acht gelassen (Rollreibung, Luftwiderstand), weshalb die wirkliche Startstrecke grösser sein wird. Als Mindestlänge für eine Startbahn findet man den Wert von 4km. Darin sind aber noch gewisse Sicherheitsparameter berücksichtigt.

1.10.4 Würfe

1.10.4.1 Der freie Fall

Galileo Galilei hatte schon bemerkt, dass die Gestalt und die Masse eines Körpers keinen Einfluss auf den freien Fall hat.

- Ohne einen äusseren Einfluss (Luft) benötigen alle fallenden Körper aus der Ruhe heraus für gleiche Weglängen die gleiche Zeit.
- Die Beschleunigung, welche ein Körper beim freien Fall erfährt, ist am selben Ort für alle Körper gleich. Dieser Beschleunigung sagt man **Fallbeschleuni-**


Galileo Galilei 1564-1642
Quelle: www.wikipedia.de

gung g (beiweilen auch Ortsfaktor genannt). Sie hängt von der geographischen Breite des Ortes und der Höhe über Meer ab (dazu mehr im nächsten Schuljahr). Wir arbeiten mit einem mittleren Wert der Fallbeschleunigung auf der Erde von g = 9.81 m/s^2.

Beispiel

Ein Wasserhahn tropft vor sich hin. Der Hahn ist 30 cm vom Aufschlagspunkt des Tropfens im Wasserbecken entfernt.
Mit welcher Geschwindigkeit schlägt der Tropfen im Waschbecken auf?

Lösung

Die Geschwindigkeit bei der gleichmässig beschleunigten Bewegung berechnet sich aus $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ zu

$\Delta v = v_1 - v_0 = a \cdot \Delta t$.

Die Anfangsgeschwindigkeit beträgt $v_0 = 0\frac{m}{s}$. Die Beschleunigung ist bekannt, es ist die Fallbeschleunigung $a = g = 9.81\frac{m}{s^2}$. Für die weitere Rechnung fehlt aber die Zeit. Allerdings wissen wir auch, dass für die Strecke gilt $\Delta s = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2$. Dies lösen wir einfach nach Δt auf und berücksichtigen, dass eben $v_0 = 0\frac{m}{s}$ ist und bekommen

$\Delta t = \sqrt{\frac{2\Delta s}{a}}$.

Dies setzen wir in die Formel für die Geschwindigkeit ein und erhalten

$v_1 = a \cdot \Delta t = a \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta s \cdot a^2}{a}} = \sqrt{2 \cdot a \cdot \Delta s} = \sqrt{2 \cdot 9.81\frac{m}{s^2} \cdot 0.3m} \approx 2.4\frac{m}{s}$.

Die nachfolgende Aufgabensammlung ist ein Auszug aus der Datenbank unter www.physica.ch. Zu jeder Aufgabe können die nummerischen Resultate, wo möglich, im Anhang nachgesehen werden. Falls Sie genauere Lösungen benötigen, können Sie auf der obigen Homepage die hinter der Aufgabe angegebene Nummer ins Suchfeld eingeben und erhalten so noch genauere Lösungshinweise. Sollte bei einer Aufgabe keine Lösung angeboten werden, so benutzen Sie bitte das ebenfalls vorhandene Forum, um Ihre Frage loszuwerden.

---

1)[404]Etwas zum zählen:

a) Wie viele Sekunden hat ein Jahr?
b) Wenn man pro Sekunde einen Franken abzählen könnte, wie viele Jahre würde man benötigen, um eine Milliarde Franken abzuzählen?
c) Wie lange würde es dauern, alle Moleküle in einem Mol abzuzählen, wenn man wiederum ein Molekül pro Sekunde abzählen könnte? (Die Zahl der Moleküle in einem Mol entspricht der Avogadro-Zahl: $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \mathrm{mol}^{-1}$)

2)[407]Drücken Sie die folgenden Zeiten in Sekunden aus, und benutzen Sie anschliessend die Zehnerpotenzdarstellung!

a) Stunde
b) Tag
c) Jahr
d) Die Zeit, welche das Licht für die Strecke von 9.46 Pm (Pm = Petameter: 1 Pm = $1 \cdot 10^{15}$ m).
e) Umlaufzeit des Mondes von 29.53d (1d = 1 Tag).

