



Physik im Kontext

Untersuchung beschleunigter Bewegungen durch Videoanalyse

Klasse 10
Gymnasium

Schulset Hamburg

Hamburg, Mai 2009

Impressum:

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Bildung und Sport

Amt für Bildung - B 22 –

Referat: Mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht

Hamburger Straße 3, 22083 Hamburg

Fachreferent:

Henning Sievers

Leibniz-Institut der Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)

Olshausenstr. 62; 24098 Kiel

Piko-Mitarbeiter:

Thorsten Bell, Ulrike Gromadecki, Silke Mikelskis-Seifert, Christoph Müller

Autoren:

Ingrid Denecke

Tobias Kirsch

Florian Ringe

Dirk Schütt

Hamburg 2009

„**Physik im Kontext**“ (piko) ist ein Programm*, das die naturwissenschaftliche Grundbildung von Schülerinnen und Schülern durch Physikunterricht fördern will. Dabei arbeiten erfahrene Lehrkräfte und Fachdidaktiker gemeinsam in sogenannten „Schulsets“ an der Entwicklung von neuen Unterrichtskonzepten und Materialien, die sich an drei Leitlinien orientieren:

- 1. Entwicklung einer neuen Lehr-Lern-Kultur:** Ein methodisch vielfältiger und auf die Lernziele abgestimmter Unterricht bietet Schülerinnen und Schülern unterschiedliche Zugänge zu einem Thema, hilft bei der Überwindung von Lernschwierigkeiten und kann selbstgesteuertes Lernen ermöglichen. Die Anbindung an Alltagskontexte fördert Interesse und Motivation.
- 2. Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens, Arbeitens und Anwendens:** Ein grundlegendes Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen kann Schülerinnen und Schüler zu eigenständiger Arbeit befähigen sowie die Anwendung schulischen Wissens in der Auseinandersetzung mit Problemen aus Alltag und Lebenswelt fördern.
- 3. Integration von Themen aus dem Bereich moderne Physik/Technologien:** Moderne Themen können als Anwendungskontexte das Interesse von Schülerinnen und Schülern fördern. In höheren Jahrgangsstufen kann darüber hinaus ein Grundverständnis für moderne theoretische Perspektiven entwickelt werden.

Die vorliegende Handreichung ist ein Produkt der piko-Arbeit im Schulset: Hamburg und wurde am Gymnasium Lohbrügge entwickelt.

* Das Programm wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel in Kooperation mit den Universitäten Kassel und Paderborn, der Humboldt-Universität zu Berlin und der Pädagogischen Hochschule in Ludwigsburg durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Erläuterungen zu den Zielen und Inhalten der UE	5
Übersicht über den Unterrichtsgang.....	6
Baustein „Bewegungsdiagramme und ihre Interpretation“	7
Material zum Baustein „Bewegungsdiagramme und ihre Interpretation “	9
Baustein „Untersuchung von Bewegungen mit Hilfe der Videoanalyse“	13
Anleitung zur Auswertung mit Excel	16
Anleitung für das Videoanalyseprogramm Viana	20
Zusammenfassung zur Auswertung.....	22
Projektaufgabe Auswertung einer Bewegung mit Videoanalyse.....	23
Hinweise zur Videoaufnahme mit der Kamera Casio EX-F100.....	24
Hinweise zur Konvertierung mit VirtualDub.....	24
 Der Unterrichtsgang mit weiterem Material	
1./2. Stunde	25
3./4. Stunde	33
5./6. Stunde	36
7. - 10. Stunde	37
11. -14. Stunde.....	40
15.-18. Stunde	40
19./20. Stunde	44

Allgemeine Erläuterungen zu den Zielen und Inhalten der UE

Das Hauptanliegen dieser Unterrichtseinheit ist es, ausgehend von Bewegungsvorgängen des Alltags die Begriffe der gleichförmigen Bewegung und der gleichmäßig beschleunigten Bewegung als besondere Bewegungsformen herauszuarbeiten und Bewegungsgleichungen für diese speziellen Bewegungsformen abzuleiten. Mit Hilfe dieser Bewegungstypen sollen dann gegebene oder selbst aufgezeichnete Bewegungen charakterisiert und quantitativ ausgewertet werden.

Im Hamburger Rahmenplan Physik des achtstufigen Gymnasiums ist die Analyse beschleunigter Bewegungen für die Jahrgangsstufe 10 vorgesehen.

Grundlage für unsere Arbeit war die UE „Kinematik in der Jahrgangsstufe 11 mithilfe der Digitalen Videoanalyse“ des Piko-Sets Ostwestfalen-Lippe. Diese UE steht auf dem Piko-Server zum Herunterladen bereit:

www.physik-im-kontext.de – Unterrichtskonzepte-Kinematik-Kinematik06_final.pdf

Den ersten Entwurf der von uns weiterentwickelten UE haben wir im Schuljahr 2007/08 in drei 10. Klassen erprobt. Der hier vorgestellte überarbeitete zweite Entwurf ist im Schuljahr 2008/09 in drei weiteren 10. Klassen erfolgreich unterrichtet worden.

Wesentliche Änderungen gegenüber der UE aus Ostwestfalen-Lippe sind

- Andere Videosequenzen als Einstieg
- Die erste Auswertung von Bewegungsdaten erfolgt per Hand und nicht mit einer Tabellenkalkulation
- Die Interpretation von Graphen zur Bewegung wird an zahlreichen Beispielen geübt, bevor die Schüler selbständig Bewegungsvideos analysieren
- Wir benutzen ein anderes unseres Erachtens besser zu handhabendes Videoanalyseprogramm (Viana statt Vimps)
- Schüler nehmen z.T. eigene Bewegungsvideos auf
- Abschließend führen die Schüler im Rahmen eines kleinen Projekts eine vollständige Analyse und Interpretation eines Bewegungsvideos durch

Der Schwerpunkt der vorliegenden Ausarbeitung liegt in der eigentlichen Videoanalyse (Baustein 2). Diese ist nach unseren Erfahrungen jedoch nur dann erfolgreich, wenn das Lesen und Erstellen von Bewegungsdiagrammen sowie ihre Interpretation ausführlich geübt werden (Baustein 1).

Übersicht über den Unterrichtsgang

Als Einstieg dienen uns 7 Videos mit *Modellflugzeug*, *Achterbahn*, *Renault-Werbung*, *Wettlauf Strauß-Pinguin (Cartoon)*, *Bungee*, *Wettlauf Mensch-Gepard*, *Läufer*, um in das Thema einzustimmen, zu motivieren und Bedingungen für die Aufnahme von für die Analyse geeigneten Videos zu erarbeiten. Man kann derartige Videos von Youtube z.B. mit dem Browser Firefox und dem kostenlosen Plugin *DownloadHelper* leicht runterladen und speichern.

Am Video *Läufer1* (aus dem piko-Material von Ostwestfalen-Lippe) wird dann die Aufnahme der Messdaten mit dem Videoanalyseprogramm Viana demonstriert, die Tabelle mit den Messdaten den Schülern zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieser Daten werden die Begriffe gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung erarbeitet, Geschwindigkeiten berechnet, Beschleunigungen bestimmt und Graphen gezeichnet.

Die Interpretation von Graphen wird ausführlich geübt z.B. an Arbeitsblättern, die man im Internet unter <http://bscw.kanti-glarus.ch/pub/bscw.cgi/S49857d89/48035> findet. Die Schüler sollen Sicherheit in der Analyse von Bewegungen aus den Graphen erhalten.

Anschließend lernen die Schüler die Auswertung von gegebenen Messdaten in Excel (für den *Läufer 2* aus dem piko-Material von Ostwestfalen-Lippe). Sie berechnen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen, erstellen Diagramme und interpretieren die Bewegung. Erst anschließend bestimmen sie für eine weitere Bewegung Messdaten mit dem Videoanalyseprogramm Viana (und nicht VIMPs wie beim piko-Set Ostwestfalen-Lippe) und untersuchen diese mit Hilfe von Excel.

Dann werden eigenen Videos aufgenommen. Die Schüler analysieren anschließend in Zweiergruppen unterschiedliche Bewegungen aus den selbst aufgenommenen oder anderen Videos und erstellen eine detaillierte Auswertung.

Es schließt sich eine durch Interpretation von Graphen begründete Angabe der Bewegungsgesetze an, Rechenaufgaben werden geübt.

Eine Doppelstunde mit Schülerversuchen zur Fallbeschleunigung beendet die Unterrichtseinheit.

Der Unterrichtsgang ist mit Stundenverlauf im Anhang dokumentiert.

Bewegungsdiagramme und ihre Interpretation	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Beschleunigung, Interpretation von t-s-, t-v- und t-a-Diagrammen	3 Doppelstunden
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
<p>Wie kann man aus Videos eines Bewegungsablaufs Werte für die physikalische Beschreibung dieser Bewegung erhalten? Welche physikalischen Größen sind dafür nötig? Wie erhält man sie aus den Diagrammen?</p>	
Methodische Vorschläge	
<p>Einstieg Den Schülern werden kurze Videos zu Bewegungen gezeigt (<i>Modellflugzeug, Achterbahn, Renault-Werbung, Wettlauf Strauß-Pinguin, Bungee, Wettlauf Mensch-Gepard, Läufer</i>).</p> <p>Erarbeitung Welche Bedingungen gibt es für ein Video, um daraus geeignete s-t-Werte zu erhalten? Von einem Video mit einem Bewegungsvorgang (Läufer 1) wird die Erstellung der s-t-Werte mit dem Videoanalyseprogramm demonstriert. Diese s-t-Werte werden den Schülern gegeben. Zu den Werten werden Diagramme erstellt und mit Hilfe der Diagramme die physikalischen Begriffe erarbeitet.</p> <p>Festigung Es gibt zahlreiche Übungen zur Berechnung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen, Interpretation von Bewegungs-Graphen.</p>	

Material**Material:**

Arbeitsblätter von <http://bscw.kanti-glarus.ch/pub/bscw.cgi/S49857d89/48035>

Arbeitsblätter Übung 1 und Übung 2.

Applets zur beschleunigten Bewegung:

<http://www.pk-applets.de/phy/lbw/linbeweg.html>

<http://www.schule->

[bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/mechanik2/bewegung/beschleunigt.htm](http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/mechanik2/bewegung/beschleunigt.htm)

<http://www.zum.de/dwu/umapmb.htm>

Videos Läufer 1 und Läufer 2 stammen vom piko-Set Ostwestfalen-Lippe.

Anhang

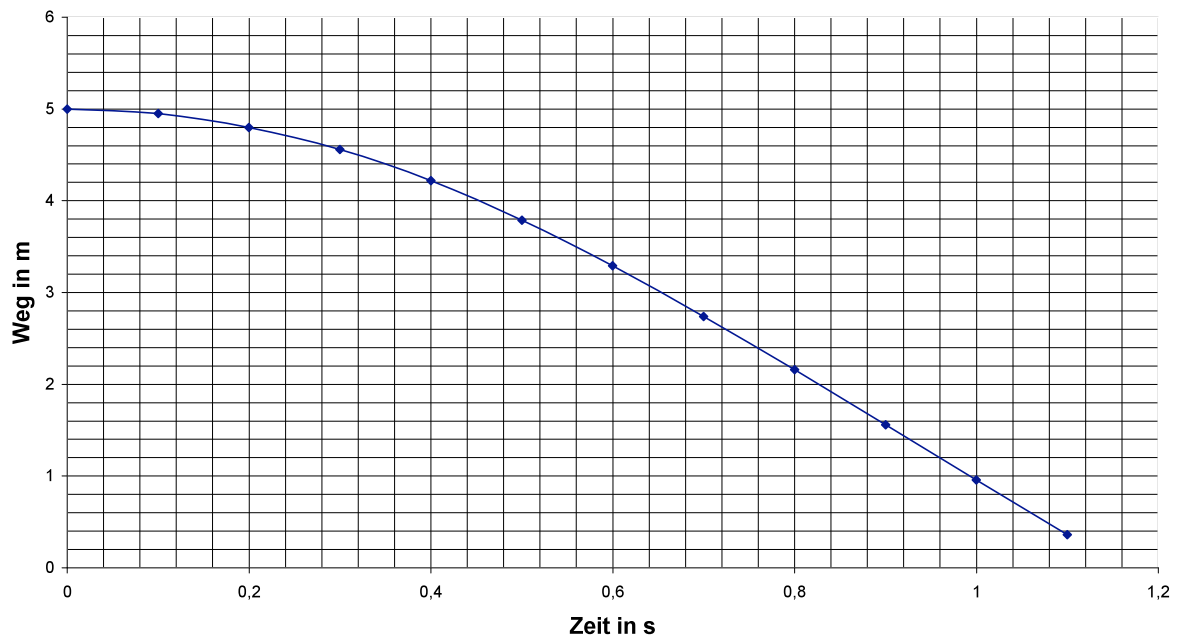
Die Arbeitsblätter Übung 1 und Übung 2

Der Stundenverlauf der gesamten Unterrichtseinheit ist im Anhang am Ende ab Seite 25 dokumentiert mit weiterem Material.

Übung 1

- Identifiziere die Bereiche (Intervalle), in denen die Bewegung gleichförmig ist.
- Bestimme für diese Bereiche die Geschwindigkeit.
- Identifiziere die Bereiche, in denen die Bewegung beschleunigt ist.
- Bestimme in diesen Bereichen die Geschwindigkeiten und trage sie in die Tabelle ein.
- Bestimme die Bereiche, in denen die Bewegung gleichmäßig beschleunigt ist und ermittle den Wert für die Beschleunigung.

