

# **COACH5**

## **DIE NEUE LERNUMGEBUNG FÜR NATURWISSENSCHAFTLICHE FÄCHER**

**Johannes Schüssling  
BG Bregenz Blumenstraße**

Bregenz, 2004

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>BESCHREIBUNG DER COACH5-LERNUMGEBUNG .....</b>	<b>4</b>
1.1	Was ist und was kann die Software Coach5? .....	4
1.2	Zur Hardware dieser Lernumgebung .....	5
1.3	Einsatzmöglichkeiten der Coach5-Lernumgebung.....	6
<b>2</b>	<b>ERFOLGREICHE COACH5-PROJEKTE .....</b>	<b>6</b>
2.1	Dank an Mitentwickler .....	6
2.2	Powerpoint-Präsentation.....	6
2.3	Kurzbeschreibung erfolgreicher Coach5-Projekte.....	9
2.3.1	Coach5-Messprojekte .....	9
2.3.2	Coach5-Simulationsprojekte .....	14
2.3.3	Coach5-Projekte mit Auswertungen von Datenvideos .....	18
2.3.4	Coach5-Steuerungsprojekte .....	19
<b>3</b>	<b>DIE 9 ARBEITSBLÄTTER / PROTOKOLLVORLAGEN UND DIE 3 PROTOKOLLE .....</b>	<b>20</b>
3.1	Die neun Arbeitsblätter/Protokollvorlagen .....	20
3.2	Die drei Protokolle.....	21
<b>4</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>22</b>
	Anhang-Übersicht.....	22
	Anhang A: Noch ein paar weitere Powerpoint-Folien .....	23
	Anhang B1: Skriptum S3-C5-EinführungMessenAuswerten.....	26
	Anhang B2: Skriptum S3-C5-EinführungModeling.....	34
	Anhang B3: Skriptum S3-C5-EinführungDatenvideos .....	42
	Anhang D1: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Elektromagn. Induktion.....	51
	Anhang D2: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Boyle Mariotte Gesetz .....	52

Anhang D3: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Kondensatorentladung .....	54
Anhang D4: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Bewegungsgleichung .....	57
Anhang D5: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Senkrechter Wurf.....	58
Anhang D6: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Schiefer Wurf.....	59
Anhang D7: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Anhalteweg.....	61
Anhang D8: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Kaffee kühlt ab.....	63
Anhang D9: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Videoclip Basketball-Korbwurf.....	66
Anhang E1: Protokoll Bewegungsgleichung .....	68
Anhang E2: Protokoll Modell Anhalteweg / Bremsweg.....	71
Anhang E3: Protokoll Videoclip Basketball-Korbwurf .....	74

# 1 BESCHREIBUNG DER COACH5-LERNUMGEBUNG

## 1.1 Was ist und was kann die Software Coach5?

Coach5 wurde von CMA (Centre for Microcomputer Applications), einer Institution des AMSTEL Instituts (Amsterdam Mathematics, Science & Technology Education Laboratory) der Universität Amsterdam ([www.cma.science.uva.nl](http://www.cma.science.uva.nl)) in jahrelanger Arbeit entwickelt.

Im Jahre 2002 bekam CMA für dieses Programm den **European Academic Software Award** (EASA 2002).

Lehrer/innen und Schüler/innen können damit

- automatisch Messdaten bei Experimenten **erfassen**, wenn man zusätzlich die nötige Hardware (Datenlogger und Messsonden) hat
- vorhandene Messdaten **auswerten** und **darstellen**
- **Modelle** von Vorgängen und Gesetzmäßigkeiten erstellen und durch **Simulationen** die Einflüsse einzelner Parameter studieren
- **Videoclips auswerten**, die man selbst erstellt oder vom Internet herunterlädt
- sogenannte **Aktuoren** (z.B. Motoren, Lampen, ...) in Abhängigkeit von gemessenen Größen **steuern**, wenn wieder die nötige Hardware zur Verfügung steht.