3)[406]Drücken Sie die folgenden Längen in Meter aus und benutzen Sie anschliessend die Zehnerpotenzdarstellung (Beispiel 5 km = 5000 m = $5 \cdot 10^3$ m)!

a) Erdradius: 6378 km
b) Abstand Erde - Mond: 384'000 km
c) Mondradius: 1738 km
d) Abstand Erde Sonne: 150 Mkm
e) Saturnradius: 60'100 km
f) Radius des Pluto: 1100 km
g) Haardurchmesser: $\frac{1}{100}\mathrm{mm}$
h) Atomdurchmesser (Argon): 190 pm

4)[408]Die folgenden Massen sind in Kilogramm umzurechnen - benutzen Sie anschliessend die Zehnerpotenzdarstellung! (Hinweis: 1u = $1.67 \cdot 10^{-27}\mathrm{kg}$)

a) Erdmasse: 0.598 Et (Exatonnen: 1 Et = $1 \cdot 10^{18}$ t)
b) Mondmasse: $7.35 \cdot 10^{19}$ t
c) Sonnenmasse: $1.99 \cdot 10^{27}$ t
d) Masse eines Atoms (Argon): 39.95 u (Unit: 1u = $1.66 \cdot 10^{-27}$ kg)

5)[439]Im Jahre 2005 starben mehr als 6 Millionen Menschen an Hunger. Unterernährung sei für mehr Tote verantwortlich als die Krankheiten Aids, Malaria und Tuberkulose zusammen, erklärte der Direktor des Welternährungsprogramms (WFP), James Morris, in Genf zum Welternährungstag 2005.

Wie viele Tote sind das pro Minute? Hinweis: das renommierte Frauenhofer Institut geht bis ins Jahr 2030 von 900 Millionen Toten infolge der Klimaerwärmung aus!

6)[111]Ein Fussgänger legt in 6 Sekunden eine Strecke von 36 m zurück.

a) Wie gross ist seine Geschwindigkeit?
b) Wie lange braucht er für eine Strecke von 1.2 km?

7)[113]Ein Überschallflugzeug habe eine Geschwindigkeit von $450\,\frac{m}{s}$.

Wie lange braucht es für eine Strecke von 316 km?

8)[416]Ein Auto fährt mit konstanter Geschwindigkeit auf der Autobahn. Es passiert zwei aufeinanderfolgende Kilometersteine innerhalb von 28 s.

a) Wie gross ist seine Geschwindigkeit?
b) Wie lange benötigt es, um bei gleichbleibender Geschwindigkeit eine 900 m lange Talbrücke zu passieren?
c) Die letzte Pause liegt 25 min zurück. Wie weit ist der Wagen seither gefahren?

9)[417]In Stahl breitet sich der Schall mit einer Geschwindigkeit von $4.9 \cdot 10^3\,\frac{m}{s}$ aus.

Wie lange braucht der Schall, um eine Eisenbahnschiene von 20m zu durchlaufen?

10)[412]Ein Fahrzeug bewegt sich auf einer geradlinigen Bahn. Die folgende Messreihe gibt an, zu welcher Zeit t sich das Fahrzeug an der Ortskoordinate s befand (t/s): (1.5s/3cm),(3.0s/4cm),(4.5s/5cm),(6.0s/6cm),(9.0s/8cm),(15.0s/12cm)

a) Zeichnen Sie das Ort Zeit Diagramm des Bewegungsablaufs.
b) Geben Sie das Ort Zeit Gesetz des Bewegungsablaufs an.
c) Geben Sie das Geschwindigkeit Zeit Gesetz des Bewegungsablaufs an.
d) An welcher Ortskoordinate s befindet sich das Fahrzeug nach einer Stunde?

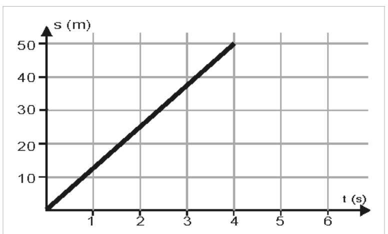
11)[418]Welche Grösse kann man der Steigung des Graphs im Ort - Zeit Diagramm entnehmen?

Den zurückgelegten Weg?	O
Die benötigte Zeit?	O
Die Geschwindigkeit?	O
Den Ausgangsort der Bewegung?	O
Die Startzeit?	O

12)[419]Welche Lage hat die Kurve im Ort-Zeit Diagramm zur Zeitachse, wenn die Geschwindigkeit null ist?