Weg-Zeit-Diagramm Übung 1

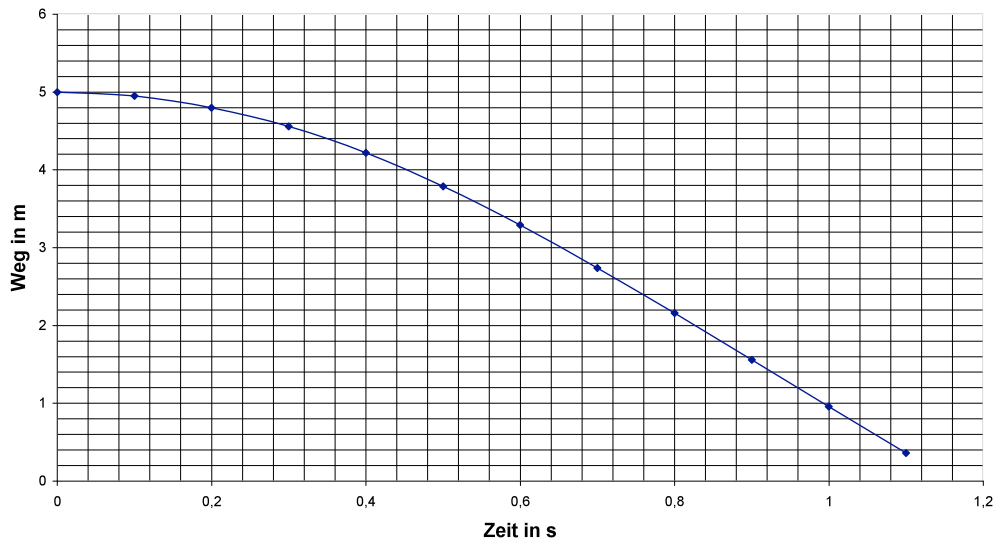


t in s	s in m	v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	a in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
0	5		
0,1	4,95		
0,2	4,8		
0,3	4,56		
0,4	4,22		
0,5	3,79		
0,6	3,29		
0,7	2,74		
0,8	2,16		
0,9	1,56		
1,0	0,96		
1,1	0,36		

Übung 1 Lösung

- Identifiziere die Bereiche (Intervalle), in denen die Bewegung gleichförmig ist.
- Bestimme für diese Bereiche die Geschwindigkeit.
- Identifiziere die Bereiche, in denen die Bewegung beschleunigt ist.
- Bestimme in diesen Bereichen die Geschwindigkeiten und trage sie in die Tabelle ein.
- Bestimme die Bereiche, in denen die Bewegung gleichmäßig beschleunigt ist und ermittle den Wert für die Beschleunigung.

Weg-Zeit-Diagramm Übung 1



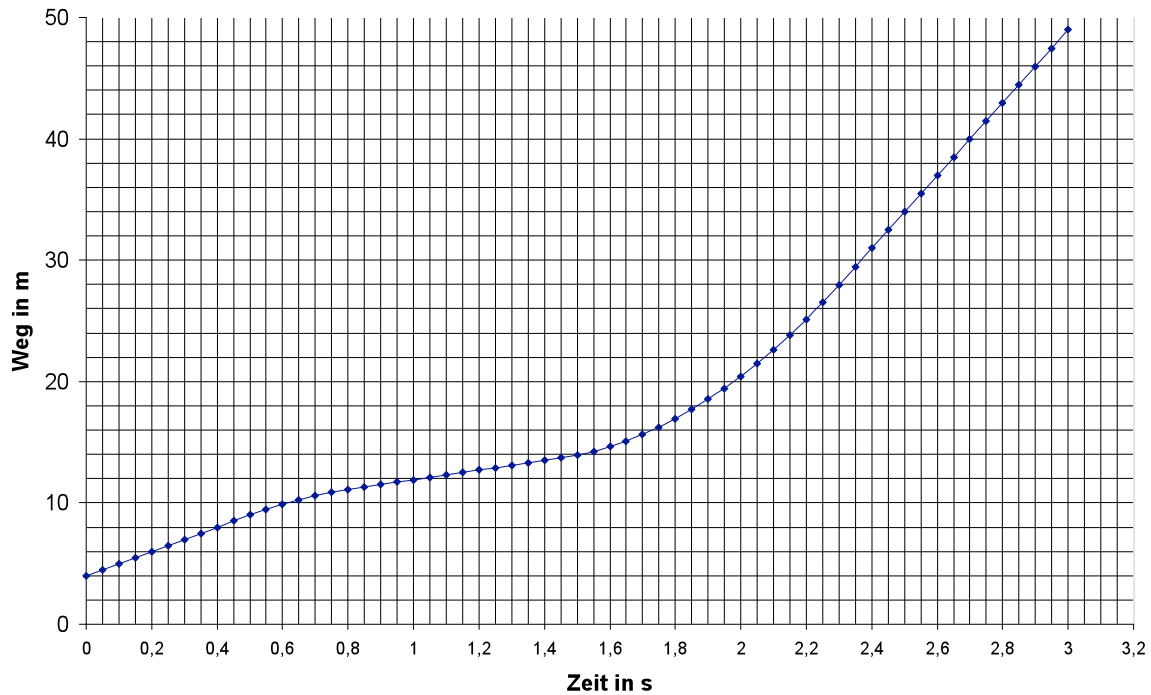
t in s	s in m	v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	a in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
0	5		
0,1	4,95	-1	
0,2	4,8	-1,95	-9,5
0,3	4,56	-2,9	-9,5
0,4	4,22	-3,85	-8,75
0,5	3,79	-4,65	-7
0,6	3,29	-5,25	-5
0,7	2,74	-5,65	-3,25
0,8	2,16	-5,9	-1,75
0,9	1,56	-6	-0,5
1,0	0,96	-6	
1,1	0,36		

Übung 2

- Identifiziere die Bereiche (Intervalle), in denen die Bewegung gleichförmig ist.

- b) Bestimme für diese Bereiche die Geschwindigkeit.
- c) Identifiziere die Bereiche, in denen die Bewegung beschleunigt ist.
- d) Bestimme in diesen Bereichen die Geschwindigkeiten und trage sie in die Tabelle ein.
- e) Bestimme die Bereiche, in denen die Bewegung gleichmäßig beschleunigt ist und ermittle den Wert für die Beschleunigung.

Weg-Zeit-Diagramm Übung 2



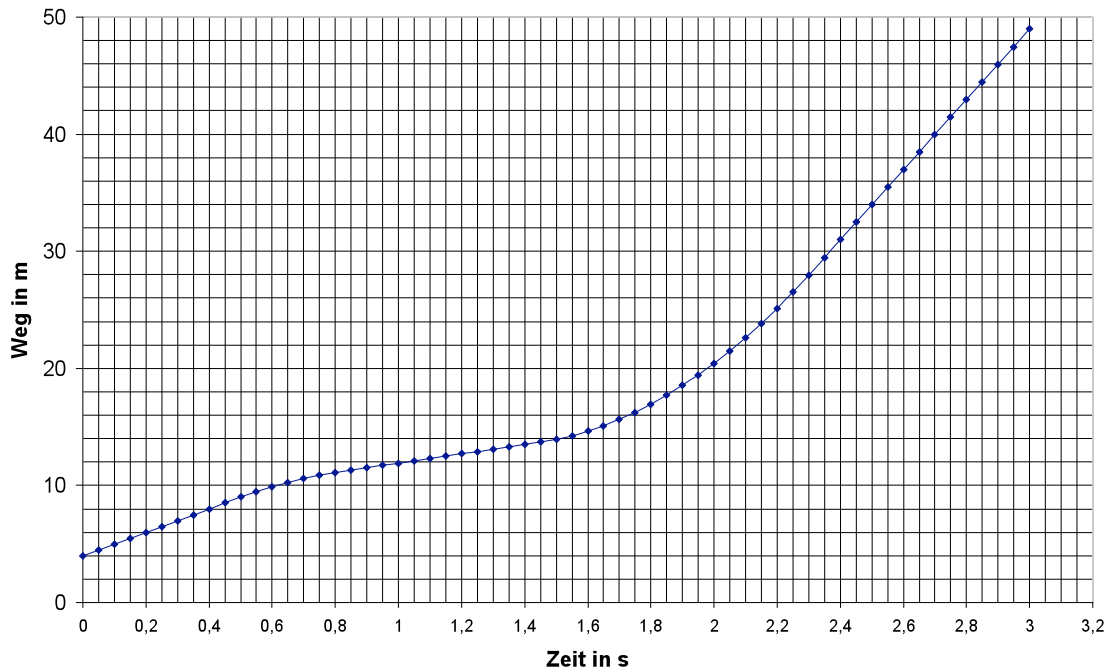
t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$	t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$	t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$	t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$
0	4,00		0,75	10,88		1,50	13,94		2,25	26,50	
0,05	4,50		0,80	11,10		1,55	14,25		2,30	27,98	
0,10	5,00		0,85	11,30		1,60	14,64		2,35	29,48	
0,15	5,50		0,90	11,50		1,65	15,10		2,40	30,98	
0,20	6,00		0,95	11,70		1,70	15,64		2,45	32,48	
0,25	6,50		1,00	11,90		1,75	16,25		2,50	33,98	
0,30	7,00		1,05	12,10		1,80	16,94		2,55	35,48	
0,35	7,50		1,10	12,30		1,85	17,70		2,60	36,98	
0,40	8,00		1,15	12,50		1,90	18,54		2,65	38,48	
0,45	8,50		1,20	12,70		1,95	19,45		2,70	39,98	
0,50	9,00		1,25	12,90		2,00	20,44		2,75	41,48	
0,55	9,475		1,30	13,10		2,05	21,50		2,80	42,98	
0,60	9,90		1,35	13,30		2,10	22,64		2,85	44,48	
0,65	10,28		1,40	13,50		2,15	23,85		2,90	45,98	
0,70	10,60		1,45	13,70		2,20	25,14		2,95	47,48	

Übung 2 Lösung

- a) Identifiziere die Bereiche (Intervalle), in denen die Bewegung gleichförmig ist.

- b) Bestimme für diese Bereiche die Geschwindigkeit.
- c) Identifiziere die Bereiche, in denen die Bewegung beschleunigt ist.
- d) Bestimme in diesen Bereichen die Geschwindigkeiten und trage sie in die Tabelle ein.
- e) Bestimme die Bereiche, in denen die Bewegung gleichmäßig beschleunigt ist und

Weg-Zeit-Diagramm Übung 2



ermittle den Wert für die Beschleunigung.

t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$	t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$	t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$	t in s	s in m	v in $\frac{m}{s}$
0	4,00		0,75	10,88	5	1,50	13,94	5,5	2,25	26,50	28,4
0,05	4,50	10	0,80	11,10	4,2	1,55	14,25	7	2,30	27,98	29,8
0,10	5,00	10	0,85	11,30	4	1,60	14,64	8,5	2,35	29,48	30
0,15	5,50	10	0,90	11,50	4	1,65	15,10	10	2,40	30,98	30
0,20	6,00	10	0,95	11,70	4	1,70	15,64	11,5	2,45	32,48	30
0,25	6,50	10	1,00	11,90	4	1,75	16,25	13	2,50	33,98	30
0,30	7,00	10	1,05	12,10	4	1,80	16,94	14,5	2,55	35,48	30
0,35	7,50	10	1,10	12,30	4	1,85	17,70	16	2,60	36,98	30
0,40	8,00	10	1,15	12,50	4	1,90	18,54	17,5	2,65	38,48	30
0,45	8,50	10	1,20	12,70	4	1,95	19,45	19	2,70	39,98	30
0,50	9,00	9,75	1,25	12,90	4	2,00	20,44	20,5	2,75	41,48	30
0,55	9,475	9	1,30	13,10	4	2,05	21,50	22	2,80	42,98	30
0,60	9,90	8,05	1,35	13,30	4	2,10	22,64	23,5	2,85	44,48	30
0,65	10,28	7	1,40	13,50	4	2,15	23,85	25	2,90	45,98	30
0,70	10,60	6	1,45	13,70	4,4	2,20	25,14	26,5	2,95	47,48	

Untersuchung von Bewegungen mit Hilfe der Videoanalyse

Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Beschleunigung, Erstellung und Interpretation von t-s-, t-v- und t-a-Diagrammen, Zuordnung einer Bewegung zu einem Bewegungstyp, quantitative Auswertung einer Bewegung	5 Doppelstunden
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Die Schüler sollen von einer Bewegung auf einem Video die Messwerte mit einem Videoanalyseprogramm aufnehmen, sie in Excel auswerten und die Bewegung detailliert analysieren.	
Methodische Vorschläge	
<p>Einstieg Messdaten zu einer Bewegung werden gegeben. Wie kann man sich die Auswertung (siehe Baustein 1) erleichtern?</p> <p>Erarbeitung Berechnung der Geschwindigkeiten und Erstellung von s-t- und v-t-Diagrammen in Excel mit Hilfe einer Anleitung.</p> <p>Aufnahme der Messdaten eines Videos mit dem Analyseprogramm Viana und Auswertung in Excel.</p> <p>Aufnahme von Bewegungsvideos.</p> <p>Festigung Die Schüler erstellen in Zweiergruppen die Analyse einer Bewegung, die auf Video vorliegt. Jede Gruppe wertet ein anderes Video aus.</p>	

Material**Material:**

Anleitung zur Auswertung mit Excel

Anleitung für Viana

Zusammenfassung zur Auswertung

Arbeitsauftrag zur Auswertung einer Bewegung mit Videoanalyse

Hinweise: Es ist sinnvoll, die Auswertung in Excel zuerst an Hand von vorliegenden Messdaten zu üben.

Das Videoanalyseprogramm Viana hat gegenüber dem Programm Vimps folgende Vorteile:

Das Bild, in dem man zur Auswertung anklickt, ist größer. Das Anklicken und Überleiten zum nächsten Bild ist mit abwechselndem Links-Rechts-Mausklick einfacher.

Die Daten werden nach Excel direkt exportiert und Excel gleich gestartet. Eine Umwandlung ist nicht erforderlich.

Beim Programm sollte man die Voreinstellungen so ändern, dass nur die Orts-Zeit-Werte angezeigt und exportiert werden.