Coach5 hat eine englischsprachige Benutzeroberfläche. Nach kurzer Zeit ist man mit dieser vertraut. In Gymnasien sollen ganze Unterrichtsfächer in Englisch oder in einer anderen Fremdsprache unterrichtet werden, in „English Weeks“ soll über Wochen nur Englisch gesprochen werden. Geradezu grotesk finde ich deshalb die Absicht, die Benutzeroberfläche von Coach5 ins Deutsche zu übersetzen, zumal die wichtigste Sprache der Naturwissenschaften sicher Englisch ist. Falls Teile der umfangreichen Hilfen auch in deutscher Sprache vom Programm angeboten würden, wäre dies - vor allem für manche Lehrer/innen wie mich - wahrscheinlich hilfreich.

Die Tätigkeiten mit Coach5 werden in sog. Projekten (projects) organisiert. Es gibt also Messprojekte, Simulationsprojekte, Projekte, mit denen wir Datenvideos auswerten, und Projekte zum Steuern bestimmter Vorgänge.

Innerhalb eines Projektes können mehrere Aktivitäten (activities) verwaltet werden, welche – aber in keiner Weise zwingend notwendig - thematisch zusammengehören.

Bei Messprojekten kann man z.B. eine fertige Aktivität unter einem zweiten Namen abspeichern und dann leicht eine Variante zur ersten Aktivität erstellen. Man kann auch in derselben Aktivität unterschiedliche Messergebnisse (results) derselben Messanordnung abspeichern und verwalten.

Meine Projekte enthalten oft zwei Aktivitäten:

- eine mit Namen „Vorlage“, welche die Aufgabenstellungen und in Abhängigkeit vom Alter der Schüler/innen Voreinstellungen enthält, die aber stark auch davon abhängen, wie geübt und versiert sie im Umgang mit dieser Coach5-Lernumgebung schon sind, und
- eine namens „Musterlösung“, in der die Aufgabenstellung nach meinen Vorstellungen gelöst dargestellt ist.

Die eventuell in einem Coach5-Projekt im Programm den Schülern/innen gegebene Aufgabenstellung kann auch noch durch ein zur Verfügung gestelltes Word-Arbeitsblatt ergänzt sein, welches dann von den Schülern/innen gleich als Protokollvorlage verwendet werden soll bzw. kann.

## 1.2 Zur Hardware dieser Lernumgebung

Coach5 arbeitet selbst verständlich mit der von CMA entwickelten Hardware optimal zusammen. Das Programm kann aber auch mit der Hardware von Texas Instruments (TI, USA) und von Vernier (USA) kommunizieren.

**Fürs Messen** braucht man einen PC oder ein Notebook, auf dem Coach5 läuft, einen Datenlogger (ULAB oder CoachLab2 von CMA, CBL2 (Calculator Based Laboratory) und CBR (Calculator Based Ranger) von TI oder LabPro von Vernier) und Messsonden.

Messsonden stellen ebenfalls CMA und Vernier her; kaufen kann man sie bei der Firma bk teachware Lehrmittel ([www.bk-teachware.com](http://www.bk-teachware.com)), A-4030 Linz, Wienerstraße 482, welche z.B. für die BRD und Österreich die Gebietsvertretung der CMA-Produkte hat.

Datenlogger kosten 250 bis 450 Euro, Messsonden 25 bis 400 Euro. Vor allem die Messsonden für CO<sub>2</sub>, in Wasser gelöstes O<sub>2</sub>, gasförmiges O<sub>2</sub>, oder die EKG-Messsonde, ... sind doch recht teuer und werden sicher nur in geringer Stückzahl angeschafft.

**Fürs Steuern** benötigt man einen Datenlogger, der neben den analogen und digitalen Eingängen für Sensoren auch Ausgänge hat (CoachLab2 von CMA), und Aktuoren.

**Fürs Modellieren und Simulieren** ist neben dem Programm keine Hardware nötig.

**Fürs Auswerten von Videoclips** braucht man neben dem Programm eine Digitalkamera (mit der man Kurzfilme machen kann) oder einen digitalen Camcorder mit entsprechendem Kabel zum Überspielen der Clips in digitaler Form auf den PC oder das Notebook, wenn man eigene Videoclips auswerten will. Für die „richtige“ Codierung/Formatierung der selbst gemachten Videoclips ist für die Bearbeitung mit Coach5 dann noch eine spezielle Software (das Freeware-Programm VirtualDub aus dem Internet oder etwa das Programm Adobe Premiere 6.0) nötig.