Die Kurve hat eine Steigung von 60°!	O
Die Kurve liegt parallel zur Zeitachse!	O
Die Kurve hat eine Steigung von 45°!	O
Die Kurve hat eine Steigung von 25°!	O
Die Kurve steht senkrecht zur Zeitachse!	O

13)[420]Ermitteln Sie die Geschwindigkeit des Fahrzeugs aus seinem Ort-Zeit Diagramm:

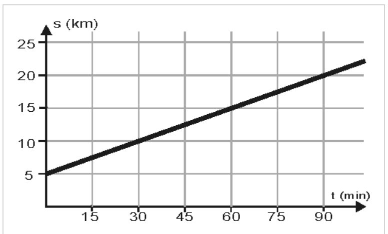


a) in m/s
b) in km/h

14)[421]Wie gross ist die Geschwindigkeit des Fahrzeugs mit dem folgenden Ort-Zeit Diagramm

a) in $\frac{\text{km}}{h}$?

b) in $\frac{m}{\text{min}}$?



15)[422]Erstellen Sie jeweils das Ort-Zeit Diagramm für die gleichförmigen Bewegungen mit folgenden Geschwindigkeiten, wobei die Bewegung von den Achsenschnittpunkten ausgehen sollen.

a) $2\,\frac{m}{s}$

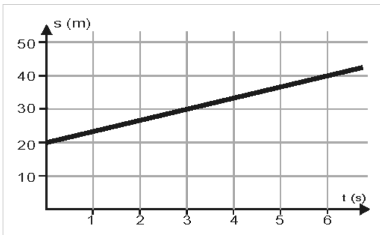
b) $5\,\frac{m}{s}$

c) $36\,\frac{\text{km}}{h}$

d) $0.9\,\frac{\text{km}}{\text{min}}$

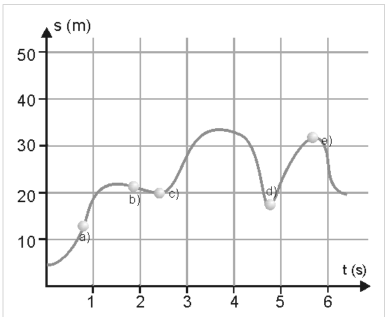
16)[423]Betrachten Sie das folgende Ort-Zeit Diagramm:

a) Wie lautet das Ort-Zeit Gesetz der Bewegung?
b) Erstellen Sie das Geschwindigkeits-Zeit Diagramm!
c) Wo befindet sich das Objekt nach zwei Stunden?



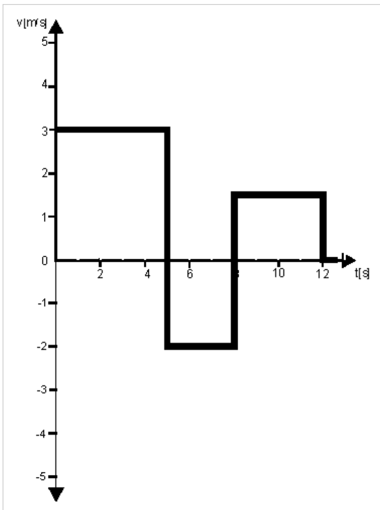
17)[424]Betrachten Sie das folgende Ort-Zeit Diagramm:

Ordnen Sie die Punkte im folgenden Ort-Zeit Diagramm nach steigenden Geschwindigkeitsbeträgen, welche das bewegte Objekt zum bezeichneten Zeitpunkt hatte.



18)[222]Betrachten Sie das nebenstehende Geschwindigkeits Zeit Diagramm.

a) Zeichnen Sie daraus das dazugehörige Ort Zeit Diagramm, wenn das bewegte Objekt sich zum Zeitpunkt null am Ort s = 1 m aufgehalten hat!
b) An welchem Ort befindet sich das Objekt am Ende der Bewegung?
c) Wie gross war die mittlere Geschwindigkeit der Bewegung im Zeitraum von 0 bis 12 s?
d) Angenommen, das Objekt hätte einen Distanzbesser ("Kilometerzähler") eingebaut um wie viel würde sich die Streckenanzeige ändern?