Das kostenlose Programm Viana findet man unter

<http://didaktik.physik.uni-essen.de/viana/>

Wir benutzen in den ersten Unterrichtsstunden 2 Videos (*Läufer 1* und *Läufer 2*) von zwei unterschiedlich guten 100m-Läufern, die starten und ca. 50m laufen. Sie stammen aus der UE von piko-Ostwestfalen-Lippe. Entweder nimmt man entsprechende Videos selbst auf, oder wählt aus den Videos unten z.B. anfahrende Autos.

Passende Videos findet man unter

http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/inhalt_materialien/videosequenzen/index.html

<http://www.physik.uni-mainz.de/lehramt/ViMPS/welcome.html>

http://www.physik.uni-augsburg.de/did/content_german/software/diva.html/
(Videoanalyseprogramm DIVA mit Videos)

<http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/mess/diva>

<http://www.schulphysik.de/galileo.html>

Diese sind auch im geeigneten Format.

Hinweise (Fortsetzung):

Wenn man eigene Videos aufnimmt, so muss das Seitenverhältnis des Bildes der Kamera dem Seitenverhältnis des Bildschirms des Computers entsprechen, auf dem Viana läuft. Das ist in der Regel 4:3. Hat man bei der Aufnahme ein anderes Seitenverhältnis als der Bildschirm, so füllt Viana bei der Analyse den Bildschirm trotzdem voll aus, und es kommt zu unterschiedlichen Maßstäben in x- und in y-Richtung.

Bei selbst erstellten Videos kann es Probleme mit der Videodarstellung geben, wenn man sie in Viana öffnen will. Videos für Viana müssen im avi-Format vorliegen. Das ist ein Containerformat, das Video und Audio umschließt. Die Videos selbst müssen in einem geeigneten Video-Codec kodiert (komprimiert) sein. Im Allgemeinen sind auf den Rechnern die Codecs Indeo Video 5.10 oder Cinepak Codec by Radius. Mit dem kostenlosen Programm VirtualDub kann man viele Videos in diese von Viana lesbaren Formate umwandeln. Dazu gibt es eine Anleitung im Anhang.

Wir haben bei der Aufnahme von Videos gute Erfahrungen mit der Digitalkamera Casio EX-F100 gemacht. Sie hat eine Videofunktion, die sogar Zeitlupenaufnahmen ermöglicht. Eine Anleitung für passende Einstellungen gibt es im Anhang. Sie kodiert im neueren H.264-Format (auch MPEG-4 Part 10 alias MPEG-4 Advanced Video Coding (AVC) genannt). Die kurzen Videos lassen sich schnell mit VirtualDub umwandeln, wenn dieser Codec nicht auf dem Rechner ist. Zu den Einstellungen für diese Kamera gibt es eine Anleitung.

Das kostenlose Programm VirtualDub erhält man unter <http://www.virtualdub.org/>

Zur Videoaufnahme kann man auch eine Webcam benutzen, erhält aber nicht so gute Bilder, die bei schnellen Bewegungen verschmiert sind. Eventuell muss man die Videos konvertieren. Das gilt auch für andere Kameras.

Der Stundenverlauf der gesamten Unterrichtseinheit ist im Anhang am Ende dokumentiert. Weitere Hinweise finden sich dort.

Anhang

Anleitung zur Auswertung mit Excel

Anleitung für Viana

Zusammenfassung zur Auswertung

Arbeitsauftrag Auswertung einer Bewegung mit Videoanalyse

Hinweise zur Videoaufnahme mit der Kamera Casio EX-F100

Hinweise zur Konvertierung mit VirtualDub.

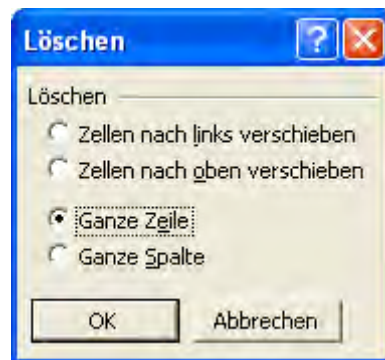
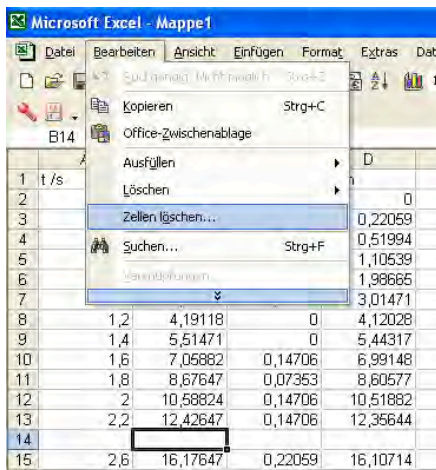
Auswertung der Viana-Daten in Excel

t/s	x/m	y/m	s/m	Zeitintervall /s / (m/s)	vx/(m/s)	vy/(m/s)	Mittel/s	Zeitintervall /s /
0	0,07253	0,14706	0					
0,2	0,29412	0,14706	0,22059	0,02	1,10296	1,10296	0	0,1
0,4	0,58024	-0,22059	0,51994	0,2-0,4	1,51996	1,4706	-0,36766	0,3
0,6	1,17647	-0,22059	1,10539	0,4-0,6	2,94115	2,94115	0	0,5
0,8	2,05882	-0,22059	1,98665	0,6-0,8	4,41175	4,41175	0	0,7
1	3,08824	0,14706	3,01471	0,8-1	5,16021	5,1471	0,36766	0,9
1,2	4,19118	0	4,12028	1-1,2	5,5636	5,5147	0,7353	1,1
1,4	5,51471	0	5,44317	1,2-1,4	6,61765	6,61765	0	1,3
1,6	7,05882	0,14706	6,99148	1,4-1,6	7,75449	7,7353	0,7353	1,5
1,8	8,67647	0,07353	8,60577	1,6-1,8	8,8866	8,8825	-0,36766	1,7
2	10,58824	0,14706	10,51882	1,8-2	9,5592	9,55895	0,36766	1,9
2,2	12,42647	0,14706	12,35644	2-2,2	9,19115	9,19115	0	2,1
2,6	16,17647	0,22059	16,10714	2,2-2,6	9,3760	9,375	0,18383	2,4
3	20,36766	0,36766	20,30065	2,6-3	10,4844	10,4796	0,36766	2,8
3,4	24,63235	0,44118	24,56586	3-3,4	10,66333	10,66175	0,18383	3,2
3,8	29,11765	0,51471	29,05166	3,4-3,8	11,21476	11,21325	0,18383	3,6
4,2	33,67647	0,58824	33,61038	3,8-4,2	11,38853	11,39705	0,18383	4
4,6	38,01471	0,73529	37,95144	4,2-4,6	10,85103	10,8456	0,36766	4,4
4,8	40,44118	0,73529	40,37729	4,6-4,8	12,13235	12,13235	0	4,7
5	42,94118	0,8882	42,87631	4,8-5	12,50541	12,5	0,36766	4,9
5,2	45,29412	0,73529	45,2282	5-5,2	11,77044	11,7647	-0,36766	5,1
5,4	47,64705	0,95588	47,58631	5,2-5,4	11,81629	11,7647	1,10296	5,3
5,6	49,9047	0,8882	49,8621	5,4-5,6	11,42074	11,39705	0,7353	5,5
5,8	52,20588	0,8882	52,14251	5,6-5,8	11,40298	11,39705	0,36766	5,7
6	54,5592	0,8882	54,45001	5,8-6	11,7647	11,7647	0	5,9
6,2	56,81176	0,95588	56,84895	6-6,2	11,77044	11,7647	0,36766	6,1

1) Leere Zeilen löschen.

Sind einige der Filmbilder bei der Messung übersprungen, so gibt es Leerzeilen, die gelöscht werden sollten.

Dazu eine Zelle in der zu löschenden Zeile markieren. Im Menü *Bearbeiten* dann *Zellen löschen* auswählen, *Ganze Zeile* im Fenster auswählen, *OK* anklicken.



2) Überflüssige Spalten löschen

Alle Spalten außer den ersten drei (t/s, x/m, y/m) könnten gelöscht werden. Man muss wie bei 3) vorgehen und diesmal *Ganze Spalte* auswählen.

3) Diagramm erstellen

Die ausgewählten Spalten markieren. Dazu gehört immer die t-Spalte. Liegen die Spalten nicht nebeneinander, muss man bei dem Markieren der zweiten Spalte die *Strg*-Taste gedrückt halten.

Das Symbol für Diagramm



auswählen .

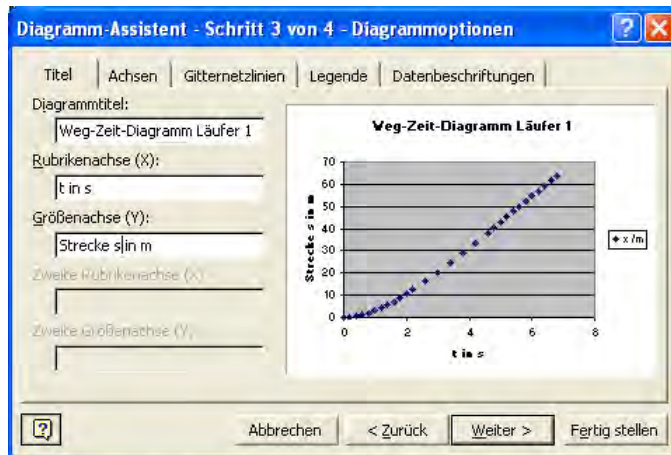
t /s	x /m	y /m
0	0,07353	-0,14706
0,2	0,29412	-0,14706
0,4	0,58824	-0,22059
0,6	1,17647	-0,22059
0,8	2,05882	-0,22059
1	3,08824	-0,14706
1,2	4,19118	
1,4	5,51471	
1,6	7,05882	0,147
1,8	8,67647	0,073
2	10,58824	0,147
2,2	12,42647	0,147
2,6	16,17647	0,220
3	20,36765	0,367
3,4	24,63235	0,441
3,8	29,11765	0,514
4,2	33,67647	0,588
4,6	38,01471	0,735
4,8	40,44118	0,735
5	42,94118	0,808
5,2	45,29412	0,735
5,4	47,64706	0,955
5,6	49,92647	0,808
5,8	52,20588	0,882
6	54,55882	0,882
6,2	56,91176	0,955
6,4	59,26471	1,029
6,6	61,54412	0,955
6,8	63,60294	0,882

Als Diagrammtyp Punkt(XY) wählen, nur mit Punkten, auf *Weiter* klicken.

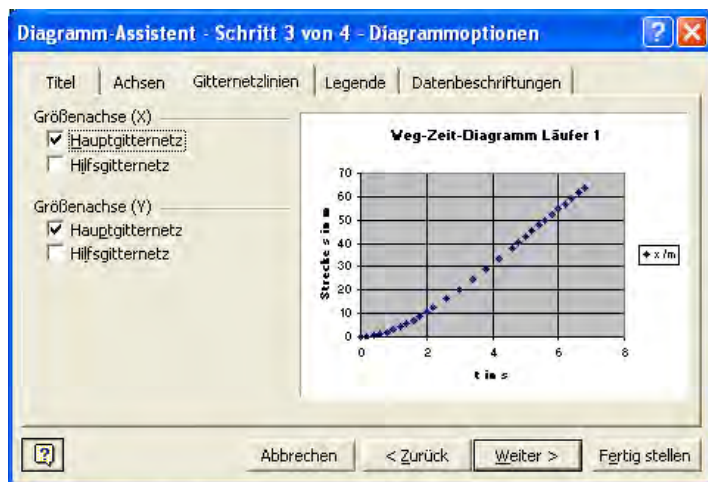
Beim nächsten Fenster *Weiter*

anklicken.

Hier eintragen beim Reiter *Titel* den *Diagrammtitel* und Bezeichnungen der Achsen.



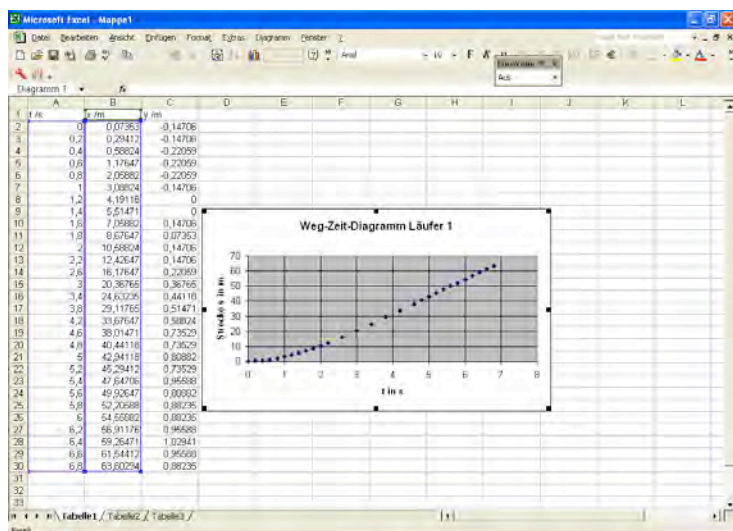
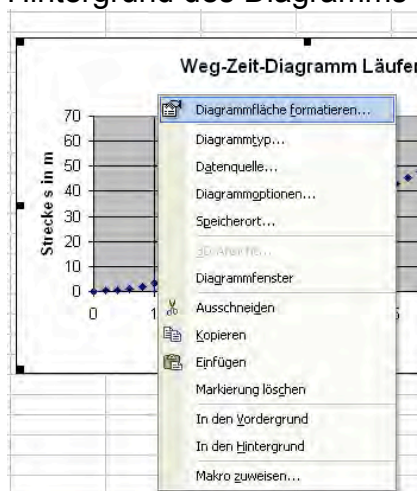
Hier auswählen beim Reiter *Gitternetzlinien* beide Hauptgitternetze.



Beim Reiter *Legende* das Häkchen bei *Legende anzeigen* entfernen.

Dann *Weiter* und dann *Fertigstellen*.