Die Coach5-Lernumgebung verfolgt das Konzept, mit selbst erhobenen Daten die Natur zu erforschen und verstehen zu lernen. Deshalb ist der Wunsch nach der Auswertung eigener Videoclips eine logische Konsequenz.

## **1.3 Einsatzmöglichkeiten der Coach5-Lernumgebung**

Lehrer/innen können Coach5 zur Demonstration interessanter, zum Teil bisher nicht vorführbar gewesener Experimente oder Simulationen einsetzen. Zusammen mit einem Beamer erfahren damit die Möglichkeiten für das Lehrer- bzw. Demonstrationsexperiment eine beachtliche Erweiterung.

Prädestiniert ist diese Lernumgebung jedoch für das graduell abstuftbar gestaltbare selbständige Arbeiten von Schülern/innen in Kleingruppen, bei einzelnen Themen im regulären Unterricht (wenn die Klassenschülerzahlen nicht zu groß sind; oder wenn man als Organisationsgenie die andere Hälfte der Klasse anderweitig sinnvoll beschäftigen kann) und vor allem im fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Laborunterricht, der ja immer größere Bedeutung erlangt.

## **2 ERFOLGREICHE COACH5-PROJEKTE**

### **2.1 Dank an Mitentwickler**

Zusammen mit meinen Kollegen OSTR Prof. Mag. Johann Kuno Mangold (Physik) und Mag. Beat Grabher (Chemie) sowie mit Kollegin Mag. Marie-Luise Schrott (Biologie) entstanden in den letzten zwei Jahren erfolgreiche Projekte. Auch auf den Fortbildungsveranstaltungen bekam ich immer wieder Tipps von meinen Kollegen/innen für neue Varianten. Für Rückmeldungen und Tipps zu meinen „veröffentlichten“ oder zu neuen Projekten war und bin ich natürlich jederzeit sehr dankbar.

Für die Entwicklung eigener Projekte sind auch die auf der Programm-CD von Coach5 mitgelieferten Projekte sehr hilf- und lehrreich.

### **2.2 Powerpoint-Präsentation**

Als Einstieg zu Beginn eines Workshops oder zur Information interessierter Kollegen/innen entstand in den letzten 2 Jahren eine immer umfangreichere Powerpoint Präsentation, welche die Möglichkeiten dieser Coach5-Lernumgebung aufzeigt. Zu jedem der dort vorgestellten Projekte gibt es Detailerfahrungen, die die Projektentwicklung und vor allem auch die Durchführbarkeit und Akzeptanz durch Schüler/innen betreffen.

Die Präsentation können Sie durch einen Klick **hierher** starten.

Einige wenige Folien ohne Überblendungen sind hier als Beispiel angeführt bzw. liegen auch im Anhang dieser Studie als „Ausdruck“ vor.

## Coach5, das fächerübergreifene Programm

für das Messen, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

---

<p>Einsetzbar</p> <p>für <b>Lehrer/Innen</b> zur Demonstration</p> <p>für <b>Schüler/Innen</b> einzeln oder in Kleingruppen, in der Unterstufe und/oder in der Oberstufe</p> <p>im „normalen“ Unterricht</p> <p>im Laborunterricht</p> <p>im Pflichtfach, Wahlpflichtfach, Freifach</p> <p>in Physik, Mathematik, Chemie, Biologie, ...</p>	 <p>CMA / Amstel Institut Universität von Amsterdam <a href="http://www.cma.science.uva.nl">www.cma.science.uva.nl</a> Centre for Microcomputer Applications Händler für Österreich + BRD: bk-teachware Lehrmittel, Linz <a href="http://www.bk-teachware.com">www.bk-teachware.com</a></p> 
---	--