19)[7]Eine Lok beschleunigt aus dem Stillstand mit $a = 1.2\,\dfrac{m}{s^2}$.

a) Welche Strecke hat sie in den ersten 8 Sekunden zurückgelegt?
b) Wie schnell fährt sie dort?

20)[120]Ein aus dem Stand gleichmässig beschleunigendes Auto legt in den ersten 4 Sekunden 24 Meter zurück.

Wie gross ist danach die Geschwindigkeit?

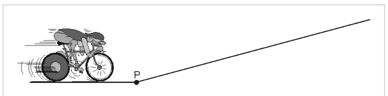
21)[164]Ein Geschützrohr hat eine Länge von 2m. Die Mündungsgeschwindigkeit einer Granate beträgt $400\,\dfrac{m}{s}$.

a) Welcher mittleren Beschleunigung unterliegt das Geschoss im Rohr und
b) Wie lange bewegt es sich in demselben?

22)[425]Ein trainierter Radfahrer fährt zunächst mit konstanter Beschleunigung an und erreicht in 5 Sekunden aus dem Stand eine Geschwindigkeit von v = 6 m/s. Anschliessend fährt er 8 s lang mit dieser Geschwindigkeit weiter und bremst dann mit konstanter Verzögerung. Zwei Sekunden später kommt er zum Stehen. Benutzen Sie für alle Diagramme 1 cm für jeweils eine Einheit!

a) Zeichnen Sie das Geschwindigkeits-Zeit Diagramm dieser Bewegung!
b) Bestimmen Sie mit Hilfe ihres Diagramms den insgesamt zurückgeleg-ten Weg!
c) Zeichnen Sie das Ort-Zeit Diagramm dieser Bewegung, wenn der Radfahren zum Zeitpunkt null am Ort null war!

23)[426]Paul erreicht die Stelle P zur Zeit t = 0 mit der Geschwindigkeit 2 m/s und hört dann auf zu treten. 1.5 s später beträgt seine Geschwindigkeit noch 1.25 m/s. Die Bewegung ist gleichmässig beschleunigt, respektive verzögert.



a) Geben Sie das GeschwindigkeitZeit und
b) das Ort Zeit Gesetz an!
c) Wie schnell ist Paul nach 1.5 s und wo ist er dann?
d) Wann steht Paul gerade still und wo ist er dann?

24)[429]Eine Kugel rolle auf einer schiefen Ebene abwärts und erfahre jede Sekunde einen Geschwindigkeitszuwachs von $5\,\dfrac{\text{cm}}{s}$.

Wie gross ist ihre Geschwindig-keit nach 10 s und welchen Weg hat sie dann zurückgelegt?

25)[430]Angenommen, ein Düsenjäger beschleunige konstant aus dem Stand heraus mit zweifacher Erdbeschleunigung (= $2 \cdot 9.81\,\dfrac{m}{s^2}$) in horizontaler Richtung,

nach welcher Zeit würde er die Schallmauer durchbrechen, wenn man vom Luftwiderstand absieht? ($v_{Schall} = c = 340\,\dfrac{m}{s}$)

26)[427]Ein Auto werde aus der Ruhe 20 s lang mit $4\,\dfrac{m}{s^2}$ beschleunigt. Anschliessend bleibt die Geschwindigkeit während 20 s konstant. Danach beträgt die Beschleunigung $-2\,\dfrac{m}{s^2}$, bis der

Wagen wieder steht.

Wie gross ist die insgesamt zurückgelegte Strecke?

27)[433]Ein Eisenbahnzug hat eine Geschwindigkeit von $72\,\frac{\mathrm{km}}{h}$. Die Bremse wird betätigt, die eine Beschleunigung von $1\,\frac{m}{s^2}$ erzeugt.

a) Nach welcher Strecke, vom Beginn des Bremsens an gerechnet, ist die Geschwindigkeit noch halb so gross?
b) Nach welcher Zeit steht der Zug still,
c) und wie gross ist der Bremsweg?

28)[8]Menschen beschleunigen im freien Fall wie Steine.

Aus welcher Höhe müsste man sich ins Wasser fallen lassen, um mit $50\,\frac{\mathrm{km}}{h}$ aufzuschlagen?

29)[9]Ein Auto fahre mit $30\,\frac{\mathrm{km}}{h}$ gegen eine Wand.