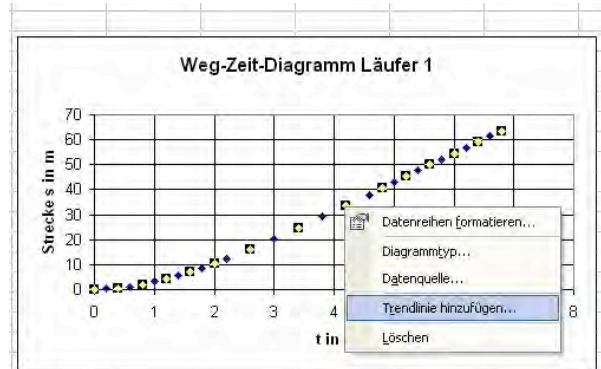
Mit rechter Maustaste aufs Diagramm klicken, auswählen *Zeichnungsfläche formatieren*, bei der *Fläche* dann *Keine* auswählen. So ist der Hintergrund des Diagramms hell.



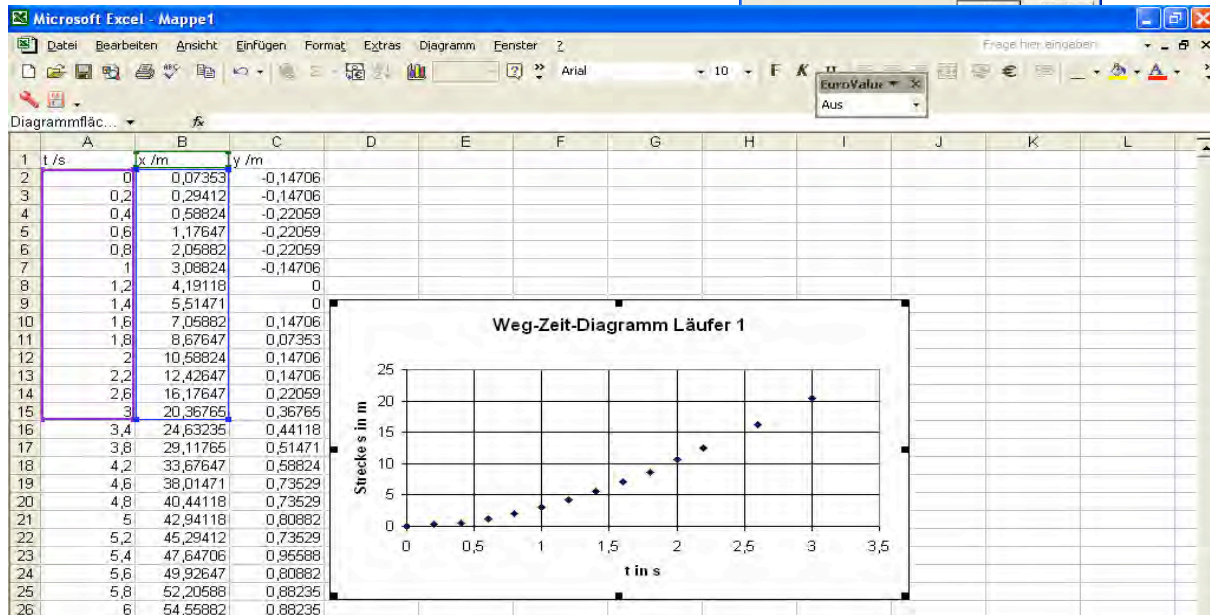
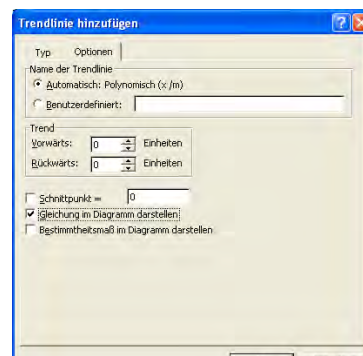
4) Diagramm auswerten

Es ist sinnvoll, das Diagramm vor der Auswertung mehrfach für Teilauswertungen zu kopieren.

Punkte des Diagramms anklicken mit rechter Maustaste, *Trendlinie hinzufügen* wählen.
 Beim Reiter *Typ* als *Typ Linear* für Geradenanpassung oder *Polynomisch* mit *Reihenfolge 2* für Anpassung durch quadratische Funktion wählen.



Im Reiter *Optionen* auswählen *Gleichung im Diagramm darstellen*.

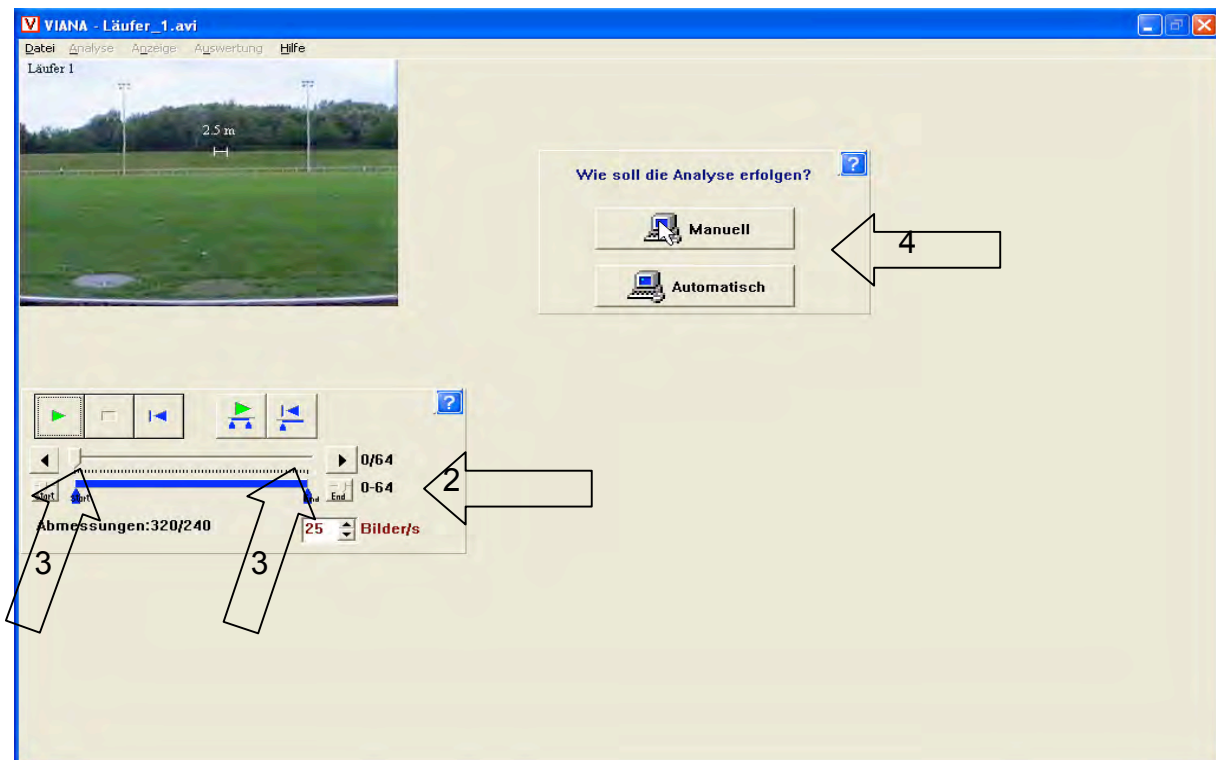


5) Auswertungen und Anpassungen für Teile des Diagramms.

Unterschiedliche Teile des Graphen können unterschiedliche Anpassungstypen erfordern. Um nur Teile der Messwerte auszuwerten, Diagramm anklicken, sodass es nur außen markiert ist. Um den Wertebereich zu verkleinern, mit der Maus auf eine Ecke des markierten Wertebereichs gehen, bis der Pfeil mit zwei Pfeilenden erscheint und dann mit gedrückter linker Maustaste den Wertebereich verkleinern. Es müssten dann beide Spalten gleichartig verkleinert sein. Die weitere Auswertung erfolgt wie bei 4).

Anleitung zum Programm Viana

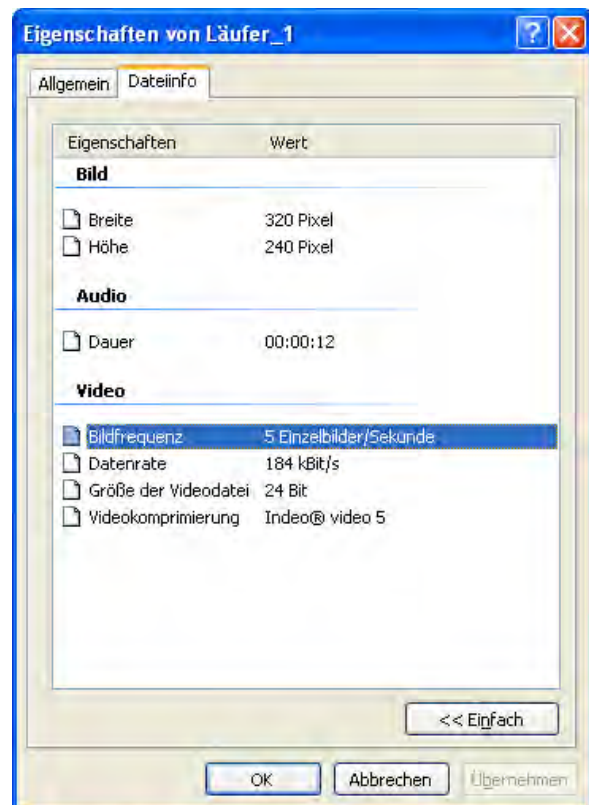
1) Viana starten und Film laden. Man erhält



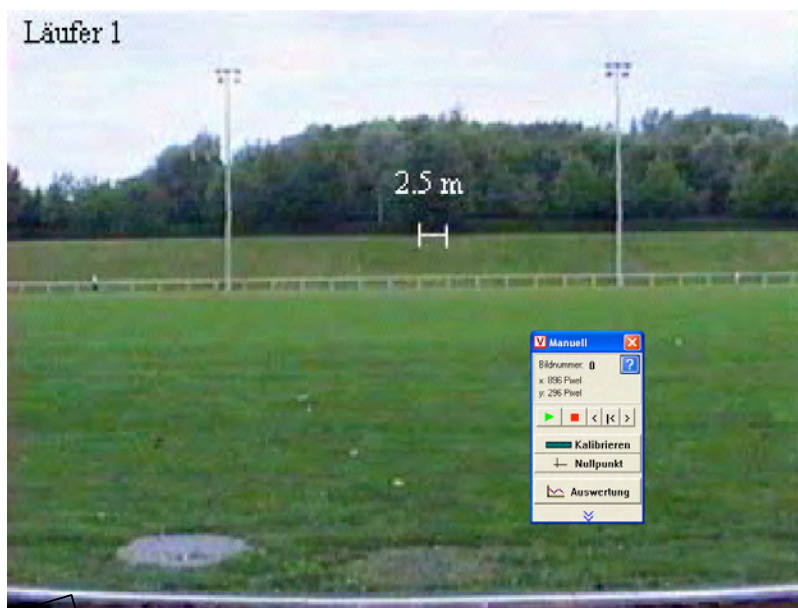
2) Die Anzahl der Bilder pro Sekunde einstellen. Diese Bildfrequenz kann man, wenn sie nicht bekannt ist, erhalten über *Eigenschaften* der Film-Datei in dem Windowsordner. Die Datei mit der rechten Maustaste anklicken, den Reiter *Dateiinfo* wählen. Häufig ist die Bildzahl 25 Bilder pro Sekunde, bei Läufer 1 ist sie 5.

3) Anfang und Ende des zu untersuchenden Filmausschnitts einstellen. Den linken unteren Schieber auf den Anfang stellen und auf den Button „Start“ klicken. Den rechten unteren Schieber auf das Ende stellen und den Button „End“ anklicken. Der blaue Streifen kennzeichnet den gewählten Filmausschnitt.

4) Manuelle Auswertung anklicken. Man erhält das Bild der nächsten Seite. Es wird die Nummer des ersten Bildes angezeigt (hier 23).



5) Im Fenster (V Manuell, siehe Bild unten) *Kalibrieren* anklicken, und nach Anweisung Anfang und Ende einer bekannten Länge im Bild (hier die weiße Linie von 2,5 m) markieren und die Länge dieser Strecke eintragen.

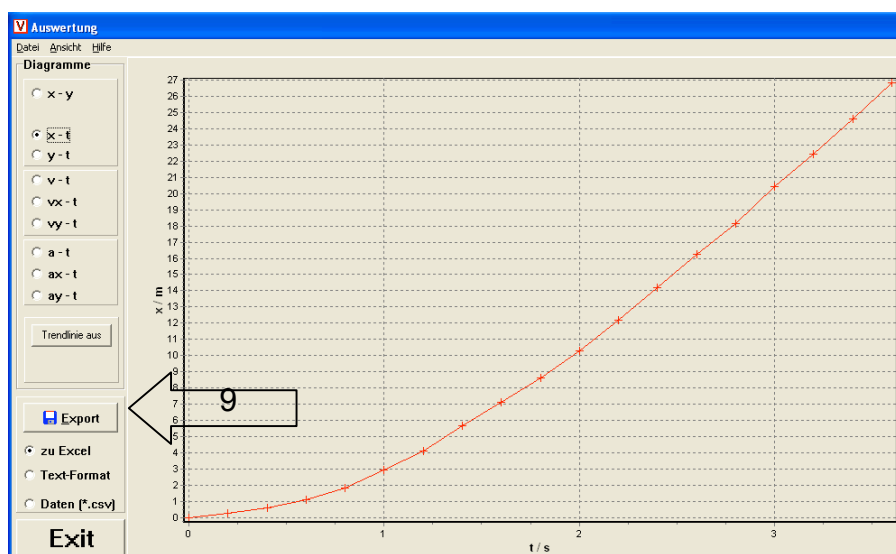


6) *Nullpunkt* anklicken und auf den Startpunkt des zu untersuchenden Objekts (hier des Läufers) setzen.