---

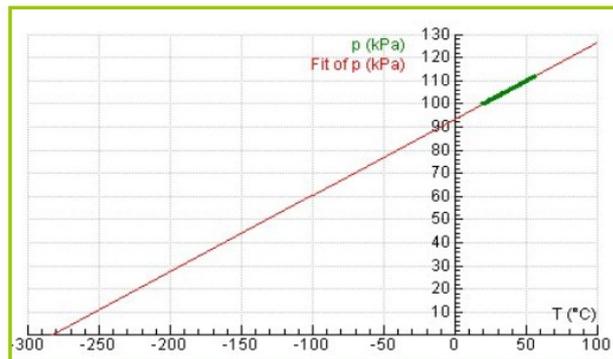
 Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße 1

## Coach5, das fächerübergreifene Programm für das Messen, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

### Temperatur- und Gasdruck-Sensor: Gay Lussac Gesetz



500 ml Glaskolben mit Spezialpfropfen  
2000 ml Becherglas, Wasserbad  
T-Sensor, Gasdrucksensor, ULAB  
Online-Messung



Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße

2

## Coach5, das fächerübergreifende Programm für das Messen, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

### Bremsweg / Anhalteweg

```

Model window
t:=t+dt
if t>tR then
  dv=a*dt
else
  dv=0
EndIf
v:=v-dv
dx=v*dt
x:=x+dx
dt=0.05
t=0
tR= 1
v_kmh=100 'v in km/h
v=v_kmh/3.6 'v in m/s
a=4 | m/s²
x=0
  
```

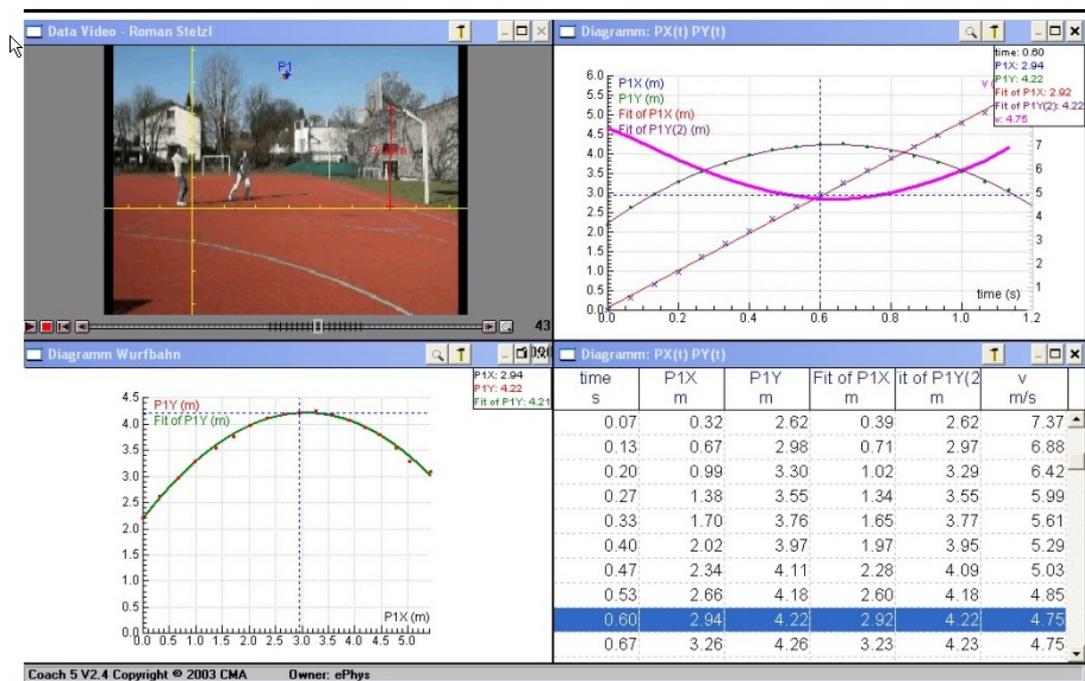
Die Abnahme von  $v$  ist zwar zeitlich linear, aber in Abhängigkeit vom Ort gilt das nicht. Ein Crash erfolgt immer noch bei relativ hohem  $v$ .



Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße

22

## Coach5, das fächerübergreifende Programm für das Messen, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern



Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße

28

## 2.3 Kurzbeschreibung erfolgreicher Coach5-Projekte

Da man mit Coach5 messen, modellieren und simulieren, Videoclips auswerten und auch steuern kann, sollen in derselben Reihenfolge dazugehörige Projekte behandelt werden.

### 2.3.1 Coach5-Messprojekte

Bei ihrer Aufzählung und Kurzbeschreibung orientiere ich mich hier an den dabei zum Einsatz kommenden Messsonden. Das Repertoire der Messsonden bestimmt entscheidend die Zahl der durchführbaren Messprojekte.

*Temperatursensor/en:* von TI

**Abkühlen einer heißen Tasse Kaffee/Wasser;** kann auch als Modell bearbeitet werden; Einpassen einer mathematischen Funktion; 10-20 Minuten messen, dann weiteren Temperaturverlauf prognostizieren.

**Temperaturzunahme bei unterschiedlichen Blechen/Materialien,** welche gleich angestrahlt werden; normales (unbehandeltes) Alublech, dunkel gefärbtes Alublech, Solarabsorberstreifen aus speziell beschichtetem Alu; Online-Messung mit sofortiger Anzeige mehrerer Temperatursensoren mit ULAB-Datenlogger möglich; Offline-Messung bei anderen Datenloggern nötig.

**Endotherme und exotherme Reaktionen;** endotherm: 3g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (Pulver) und 2 g  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (Pulver) in einem 100 ml Becherglas mischen, zuerst ohne dann mit 10 ml Wasser; exotherm: 30ml 1-molare HCl + 2g Mg-Pulver; Messzeit 60 s, T steigt um ca.  $15^\circ\text{C}$

**Temperaturzunahme unterschiedlicher Flüssigkeiten bei gleicher Energiezufuhr**

**Temperaturschichtung des Bodenseewassers im Jahrhundertsommer 2003** (August); 30m lange Spezialmesssonde nötig; mit Kabelklemmen (Abstand jeweils 1m; bei 5m-, 10m- 15m-, 20m- und 25m-Marke jeweils zwei Klemmen) an Stahlseil befestigt, Sonde wird am Stahlseil mit Eisenstück beschwert langsam abgesenkt; Tiefeneingabe erfolgt über ‚Manual Input‘, die aktuelle Temperatur wird jeweils von der Sonde geliefert. Probleme: bei Wind Abdrift; zuerst eingesetztes Kletterseil dehnte sich; Betonstein als Beschwerung ist wegen des Auftriebes zu leicht; Sicherheitsvorkehrungen beachten!

*Gasdrucksensor:* GPS-BTA von Vernier

**Boyle Mariotte’sches Gesetz;** 20 ml Luft wird in der beim Sensorkauf mitgelieferten Spritze unterschiedlich stark komprimiert; Eingabe des Volumens über ‚Manual Input‘, den dazugehörigen Gasdruck liefert die Messsonde; Diskussion der Abweichung von der Konstanz (es gilt isotherm:  $p \cdot V = \text{const}$ ) bei den höheren Druckwerten.

*Gasdruck- und Temperatursensor:*

**Gay Lussac’sches Gesetz;** die Luft in einem Glaskolben, auf den der mit der Gasdrucksonde mitgelieferte Stöpsel passt, wird durch ein äußeres Wasserbad langsam erwärmt; gemessen wird der Temperaturanstieg des Wasserbades und der Druckanstieg der eingeschlossenen Luft; Start beim herrschenden Luftdruck und ca.  $20^\circ\text{C}$ ; Ende nach ca. 15 Minuten bei  $70 - 80^\circ\text{C}$  des Wassers. Darstellung des  $p(t)$ -,  $T(t)$ - und des  $p(T)$ -Diagramms; durch Einpassen einer Geraden in die Messdaten des  $p(T)$ -Diagramms erhält man die Lage des absoluten Nullpunktes der Temperatur.