Aus welcher Höhe hätte man das Auto fallen lassen müssen, um dieselbe "Verbeulung" zu erhalten?

30)[6]Eine Bleikugel wird aus dem 2.Stock (8m) eines Hauses fallen gelassen.

a) Nach welcher Zeit befindet sie sich auf der Höhe des ersten Stocks (h=4m)?
b) In welcher Höhe befindet sie sich in der Halbzeit ihres Fluges?
c) Berechne die Geschwindigkeit, mit der die Kugel im Erdgeschoss (h=0m) aufschlägt!

31)[434]Ein Tennisball wird senkrecht nach oben mit einer Geschwindigkeit von $25\,\frac{m}{s}$ abgeschossen.

a) Wie hoch steigt er?
b) Nach welcher Zeit prallt er wieder auf?

32)[436]Eine Stahlkugel wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $10\,\frac{m}{s}$ aus einer Höhe von 1 m vertikal auf eine horizontale Stahlplatte geworfen. Der Geschwindigkeitsverlust bei der Reflektion (Rückprall) beträgt 20%.

Welche Höhe erreicht sie nach dem Rückprall?

33)[435]Von einer 40 m hohen Brücke wird ein Stein mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $5\,\frac{m}{s}$ vertikal abwärts geworfen.

a) Mit welcher Geschwindigkeit und
b) nach welcher Zeit schlägt er auf dem Wasser auf?

Kurzlösungen

1)

a) $31.5 \cdot 10^{6} s$
b) 31.7 Jahre
c) $1.9 \cdot 10^{16}$ Jahre

2)

a) $3.6 \cdot 10^{3} s$
b) $8.64 \cdot 10^{4} s$
c) $3.2 \cdot 10^{7} s$
d) $3.2 \cdot 10^{7} s$
e) $2.6 \cdot 10^{6} s$

3)

a) $6.378 \cdot 10^{6} m$
b) $3.840 \cdot 10^{8} m$
c) $1.738 \cdot 10^{6} m$
d) $1.5 \cdot 10^{11} m$
e) $6.01 \cdot 10^{7} m$
f) $1.100 \cdot 10^{6} m$
g) $1 \cdot 10^{-5} m$
h) $1.9 \cdot 10^{-10} m$

4)

a) $0.598 \cdot 10^{21} \mathrm{kg}$
b) $7.35 \cdot 10^{22} \mathrm{kg}$
c) $1.99 \cdot 10^{30} \mathrm{kg}$
d) $6.63 \cdot 10^{-26} \mathrm{kg}$

5)

11.4

6)

a) $21.6 \frac{\mathrm{km}}{h}$
b) $3'20''$

7)

$11'42''$

8)

a) $129 \frac{\mathrm{km}}{h}$
b) 25.2s
c) 53.6km

9)

0.0041s

10)

a) k.A.
b) k.A.
c) $0.007\frac{m}{s}$
d) 25.22m

11)

a) 0
b) 0
c) 1
d) 0
e) 0

12)

a) 0
b) 1
c) 0
d) 0
e) 0

13)

a) $12.5\frac{m}{s}$
b) $45\frac{\mathrm{km}}{h}$

14)

a) $15\frac{\mathrm{km}}{h}$
b) $250\frac{m}{\mathrm{min}}$

15)

a) k.A.
b) k.A.
c) k.A.
d) k.A.

16)

a) k.A.
b) k.A.
c) $48.02 \cdot 10^3 m$

17)

k.A.

18)

a) k.A.

b) $16m$

c) $1.25\frac{m}{s}$

d) $27m$

19)

a) 38.4m

b) $9.6\frac{m}{s}$

20)

$12\frac{m}{s}$

21)

a) $40000\frac{m}{s^2}$

b) $0.01s$

22)

a) k.A.
b) 69m
c) k.A.

23)

a) k.A.
b) k.A.

c) $1.25\frac{m}{s};2.44m$

d) $4s;4m$

24)

$50\frac{\text{cm}}{s};250\text{cm}$

25)

17s

26)

4000m

27)

a) 150m
b) 20s
c) 200m

28)

9.83m

29)

3.54m

30)

a) 0.9 s
b) 6 m
c) $12.5\,\frac{m}{s}$

31)

a) 31.25m
b) 5s

32)

3.90m

33)

a) $28\,\frac{m}{s}$
b) 2.4s