7) Dann die Messung durchführen. Dazu mit der linken Maustaste das Objekt anklicken, mit der rechten Maustaste den Film auf das nächste Bild setzen. Dies bis zum Ende des Filmausschnitts wiederholen. Es können auch durch mehrmaliges Drücken der rechten Maustaste Filmbilder übersprungen werden.

8) *Auswertung* im Fenster anklicken ergibt das Bild rechts, wenn als Diagramm *x-t* ausgewählt wird.

9) *Export* anklicken. Es muss zu *Excel* ausgewählt sein. *Excel* wird gestartet, die übernommenen Daten werden angezeigt und können in *Excel* weiter bearbeitet und gespeichert werden.



10) Über *Exit* kommt man wieder zu Punkt 5.

Zusammenfassungen zur Auswertung

Gleichförmige Bewegung

Die Geschwindigkeit ist konstant.

Im s-t-Diagramm ist der Graph eine Gerade. Die Steigung ist die Geschwindigkeit.

Im v-t-Diagramm ist die Geschwindigkeit konstant und kann abgelesen werden.

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

Die Beschleunigung ist konstant.

Im s-t-Diagramm ergibt sich eine quadratische Funktion. Der Koeffizient bei dem quadratischen Term ist die halbe Beschleunigung.

Im v-t-Diagramm ist der Graph eine Gerade. Die Steigung ist die Beschleunigung.

Im a-t-Diagramm ist die Beschleunigung konstant. Bei realen Messungen mit Viana ist das Ergebnis häufig zu ungenau..

Berechnung der Geschwindigkeiten aus den s- und t-Werten

Dazu benötigt man die Orts- und Zeitangaben zu den Messungen genau vor und nach diesem Zeitpunkt. Daraus berechnet man die Geschwindigkeit in diesem Zeitraum.

Beispiel:

	A	B	C	
1	t /s	s/m	v in m/s	a i
2	0	-0,07143		
3	0,2	0,21429	$=(B4-B2)/(A4-A2)$	4
4	0,4	0,35714	1,964275	3
5	0,6	1	3,75	1
6	0,8	1,85714	4,64285	0
7	1	2,85714	5,535725	0

Zur Berechnung der Geschwindigkeit zum Zeitpunkt 0,2s in Zeile zwei gibt man in die Zelle C3 ein:

$=(B4-B2)/(A4-A2)$.

Nach Betätigen der Enter-Taste steht der dort aus den 4 Zellenwerten berechnete Wert.

Diese Rechenvorschrift muss für die anderen Zellen der Spalte analog übernommen werden. Dazu mit der linken Maustaste auf das Quadrat am rechten unteren Ecke der markierten Zelle gehen und mit gedrückter Maustaste nach unten ziehen.

Der erste und der letzte Wert der v-Spalte kann nicht berechnet werden.

Berechnung der Beschleunigungen aus den v- und t-Werten

In einer neuen Spalte für die Beschleunigung muss man wie bei der Berechnung der Geschwindigkeiten vorgehen, diesmal aber mit der Geschwindigkeitsspalte statt der s-Spalte.

Projektaufgabe

Auswertung einer Bewegung mit Hilfe der Videoanalyse

Untersuche die Bewegung des ausgewählten Films mit Hilfe der Videoanalyse:

1. Erläutere, was man unter einer gleichförmigen und einer gleichförmig beschleunigten Bewegung versteht.
2. Erstelle mit Hilfe von Viana und Excel die Wertetabellen und Diagramme.
3. Bestimme die Zeitabschnitte gleichförmiger Bewegung mit zugehörigen Geschwindigkeiten und die Zeitabschnitte gleichmäßig beschleunigter Bewegung mit zugehörigen Beschleunigungen.
4. Beschreibe die einzelnen Phasen der Bewegung. Benutze dabei die Ergebnisse von 2 und 3.
Gehe auch auf Besonderheiten der Bewegung ein.

Abzugeben sind

- a. Eine Textdatei mit den Ergebnissen zu 1. und 4. Die zugehörigen Diagramme sollen in den Text eingearbeitet sein.
- b. Die erstellten Excel-Dateien

1. Aufnahme mit der Casio EX-F100

Die Kamera erlaubt Videoaufnahmen in normalem Modus und in High-Speed für Zeitlupenaufnahmen. Für die Analyse in *Viana* ist es nötig, dass das Seitenverhältnis 4:3 wie beim Standard-Computerbildschirm ist, da das Bild bei der Analyse auf den ganzen Bildschirm vergrößert wird. Dazu müssen die Einstellungen passend gewählt werden. Bei anderen Bildschirmseitenverhältnissen muss die Bildschirmauflösung angepasst werden.

Einstellungen

Auf den Knopf mit dem roten Kamerasymbol drücken. Dann auf Knopf *Menü*.

Man kann die Auswahl durchgehen mit SET und dem Randring um SET. SET wählt aus. Drücken oben oder unten am Ring geht im Menü weiter, drücken rechts wählt den gekennzeichneten Punkt aus. Mit SET muss man am Ende bestätigen. Zwischen den Reitern (*Aufnahme, Qualität, Einstellung*) kann man nur weitergehen, wenn die Liste unten ganz grau ist. Das ist am Anfang der Fall oder wenn man sie ganz durchgegangen ist.

Beim Reiter *Qualität* einstellen:

Qualität: Fein

Normalvideo: STD (Standard, 30fps (*Bilder pro Sekunde*), 640 x 480)

HS Bildrate (Highspeed): 210fps ,480 x 360) oder 420 fps (224 x 168)

Aufnahme

Aufnahme auswählen: Auf den Knopf mit dem Kamerasymbol drücken.

Einstellung weißer Strich beim roten Knopf auf *HS (Highspeed)* oder *Normalmodus*.

Durch Drücken des roten Knopfes startet man die Aufnahme und stoppt sie.

Wiedergabe mit der Kamera

Auf Wiedergabeknopf (mit dem Dreieck) drücken.

Mit Drücken (rechts oder links) beim Ring bei SET zum Video gehen.

Mit SET starten.

Löschen von Videos

Auf Wiedergabeknopf (mit dem Dreieck) drücken.

Mit Drücken (rechts oder links) beim Ring bei SET zum Video gehen.

Mit Drücken unten beim Ring (Papierkorbsymbol) kommt man zum Löschen.

Auf Löschen gehen und mit SET bestätigen.

Übertragung der Videos auf den Computer

Beim Menüreiter *Einstellungen* muss beim Punkt *USB Mass Storage* ausgewählt sein. Bei ausgeschalteter Kamera die Kamera mit dem Kabel mit dem Computer am USB-Anschluss verbinden.

Kamera einschalten. Man kann auf die Speicherkarte wie auf einen Order zugreifen.

2. Video konvertieren mit Virtual Dub

Damit Viana das Video anzeigen kann, muss ein passender Codec benutzt werden.

Video laden (*File – Open Video File*)

Unter *Video – Compression* auswählen: Indeo Video 5.10 oder Xvid MPEG-4 Codec

Unter *File* auswählen: *Save as AVI*. Speichern.

Anhang

Die angegebenen Arbeitsblätter und Texte folgen jeweils am Ende der jeweiligen Doppelstunden, wenn sie nicht schon im vorherigen Teil dokumentiert sind.

Vorschlag zum Stundenverlauf

1./2. Std.

Material:

- Einstiegsvideos und Viana,
- Video *laeufer1*
- Computer mit Beamer
- Messwerttabelle der Videoauswertung *Messwerte zu Läufer 1 Viana* für die Schüler und als Folie
- Passende Folien aus *Läufer 1 Diagramme* (s-t-Diagramme aus Viana und Excel für Läufer 1)
- mm-Papier für die Schüler,
- Arbeitsblätter *Übung 1 und Übung 2* (in dieser Handreichung Seite 9 - 12)

Informationen zu Viana für den Lehrer:

Es sind die Voreinstellungen so geändert, dass nur die t -, x -, y - und s -Werte exportiert werden. Die Voreinstellungen sind in der Text-Datei *Vianavoreinstellungen.txt*. Beim Start muss die Datei *Vianavoreinstellungen.txt* im gleichen Ordner wie das Programm *Viana* sein.

Einstieg:

Computer mit Beamer: Zusammenstellung von kurzen Videos zum Thema Bewegung zeigen.

Zusammenstellung: *Modellflugzeug, Achterbahn, Renault-Werbung, Wettlauf Strauß-Pinguin, Bungee, Wettlauf Mensch-Gepard, Läufer* .

Wenn die Videos im gleichen Verzeichnis sind: VLC media player starten, über Menü *Datei zu Verzeichnis öffnen* und das Verzeichnis *Einstiegsvideos* auswählen.

Thema nennen: Es geht um Bewegungen und deren Analyse.

Diskussion: Womit kann ich Bewegungen beschreiben? Welche Werte muss ich kennen?

Herausarbeiten: Ich benötige zusammengehörende t - und s -Werte.

Ergebnis:

Um eine Bewegung beschreiben zu können, muss man für einige Zeitpunkte angeben können, wo sich ein Körper befunden hat: Man benötigt Messwertpaare für Zeit (Abkürzung: t) und Ort (Abkürzung: s). Aus diesen Informationen lassen sich weitere Größen für Geschwindigkeit und Beschleunigung ermitteln.

Der Begriff Kinematik bzw. Bewegungslehre muss nicht genannt werden.

Computer mit Beamer:

Evt. noch einmal Läufer-Video: Warum nicht geeignet zur Bestimmung der Wertepaare?

Anforderungen an das Video für eine Auswertung: Kamera fest, Bewegung senkrecht zur Blickrichtung, Maßstab. Die Schüler schlagen eventuell vor, die Bewegung von oben zu filmen.

Läufer1 in Viana ablaufen lassen.

Vorstellung des Programms Viana zur Erstellung der Messwertpaare für Zeit und Ort. Beispielhaft Läufer_1 auswerten, nur erste Bilder anklicken.

Messwerttabelle *Messwerte zu Läufer 1 Viana* den Schülern geben. Graphen auf mm-Papier zeichnen lassen. Größen vorgeben.

An Hand des Graphen auf Folie physikalische Diskussion des Graphen (Bereich mit Zunahme der Geschwindigkeit am Anfang bis ca. 1s und Bereich mit konstanter Geschwindigkeit am Ende ab ca. 2,8s und ein Übergangsbereich dazwischen.)

1. Untersuchung des Bereichs mit konstanter Geschwindigkeit

Erarbeiten: Der Graph verläuft annähernd linear. In gleichen Zeiten werden gleiche Strecken zurückgelegt.

Gerade einzeichnen, Steigung bestimmen lassen. (Graphen der Schüler)

Sichern:

Eine Bewegung heißt gleichförmig, wenn ihr Graph im Weg-Zeit-Diagramm linear (geradlinig) verläuft.

Die Steigung einer Bewegung im Weg-Zeit-Diagramm ist die Geschwindigkeit v .

Bei der gleichförmigen Bewegung gilt:
$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit ist $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ $1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3600 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Hier kann man Folien aus *Läufer 1 Diagramme* benutzen.

Übung: Übung 1 und Übung 2, jeweils nur die Teile a) und b) (Rest kommt später)