*Sensor für in Wasser gelöstes  $\text{O}_2$  und Temperatursensor:*

**$\text{O}_2$ -Konzentration als Funktion der Wassertemperatur;** 3000 ml Glasgefäß, gut 2 Liter Wasser, Tauchsieder mit Schalter für langsamen geregelten Temperaturanstieg, Aquariumpumpe zur Belüftung des Wassers (durch das Sprudeln holt sich das Wasser andauernd Sauerstoff aus der Luft; dieses Vermögen, Sauerstoff aufzunehmen, nimmt aber mit zunehmender Temperatur ab, wie das Experiment zeigt) Messzeit ca. 15 Minuten, Online-Messung.

*Spannungssensor/en:* von TI, ev. in Eigenregie mit Bananensteckern durch Umbau ausrüsten

**Entladung eines Kondensators über verschiedene Widerstände;** Einsatz eines Down-Triggers, Einpassen einer math. Funktion, Bestimmen des RC-Gliedes, Darstellung zweier Entladungskurven (1000 mikroFarad und 500 Ohm bzw. 100 Ohm) im selben Diagramm (Diagramm-Kontextmenü, ‚Copy Column‘ nach der ersten Messung).

**Entladung eines Kondensators über eine Spule;** es kann eine gedämpfte harmonische Schwingung beobachtet werden; die Frequenz kann z.B. ganz elementar durch ‚Scanning‘ im Diagramm-Kontextmenü bestimmt werden; mit der Thomsonschen Formel kann bei bekanntem  $f$  bzw.  $T$  und  $C$  die Induktivität  $L$  ermittelt werden; Online-Messung; möglichst hohe Messfrequenz (2000 – 3000 Messungen pro Sekunde).

**Elektromagnetische Induktion - Zylindermagnet fällt durch zwei Spulen;** 2 Spulen (800/1600 Wdg) über einander anordnen; kleiner Zylindermagnet fällt von PVC-Rohr geleitet durch; zuerst zwei gleiche Spulen (Einfluss der Geschwindigkeit), dann zwei unterschiedliche (Einfluss der Windungszahl), wenn vorhanden auch unterschiedlich starke Magnete einsetzen, unterschiedlich große induzierte Spannungen, Spannungsstöße mit ‚Analyze/Area‘ im Diagramm-Kontextmenü ausmessen (numerisch integrieren), ... , hohe Messfrequenz, kurze Messzeit, bei ULAB Online (2 Sensoren), sonst Offline-Messung, ein Super-Projekt !

**Potenzimeter-Pendel – gedämpfte harmonische Schwingung;** Pendel-Eigenbau, eine ca. 1 m lange M6-Gewindestange (für Transporte in 2 Teile zerlegbar) pendelt; eine blanke Leiterspitze taucht dabei in ein Wasserbad (flache Plastikschaale mit 2 Kupferblech-Elektroden) und greift dort das aktuelle Gleichspannungspotenzial ab, die Spannung zwischen einem Gleichspannungspol und der pendelnden Leiterspitze wird aufgezeichnet, unterschiedliche Dämpfung durch unterschiedlich tiefes Eintauchen einer (Elektro-)Klemme an der Drahtspitze, Dämpfung beeinflusst die Periodendauer nicht, verschieben des Graphen um das Potenzial der Mittelstellung des Pendels, importieren eines Background-Graphen (Diagramm-Kontextmenü, Schwingung mit anderer Dämpfung; dieser Graph kann horizontal verschoben werden, konphas gemacht werden, man sieht so sofort das gleiche  $T$ ), Online-Messung, Messzeit: 15 – 20 Sekunden, Versorgungsspannung aus Akku (5-6 V).

**Unbelastetes und belastetes Potenziometer;** Versorgungsspannung 10 Volt aus Akku oder stab. Gleichspannung aus Stelltrafo (Achtung: Messbereich der Spannungssonde ist nur  $\pm 10$  V), 10-Ohm-Schiebewiderstand, Last bzw. Verbraucher ist eine kleine Glühbirne, für die Messung im unbelasteten Zustand wird die Glühbirne aus der Fassung geschraubt, Mittelkontakt (MK) kann 33 cm verschoben werden, für die Eingabe der MK-Stellung wird bei Messfrequenz ‚Manual Input with Counter‘ eingestellt; 0cm, 3cm , 6cm, ... 30 cm, 33cm; also 12 Datensätze (MK-Stellung und aktuelle Spannung) werden aufgezeichnet, Online-Messung, nur „unbelastet“ besteht ein linearer Zusammenhang; entweder mit ‚import background graph‘ oder mit ‚Copy column‘ gleichzeitig beide Zusammenhänge im selben Diagramm anzeigen.