Es folgt das Material zur Stunde

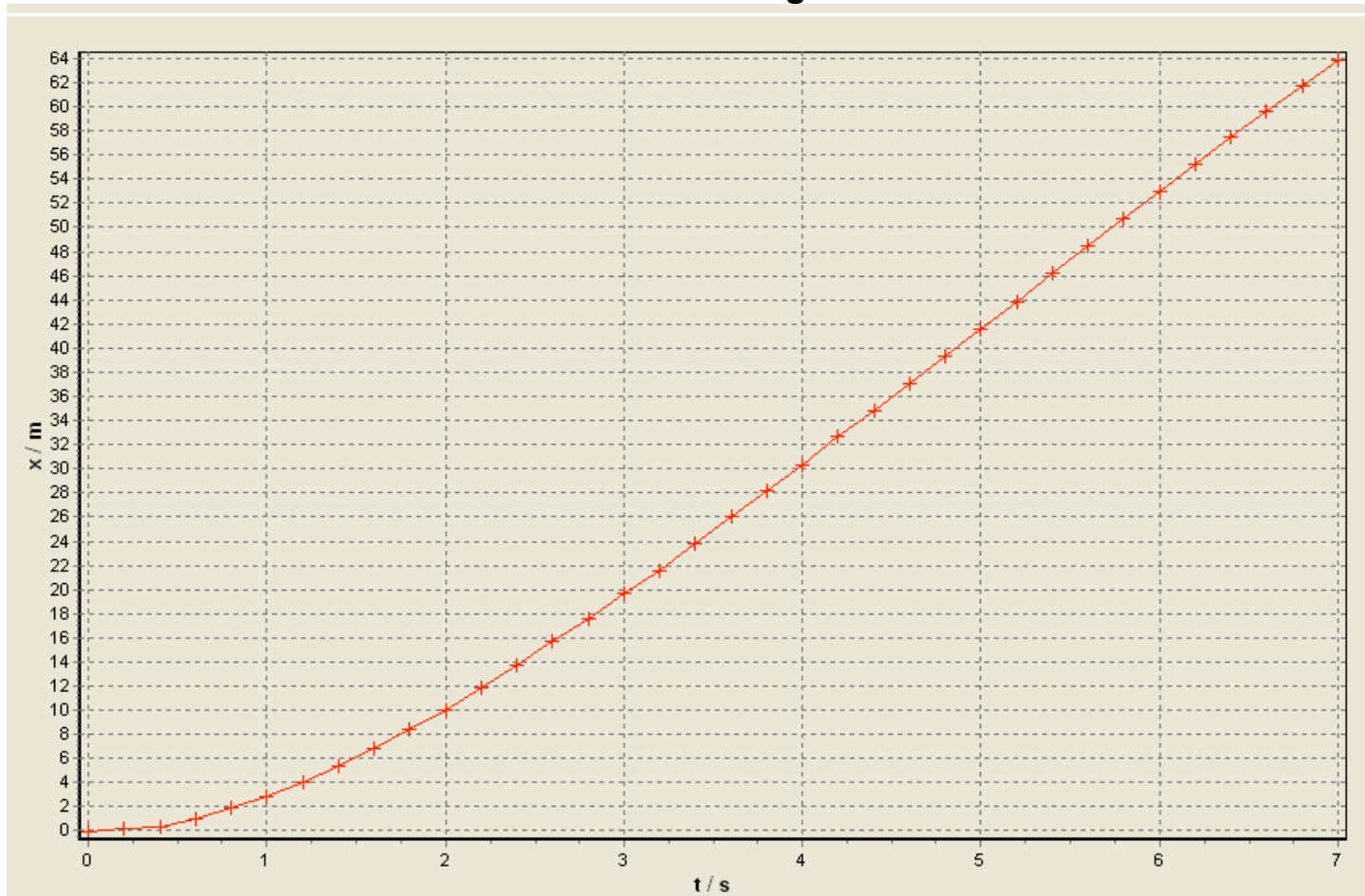
Messwerte zu Läufer 1

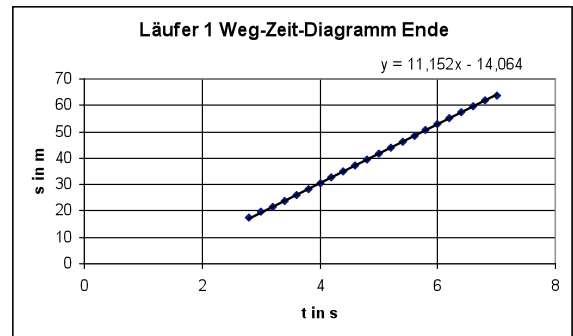
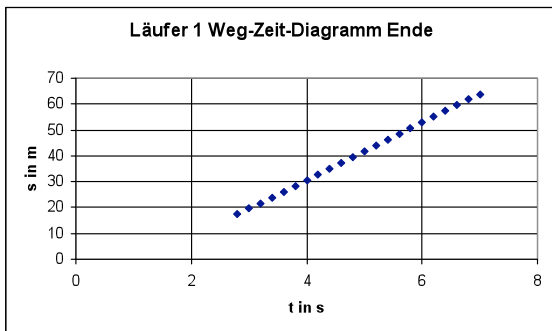
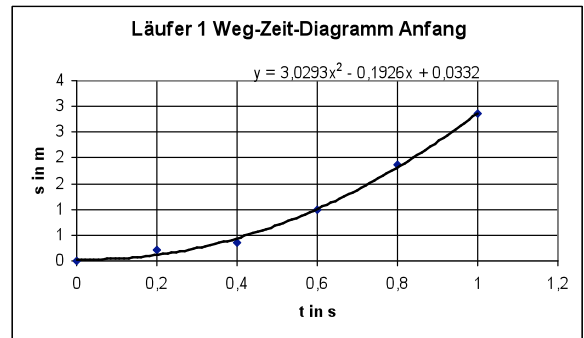
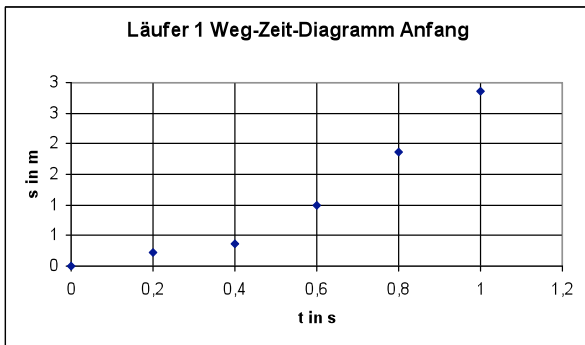
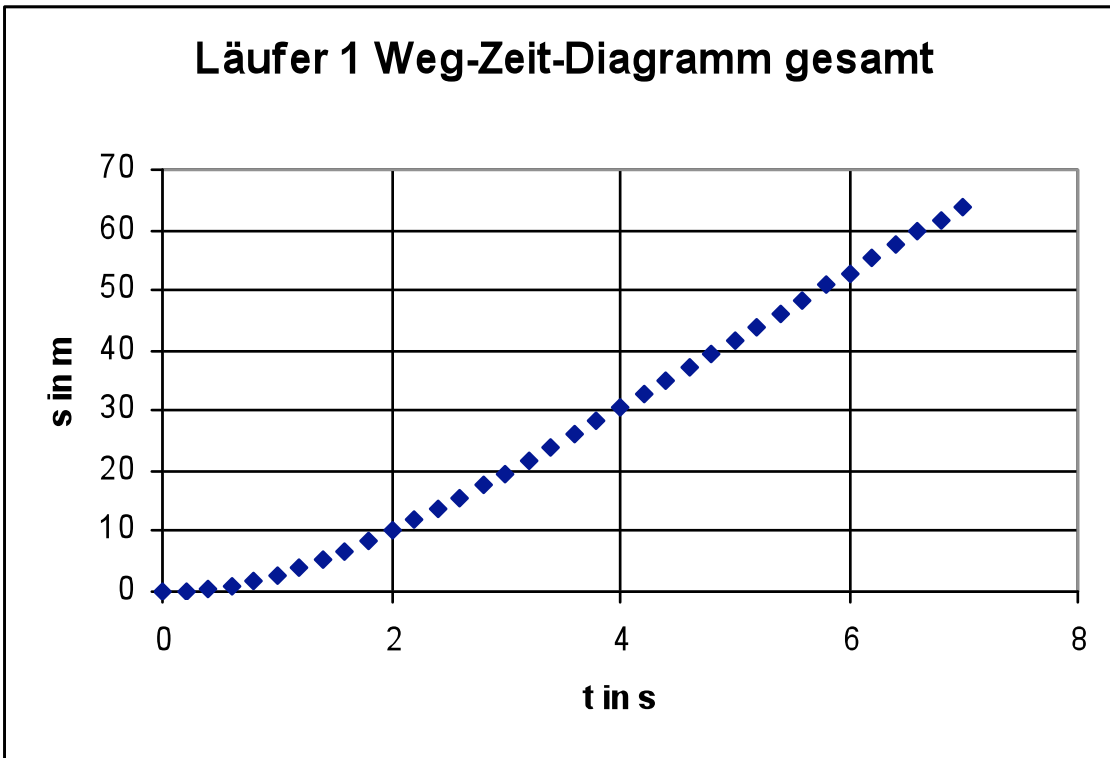
t in s	s in m		
0,00	0,00		
0,20	0,21		
0,40	0,36		
0,60	1,00		
0,80	1,86		
1,00	2,86		
1,20	4,07		
1,40	5,43		
1,60	6,79		
1,80	8,36		
2,00	10,07		
2,20	11,86		
2,40	13,71		
2,60	15,71		
2,80	17,57		
3,00	19,64		
3,20	21,57		
3,40	23,79		
3,60	26,07		
3,80	28,14		
4,00	30,36		
4,20	32,64		
4,40	34,86		
4,60	37,07		
4,80	39,36		
5,00	41,57		
5,20	43,79		
5,40	46,21		
5,60	48,50		
5,80	50,79		
6,00	52,93		
6,20	55,21		
6,40	57,43		
6,60	59,64		
6,80	61,79		
7,00	63,86		

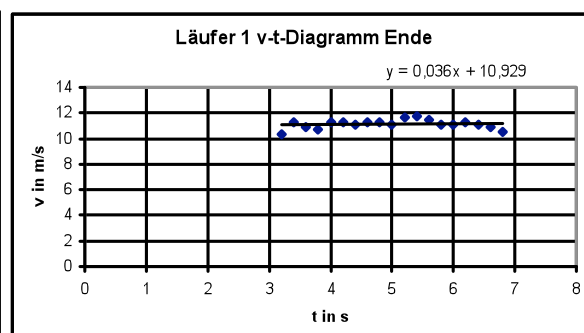
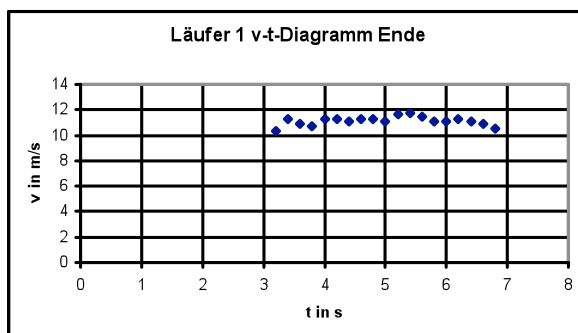
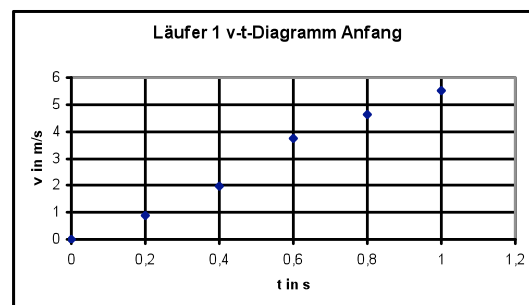
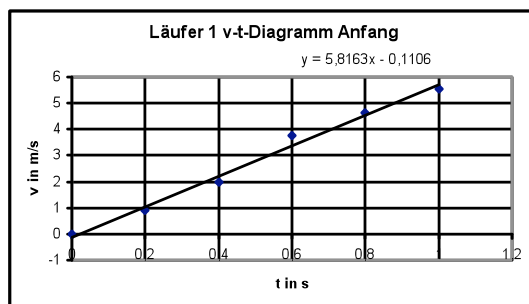
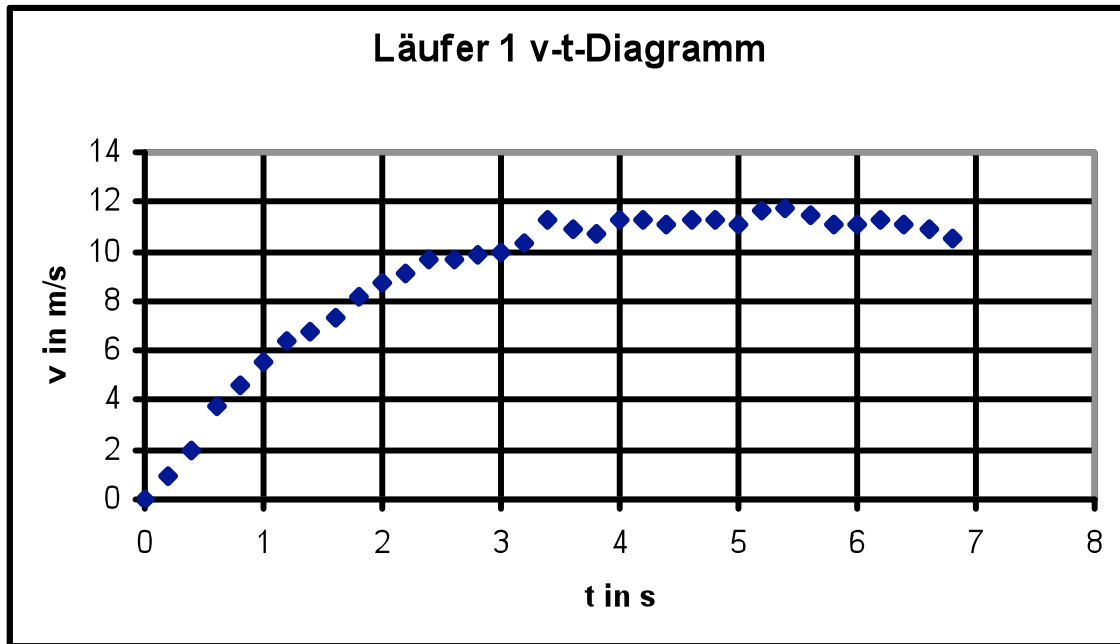
Messwerte zu Läufer 1 Lösung

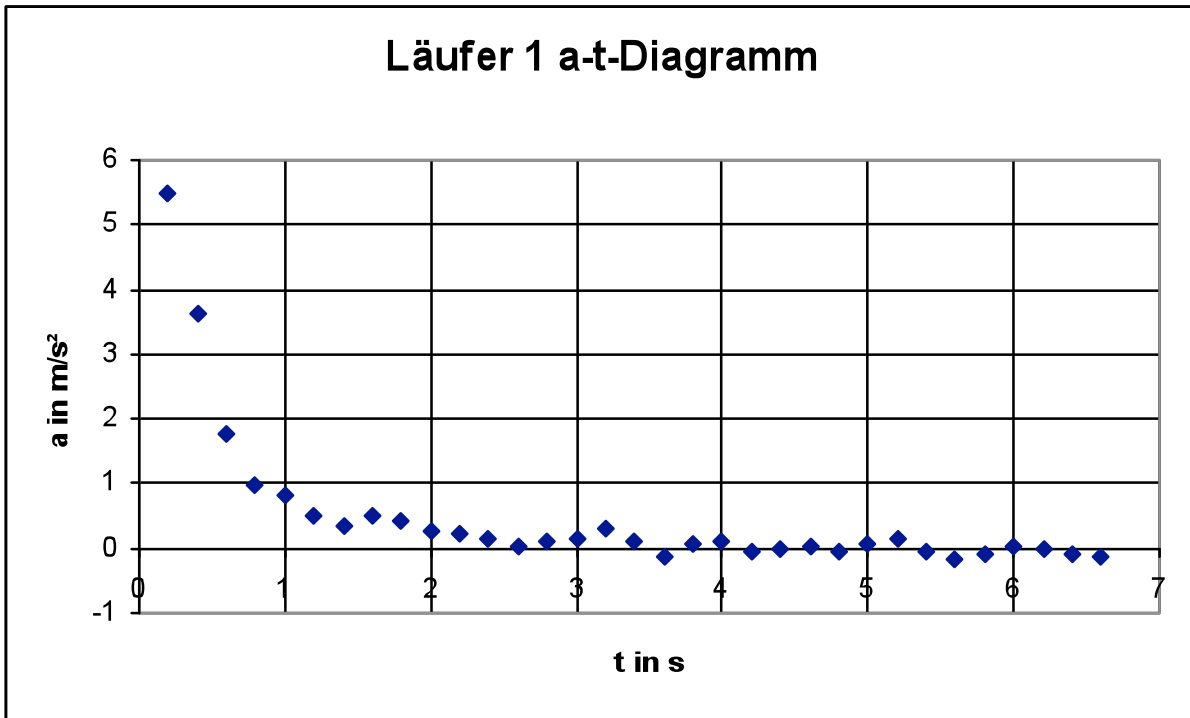
t in s	s in m	v in m/s	a in m/s ²
0,00	0,00	0,00	
0,20	0,21	0,89	5,50
0,40	0,36	1,96	3,64
0,60	1,00	3,75	1,79
0,80	1,86	4,64	0,96
1,00	2,86	5,54	0,81
1,20	4,07	6,43	0,49
1,40	5,43	6,79	0,33
1,60	6,79	7,32	0,49
1,80	8,36	8,21	0,43
2,00	10,07	8,75	0,26
2,20	11,86	9,11	0,25
2,40	13,71	9,64	0,14
2,60	15,71	9,64	0,05
2,80	17,57	9,82	0,09
3,00	19,64	10,00	0,13
3,20	21,57	10,36	0,30
3,40	23,79	11,25	0,12
3,60	26,07	10,89	-0,12
3,80	28,14	10,71	0,08
4,00	30,36	11,25	0,12
4,20	32,64	11,25	-0,04
4,40	34,86	11,07	0,00
4,60	37,07	11,25	0,04
4,80	39,36	11,25	-0,04
5,00	41,57	11,07	0,08
5,20	43,79	11,61	0,15
5,40	46,21	11,79	-0,04
5,60	48,50	11,43	-0,16
5,80	50,79	11,07	-0,08
6,00	52,93	11,07	0,04
6,20	55,21	11,25	0,00
6,40	57,43	11,07	-0,08
6,60	59,64	10,89	-0,12
6,80	61,79	10,54	
7,00	63,86		

Läufer 1 Viana-Diagramm









3./4. Stunde

Material:

Läufer 1 Diagramme siehe 1./2. Stunde

- Passende Folien aus *Läufer 1 Diagramme* aus der letzten Stunde
- Folie *Beispiel zur Berechnung der Geschwindigkeit bei Läufer 1*
- Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm aus *Läufer 1 Diagramme* für die Schüler
- Folie *Beispiel zur Berechnung der Beschleunigung bei Läufer 1*
- Messwerttabelle der Videoauswertung *Messwerte zu Läufer 1 Viana* aus der letzten Stunde
- Arbeitsblätter Übung 1 und Übung 2 aus der letzten Stunde

Arbeitsblätter von <http://bscw.kanti-glarus.ch/pub/bscw.cgi/S49857d89/48035>

Arbeitsblatt A02.pdf, Arbeitsblatt A03.pdf, Arbeitsblatt A04.pdf, Arbeitsblatt A08.pdf

2. Untersuchung des beschleunigten Teils der Bewegung.

Herausstellen, was es bedeutet, dass eine Bewegung beschleunigt ist:

Bewegungen, bei denen sich die Geschwindigkeit ändert, heißen beschleunigte Bewegungen.

Diskussion, wie man die Beschleunigungsphase des Läufers 1 auswerten und die Beschleunigung ermitteln kann. Es können nur Intervallgeschwindigkeiten ermittelt werden. Die Intervallgeschwindigkeit im Intervall 0s bis 0,4s wird dem Zeitpunkt 0,2s zugeordnet usw. Verdeutlichen kann man das Verfahren an der Folie *Beispiel zur Berechnung der Geschwindigkeit bei Läufer 1.doc*

Zum Eintragen dient die freie Spalte in der Messwerttabelle der Videoauswertung *Messwerte zu Läufer 1 Viana.doc*.

Die Schüler berechnen die Geschwindigkeiten und tragen sie ein.

Die Schüler erhalten das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm. Das Diagramm wird interpretiert.

Man erkennt, dass sich die Geschwindigkeit bis 1s stark ändert und nach etwa 2,8s ein annähernd konstanter Wert erreicht wird

Ist der Graph im Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm eine Gerade (linear), so spricht man von einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

Die Steigung im Graphen ist ein Maß für die Größe der Beschleunigung.

Formulierungsmöglichkeit: Die Beschleunigung gibt an, wie stark sich die Geschwindigkeit pro Sekunde ändert.

Die Steigung einer Bewegung im Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm ist die Beschleunigung a .

Bei der gleichmäßig beschleunigten Bewegung gilt:
$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$\frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Ausschnitt des v-t-Diagramms für 0s bis 1s für die Schüler. Gerade einzeichnen und Beschleunigung bestimmen lassen. (ca. $5,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

Hier kann man auch zeigen, wie sich die Beschleunigungen berechnen lassen (Folie *Beispiel zur Berechnung der Beschleunigung bei Läufer 1*)

Fortsetzung *Übung 1* und *Übung 2* jeweils c) bis e).

Arbeitsblätter bearbeiten, evt. Hausaufgabe: *Arbeitsblatt A02.pdf, Arbeitsblatt A03.pdf, Arbeitsblatt A08.pdf*

Es folgt das Material zur Stunde

Beispiel zur Berechnung der Geschwindigkeit bei Läufer 1:

Messwerte zu Läufer 1

t in s	s in m	v in m/s	
0,00	0,00		
0,20	0,21	$(0,36-0,00)/(0,40-0,00)$	
0,40	0,36		
0,60	1,00		
0,80	1,86		
1,00	2,86		
1,20	4,07		
1,40	5,43	$(6,79-4,07)/(1,60-1,20)$	
1,60	6,79		
1,80	8,36		
2,00	10,07		
2,20	11,86		

Beispiel zur Berechnung der Beschleunigung bei Läufer 1 auf der nächsten Seite

Messwerte zu Läufer 1

t in s	s in m	v in m/s	a in m/s ²
0,00	0,00	0,00	
0,20	0,21	0,89	$(1,96-0,00)/(0,40-0,00)$
0,40	0,36	1,96	
0,60	1,00	3,75	
0,80	1,86	4,64	
1,00	2,86	5,54	
1,20	4,07	6,43	
1,40	5,43	6,79	
1,60	6,79	7,32	
1,80	8,36	8,21	$(8,75-7,32)/(2,00-1,60)$
2,00	10,07	8,75	
2,20	11,86	9,11	
2,40	13,71	9,64	
2,60	15,71	9,64	
2,80	17,57	9,82	
3,00	19,64	10,00	
3,20	21,57	10,36	
3,40	23,79	11,25	
3,60	26,07	10,89	
3,80	28,14	10,71	
4,00	30,36	11,25	
4,20	32,64	11,25	
4,40	34,86	11,07	
4,60	37,07	11,25	
4,80	39,36	11,25	
5,00	41,57	11,07	
5,20	43,79	11,61	
5,40	46,21	11,79	
5,60	48,50	11,43	
5,80	50,79	11,07	
6,00	52,93	11,07	
6,20	55,21	11,25	
6,40	57,43	11,07	
6,60	59,64	10,89	
6,80	61,79	10,54	
7,00	63,86		

5./6. Stunde

Übungen zu den Graphen, evt. schon in der Stunde davor beginnen

Material:

- Arbeitsblätter von <http://bscw.kanti-glarus.ch/pub/bscw.cgi/S49857d89/48035>
Arbeitsblatt A04.pdf, Arbeitsblatt B1.pdf, Arbeitsblatt B2.pdf, Arbeitsblatt B4.pdf, Arbeitsblatt A08.pdf, Theorieblatt T1.pdf, Theorieblatt T2.pdf
- *Aufgabe Zuordnung von Bewegungs-Zeit-Diagrammen*
- Applet linbew (<http://www.pk-applets.de/phy/lbw/linbeweg.html>)

Die Theorieblätter sind zum Verteilen.

Die Schüler bearbeiten die Arbeitsblätter. Evt. Lösungen für die pdf-Aufgaben auslegen.

Das folgende Applet kann zur Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen den s-t-, v-t- und a-t-Diagrammen eingesetzt werden.

<http://www.pk-applets.de/phy/lbw/linbeweg.html>

Ein weiteres Applet ist

http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/mechanik2/bewegung/beschleunigt.htm

Üben kann man auch im Internet bei den dwu-Unterrichtsmaterialien

<http://www.zum.de/dwu/umapmb.htm> mit den vier Übungen hppme31 bis hppme35 (Übung 31 bis Übung 35). Auch als Hausaufgabe möglich.

7./8./9./10. Stunde

Computerraum

Material:

- Anleitung zur Auswertung mit Excel *Anleitung zu Excel (siehe hier Seite 16)*
Anleitung für Viana (siehe hier Seite 20)
Zusammenfassung zur Auswertung (siehe hier Seite 22)
- Exceldatei zu Läufer 1 mit allen Auswertungen
Excel-Datei mit den t-s-Werten zu Läufer 2
Arbeitsauftrag Aufgabe Vergleich Läufer1 und Läufer2
- Excel-Datei mit Daten zu unbekannter Bewegung
Video eines bremsenden Autos *autobrm.avi* (Videos München)

Die Schüler erhalten die Anleitung zur Auswertung für Viana in Excel als Text (vorerst noch ohne Seite 1), die Anleitung *Zusammenfassung zur Auswertung* als Text und die Daten zu Läufer2.

Die Schüler sollen die Daten zu Läufer 2 auswerten und auch die Geschwindigkeit und die Beschleunigung mit Excel berechnen nach der Anleitung *Zusammenfassung zur Auswertung.doc* und dann die Bewegung der beiden Läufer vergleichen nach *Arbeitsauftrag Vergleich Läufer1 und Läufer2.doc*

Reserveauftrag für die schnellen Schüler:

Messdaten einer für die Schüler unbekanntes Bewegung in einer Excel-Datei. Es handelt sich um einen Bungeesprung.

Auftrag:

- Beschreibe die Bewegung
- Um welchen Bewegungsvorgang kann es sich handeln?

Diskussion der Ergebnisse.

Einführung in Viana:

Video eines bremsenden Autos *autobrm.avi*

Die Messwerte sollen an Hand der Viana-Anleitung (jetzt Seite 1 austeilen) erstellt werden und die Bewegung wie bei dem *Arbeitsauftrag Vergleich Läufer1 und Läufer2* Teil 1 ausgewertet werden.

Läufer 1				Läufer 2	
t /s	s/m	v in m/s	a in m/s ²	t /s	x /m
0	0,0000	0,0000		0	0
0,2	0,2143	0,8929	5,5000	0,2	0,12
0,4	0,3571	1,9643	3,6364	0,4	0,30
0,6	1,0000	3,7500	1,7857	0,6	0,60
0,8	1,8571	4,6429	0,9615	0,8	1,07
1	2,8571	5,5357	0,8065	1	1,61
1,2	4,0714	6,4286	0,4861	1,2	2,44
1,4	5,4286	6,7857	0,3289	1,4	3,15
1,6	6,7857	7,3214	0,4878	1,6	4,17
1,8	8,3571	8,2143	0,4348	1,8	5,24
2	10,0714	8,7500	0,2551	2	6,37
2,2	11,8571	9,1072	0,2451	2,2	7,56
2,4	13,7143	9,6429	0,1389	2,4	8,69
2,6	15,7143	9,6429	0,0463	2,6	10,06
2,8	17,5714	9,8214	0,0909	2,8	11,37
3	19,6429	10,0000	0,1339	3	12,74
3,2	21,5714	10,3571	0,3017	3,2	14,17
3,4	23,7857	11,2500	0,1191	3,4	15,54
3,6	26,0714	10,8929	-0,1230	3,6	17,02
3,8	28,1429	10,7143	0,0833	3,8	18,57
4	30,3571	11,2500	0,1190	4	19,94
4,2	32,6429	11,2500	-0,0397	4,2	21,55
4,4	34,8571	11,0714	0,0000	4,4	22,98
4,6	37,0714	11,2500	0,0397	4,6	24,58
4,8	39,3571	11,2500	-0,0397	4,8	26,13
5	41,5714	11,0714	0,0806	5	27,62
5,2	43,7857	11,6072	0,1538	5,2	29,23
5,4	46,2143	11,7857	-0,0379	5,4	30,77
5,6	48,5000	11,4286	-0,1563	5,6	32,38
5,8	50,7857	11,0714	-0,0806	5,8	33,93
6	52,9286	11,0715	0,0403	6	35,60
6,2	55,2143	11,2500	-0,0000	6,2	37,14
6,4	57,4286	11,0714	-0,0806	6,4	38,69
6,6	59,6429	10,8929	-0,1230	6,6	40,24
6,8	61,7857	10,5357		6,8	41,79
7	63,8571			7	43,33
				7,2	44,88
				7,4	46,43
				7,6	47,98
				7,8	49,46
				8	50,89
				8,2	52,38
				8,4	53,81
				8,6	55,06
				8,8	56,31

Aufgabe Vergleich Läufer 1 und Läufer 2

Im Unterricht wurde die Bewegung des Läufers 1 (Läufer_1.avi) mit Hilfe der Videoanalyse untersucht. Die Messwerte und Diagramme findest du in der Excel-Datei Laeufer1.xls.

Ein zweites Video (Läufer_2.avi) zeigt die Bewegung eines zweiten Läufers. Die Messdaten zu diesem Läufer sind in der Excel-Datei Laeufer2 t-x-Werte.xls

Diese sollst du mit Excel auswerten und mit der Bewegung des ersten Läufers vergleichen.

Zur Auswertung mit Excel gibt es eine Anleitung.