*Thermoelement:* TCA-BTA von Vernier

**Wie heiß ist die Kerzen- oder Gasflamme?** Temperaturen bis ca. 1500 °C lassen sich messen.

*Lichtsensor:* von TI (Grundausrüstung bei CBL2-Kauf), von CMA (CMA-LI4, billig, 0,1-10 W/m<sup>2</sup>)

**Flackern des Lichtes bei Glühlampen, Leuchtstoffröhren, verschiedenen Bildschirmtypen;** kurze Messzeit: 1 s, hohe Messfrequenz: 2000 Hz, Beispiel für

einen der ersten Messexperimente, Erklärung für: warum flackert das Licht mit 100 Hz bei einer Wechselspannung von 50 Hz, bei ULAB online-Messung, sonst Offline nötig.

*Mikrofon:* MCA-BTA von Vernier

**Schwebung zweier Stimmgabeln;** Online-Messung, Messzeit: ca. 2-3 Sekunden, Messfrequenz: 2000 Hz, Bild des Schwebungsdiagramms zoomen, Diagramm-Kontextmenü: ‚Signal analysis‘ zeigt die beiden interferierenden Frequenzen an.

**Messung der Schallgeschwindigkeit;** Fingerschnalzer wird von Mikrofon vor einem einseitig geschlossenen, gut 1 m langen Kartonagenrohr aufgezeichnet; die Laufzeit des Schnalzers (hin und retour) wird im Diagramm durch Scanning ermittelt; es braucht ein bisschen Übung, um den reflektierten Schnalzer zu erkennen.

*Sound-Level-Meter:* SLM-BTA von Vernier, teuer

Lärmbelastung in geschlossenen Räumen; Untersuchungen während den Pausen in einzelnen Teilen des Schulgebäudes.

### **Schreiwettbewerb im Rahmen eines Informationstages.**

**Frequenzspektrum einer angeblasenen Orgelpfeife;** SLM wird als Mikrofon verwendet, Messzeit: 2 s, Messungen pro Sekunde: 2000 oder 3000, ‚Signal analysis‘ im Diagramm-Kontextmenü liefert die Frequenzen der Grund- und der ersten Oberschwingungen.

*CO<sub>2</sub>-Sensor:* CO<sub>2</sub>-BTA von Vernier oder CMA, teuer

**Zellatmung bei Bohnen;** 20-30g Mungobohnen, einmal ungekeimte, einmal gekeimte (3-4 Tage, feucht, eher warm, in Zeitungspapier); Messzeit: 12 min oder 800 s; zuerst ungekeimte in den Messbehälter (dieser wird beim Sensorverkauf mitgeliefert) → CO<sub>2</sub>-Konzentration ändert sich nicht; dann gleich viel gekeimte Bohnen → CO<sub>2</sub>-Konzentration steigt von 400 auf fast 1800 ppm; dann gibt man die gekeimten Bohnen für 20 min in den Kühlschrank, bei der anschließenden Messung steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration nur von 400 auf etwa 1000 ppm an, da kältere Bohnen weniger atmen. Mit der Technik des ‚Copy column‘ (Diagramm-Kontextmenü) können alle 3 Messkurven in das gleiche Diagramm gebracht werden. Messbereich des Sensors: 400 bis 5000 ppm; Kalibrierungstaste beachten (wenn sie gedrückt wird, wird die aktuelle CO<sub>2</sub>-Konzentration mit 400 ppm bewertet).