Aufgabe

1. Untersuche die Bewegung des zweiten Läufers. Bestimme dabei u.a.
 - a. Zeitabschnitte gleichförmiger Bewegung und die zu diesen Zeitabschnitten gehörenden Geschwindigkeiten.
 - b. Zeitabschnitte gleichmäßig beschleunigter Bewegung und die zu diesen Zeitabschnitten gehörenden Beschleunigungen
2. Betrachte die Bewegungen des Läufers 2 und des Läufers 1.
 - a. Wie unterscheiden sich die Bewegungen der beiden Läufer?
 - b. Welcher Läufer beschleunigt besser?
 - c. Welcher Läufer ist schneller?

Daten einer unbekanntem Bewegung

t /s	y /m	t /s	y /m	t /s	y /m	t /s	y /m
0,00	60,00	2,00	32,07	5,60	20,71	8,60	43,32
0,04	60,00	2,20	27,82	5,80	24,53	8,80	41,73
0,08	59,57	2,40	23,04	6,00	28,25	9,00	39,50
0,12	59,57	2,60	19,22	6,20	30,90	9,20	37,06
0,16	59,25	2,80	14,87	6,40	34,51	9,40	34,83
0,20	59,78	3,00	11,04	6,60	37,06	9,60	31,96
0,24	59,04	3,20	8,28	6,80	39,93	9,80	29,20
0,40	57,45	3,40	5,52	7,00	41,84	10,00	26,23
0,60	55,64	3,60	2,97	7,20	43,32	10,20	24,00
0,80	53,52	3,80	1,06	7,40	45,13	10,40	21,13
1,00	51,08	4,60	6,05	7,60	45,66	10,60	18,26
1,20	47,78	4,80	8,39	7,80	45,87	10,80	16,03
1,40	44,60	5,00	10,83	8,00	45,77	11,00	14,23
1,60	40,78	5,20	14,02	8,20	45,13	11,20	12,21
1,80	36,53	5,40	17,41	8,40	44,28	11,40	11,04

11./12./13./14. Stunde

Ein oder mehrere Videos mit Webcam und Laptop oder Fotoapparat aufnehmen. Möglich z.B. Wasserrakete, Wurf, Fußballschuss, Sprung, mit Fahrrad anfahren und bremsen, Softball fallen lassen, Papiertrichter fallen lassen aus 1. Stock, Schaukeln auf Spielplatz, mit Skateboard eine Treppenstufe hoch springen). Videos zur nächsten Unterrichtsstunde konvertieren.

Diese Videos und weitere Videos aus dem Internet in Zweier-Gruppen auswerten nach Arbeitsblatt *Aufgabe Auswertung einer Bewegung mit Videoanalyse* (siehe hier Seite 22). Fundstellen für Videos siehe hier Seite 14.

15./16./17./18. Stunde (Gleichungen für die beschleunigte Bewegung)

Material:

Rechenaufgaben zur Beschleunigung.

Am v-t-Diagramm erkennt man: $v = a \cdot t$ und mit Hilfe der Durchschnittsgeschwindigkeit $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

Alternativ kann man auch so vorgehen wie die piko-Gruppe aus NRW:

Das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm des Läufers Ausschnitt 1 für den gleichmäßig beschleunigten Zeitabschnitt 0 – 1s wird zur Bestimmung der Beschleunigung mit linearer Trendlinie ausgewertet. Die Beschleunigung erhält man als Steigung mit dem Wert 6,7364.

Wie hängt s von t ab?

Im Weg-Zeit-Diagramm scheint der Graph parabelförmig zu sein. Die Auswertung mit polynomischer Trendlinie mit Reihenfolge (Grad) 2 ergibt:

$$y = 3,3487x^2 + 0,5153x - 0,0082$$

Der Zahlenwert bei x^2 ist die Hälfte des Wertes der Beschleunigung. Das gilt allgemein. Die weiteren Werte ergeben sich aus Messungenauigkeiten.

Beide Wege führen zu

Bewegungsgesetze der beschleunigten Bewegung

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \text{Weg-Zeit-Gesetz}$$

$$v = a \cdot t \quad \text{Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz}$$

$$a = \text{konstant} \quad \text{Beschleunigungs-Zeit-Gesetz}$$

Von früher ist bekannt:

Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung

$$s = v \cdot t \quad \text{Weg-Zeit-Gesetz}$$

$$v = \text{konstant} \quad \text{Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz}$$

Anschließend werden die Rechenaufgaben geübt. Zu den einzelnen Aufgaben können die Lösungen zur Selbstkontrolle ausgelegt werden.

Rechenaufgaben zur Beschleunigung

Gleichförmige Bewegung

1. Im ersten Drittel eines Weges von 120 km fährt ein Pkw mit $v_1 = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, danach mit $v_2 = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
Bestimme die Durchschnittsgeschwindigkeit.
2. Zwei Züge fahren irrtümlicherweise auf einer Strecke auf einem Gleis aufeinander zu.
Der erste Zug hat eine Durchschnittsgeschwindigkeit von $81,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, der zweite eine von $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Am Anfang befindet sich Zug 1 in einer Entfernung von 25 km vom Ort Normstadt. Zug 2 hat am Anfang eine Entfernung von 35 km von Normstadt, allerdings auf der anderen Seite.
 - a. Fertige eine Skizze der Situation an.
 - b. Nach welcher Zeit würden die beiden Züge zusammenprallen?
 - c. Wie weit wäre diese Stelle von Normstadt entfernt und auf welcher Seite?

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

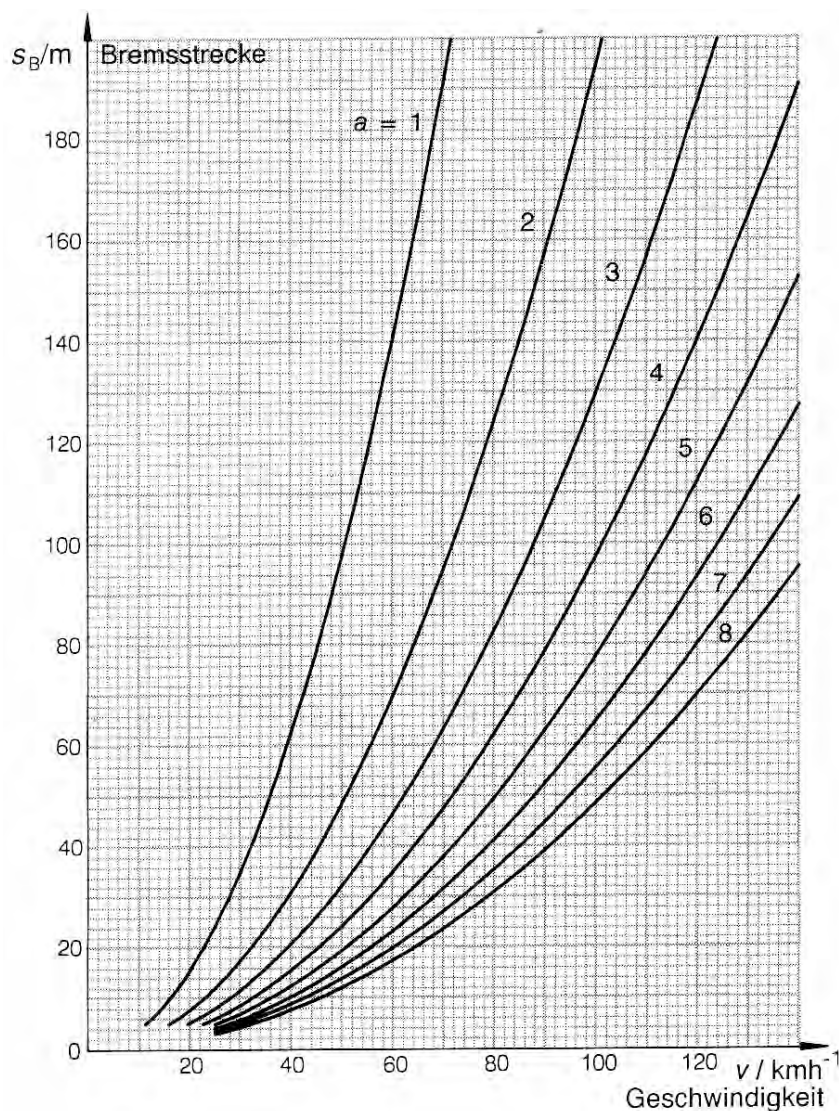
3. Ein Läufer beschleunigt mit $6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ 1,2 s lang.
 - a. Welche Geschwindigkeit hat er dann erreicht?
 - b. Wie weit ist er dann gelaufen?
4. Ein Eisenbahnzug erreicht 2 Minuten nach der Abfahrt eine Geschwindigkeit von $43,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
 - a. Bestimme die Beschleunigung des Zuges in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
 - b. Welche Strecke hat der Zug in diesen 2 Minuten zurückgelegt?
5. Nach wie viel Sekunden erreicht ein Auto aus dem Stand heraus eine Geschwindigkeit von $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, wenn die Beschleunigung $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ beträgt?
Wie weit ist es dann gefahren?
6. Ein Flugzeug startet und hebt nach einer Rollstrecke von $s = 2,4 \text{ km}$ mit der Geschwindigkeit $v = 300 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ab.
Berechne die Startdauer und die Beschleunigung.

7. Ein Pfeil wird von der Sehne eines Bogens auf einer Strecke von 0,6 m beschleunigt. Er erreicht eine Geschwindigkeit von $60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- Warum ist die Beschleunigung nicht konstant?
 - Wie groß ist die mittlere, konstant angenommene Beschleunigung?
 - Wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang?
8. In der folgenden Tabelle sind die Zeiten angegeben, die verschiedene Pkw-Typen benötigen, um ihre Geschwindigkeit von 0 auf $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ zu steigern.

Autotyp	Zeit
Audi 4 135 PS	9,2s
Mercedes C 230 150kW	8,4s
VW Golf 169 kW	6,8 s
Opel Corsa 1.3 55kW	13,6 s

- Wie groß ist jeweils die Beschleunigung?
 - Welche Strecke benötigen die einzelnen Pkw, um auf $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ zu beschleunigen?
9. Ein Pkw mit der Geschwindigkeit $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ kommt bei einer Vollbremsung nach 2,5 s zum Stehen.
- Berechne Bremsbeschleunigung und Bremsweg.
 - Das Auto fährt jetzt $60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
Wie groß ist jetzt der Bremsweg bei gleicher Bremsbeschleunigung?
10. Bei Sommerreifen und trockener Beton-Fahrbahn ist die maximale Bremsbeschleunigung $8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, bei nasser Betonfahrbahn ist die maximale Bremsbeschleunigung $4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
- Berechne den minimalen Bremsweg eines $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ schnellen Autos mit Sommerreifen bei trockenem Beton.
 - Wie groß ist der Bremsweg des Autos bei nassem Beton?

11.



Im Diagramm ist für verschiedene Bremsbeschleunigungen a die Bremsstrecke s_b als Funktion der Geschwindigkeit v aufgetragen, die einzelnen Kurven sind Parabelstücke.

- Lies aus dem Diagramm die Geschwindigkeiten ab, die für verschiedene Straßenverhältnisse ($a = 1, 2, \dots, 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) eine Bremsstrecke von 50 m ergeben.
- Für die vereinfachte Abschätzung des Bremsweges gibt es folgende Faustformel: Man erhält den Bremsweg in m, wenn man die Tachoanzeige durch 10 teilt und das Ergebnis quadriert. Berechne, welcher Wert von a dieser Faustformel zugrunde liegt. Du kannst dafür eine beliebige Geschwindigkeit auswählen. Zeichne einen entsprechenden Graphen in das Diagramm ein.

19./20. Stunde

Material:

Arbeitsblatt: *Freier_Fall*

Gewünschtes Material für die Schüler

Es ist sinnvoll, am Ende der vorherigen Stunde schon das Arbeitsblatt *Freier_Fall* auszugeben, die Versuche vorplanen zu lassen und sich einen Zettel mit dem benötigten Material geben zu lassen.

Die Schüler machen selbst geplante Versuche zur Bestimmung der Fallbeschleunigung an Hand des Arbeitsblattes. Sie können davon ausgehen, dass der freie Fall eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist.

Die Versuchsbeschreibung wird am Ende der Stunde abgegeben.

Hier ein
Bild von
Galilei
einfügen

Welche Beschleunigung erfährt ein Körper im freien Fall?

Hier ein
Bild vom
Schiefen
Turm von
Pisa
einfügen

Der Wissenschaftler Galileo Galilei (1564 – 1642) hat sich unter anderem damit beschäftigt, wie sich ein Körper im freien Fall nach unten bewegt. Er soll dazu verschiedene Gegenstände vom schiefen Turm von Pisa fallen gelassen und die Fallzeit gemessen haben.

Beim freien Fall handelt es sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, d.h. die Geschwindigkeit nimmt gleichmäßig zu.

In einem Experiment, das ihr selbst plant, durchführt und auswertet, soll nun diese Beschleunigung, die die Körper beim freien Fall an der Erdoberfläche erfahren, bestimmt werden. Einen schiefen Turm haben wir in der Schule nicht, aber dafür verschiedene Möglichkeiten zur Zeitmessung (Stoppuhren, Lichtschranken, CASSY) und Längenmessung (Lineal, Maßband, CASSY). Natürlich dürft ihr auch ganz andere Geräte benutzen.

Ihr arbeitet in Gruppen von 2 bis 3 Schülern zusammen. Überlegt euch zunächst genau, wie euer Experiment aussehen soll, was ihr benötigt und wie ihr es durchführen wollt. Um Messfehler zu minimieren, solltet ihr die Messungen mehrmals durchführen. Untersucht auch, was sich bei Änderung der Höhe, Masse und Form des fallenden Gegenstands verändert.

Haltet eure Ergebnisse in einem **Versuchsprotokoll** fest. Dieses sollte folgende Punkte beinhalten:

- Fragestellung
- Versuchsaufbau (Materialien, Skizze)
- Versuchsdurchführung
- Messergebnisse (möglichst in Tabellenform)
- Versuchsauswertung mit
 - Berechnungen, Überlegungen
 - Versuchsergebnis
 - Fehlerbetrachtung (Wo kam es zu Ungenauigkeiten, Messfehler)