**CO<sub>2</sub>-Messung während einer Lehrerkonferenz;** mit ULAB offline mehrere 30-minütige Messserien aufgenommen, 15 Minuten nach Beginn wird die MAK (1500 ppm, maximal erlaubte Arbeitsplatzkonzentration) überschritten, Messungen auch während der Pause und zu Beginn des zweiten Teils, späteres Einlesen der einzelnen Messserien ins Coach5-Programm und Auswertung der Daten in Diagrammen.

**Veratmung von Zucker durch Hefe;** 2 ml 5%ige Fruchtzuckerlösung (5g auf 100 ml Wasser) und 2 ml 7%ige Hefelösung (7g Oetker Hefepulver auf 100 ml Wasser bzw. 3,5g auf 50 ml),

10 min dauernde Inkubationszeit der Hefelösung, bei der Messung 1 wird die Hefelösung in ein 40°C warmes Wasserbad gestellt, bei der Messung 2 fehlt die

Erwärmung während der Inkubationszeit → die Hefe entwickelt geringere Aktivität → die CO<sub>2</sub>-Konzentration steigt langsamer an, Messzeit: 5-8 Minuten, Messergebnisse liegen zwischen 500 und 4000 ppm bzw. zwischen 500 und 2000 ppm.

**Nachweis der Photosynthese mit Radieschen;** bei der Photosynthese wird CO<sub>2</sub> von grünen Pflanzen aufgenommen und verbraucht und Sauerstoff abgegeben, die CO<sub>2</sub>-Konzentration muss sich also durch die Photosynthese verringern, einfach Tageslicht verwenden, kein direktes Sonnenlicht, kein Licht von Scheinwerfern und dergleichen, die Radieschenblätter kämen dabei im CO<sub>2</sub>-Messgefäß „ins Schwitzen“ jedenfalls in Schwierigkeiten; die Radieschenknollen können auch mit einem Messer verkleinert werden, damit sie ins Gefäß passen; durch einen vorsichtige Hauch von Atemluft wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration im „gefüllten“ Messgefäß auf 1000 bis 1500 ppm erhöht (gelingt ev. nicht beim ersten Mal; wird schnell zu hoch), die Messsonde wird dicht auf das aufrechte Messgefäß gesteckt und die Messung bei einem offenen Fenster gestartet, Messzeit: 30-35 Minuten, die CO<sub>2</sub>-Konzentration sinkt ganz oder fast auf den Wert von 400 ppm, CO<sub>2</sub> ist schwerer als Sauerstoff und andere Luftbestandteile, es kann nach unten nicht abfließen, weil das Gefäß kein Loch hat; und nach oben nicht, weil es am schwersten ist; das CO<sub>2</sub> wird von der Pflanze unter dem Einfluss des Lichtes umgewandelt in Kohlenstoff und Sauerstoff.

Variante: wenn das Licht durch eine Alufolienummantelung der Messeinrichtung weggesperrt wird, findet keine Photosynthese statt; die CO<sub>2</sub>-Konzentration sinkt nicht, sondern sie steigt wegen der Atmung der Radieschen weiter an.

*Zweibereich-Kraftsensor:* DFS-BTA von Vernier oder CMA, +-10N oder +-50N

**Handexperimente zur Reibungskraft;** Vorteil gegenüber den Federwaagen: die zeitliche Entwicklung wirkender Kräfte ist im Diagramm „festgeschrieben“, während sie bei der Vorführung mit einer Federwaage nur ganz kurz zu sehen ist, gewissermaßen „flüchtig ist“; mit der Hand den Kraftsensor halten und versuchen über einen Haken einen Holzquader langsam in Bewegung zu setzen; Messzeit: 2-3 Sekunden; Einsatz eines Up-Triggers bei z.B.  $F = 0,3 \text{ N}$ ; Unterschied von Haft- und Gleitreibung wird deutlich; Messungen bei unterschiedlicher Zusatzbelastung, Messungen bei gleicher Zusatzbelastung und unterschiedlicher Größe der Auflagefläche, bei gleicher Zusatzbelastung und unterschiedlichen Materialien, die mit einander in Kontakt kommen.

**Kraftzerlegung eines Gewichtes auf der Schiefen Ebene;** der Neigungswinkel  $\alpha$  wird variiert von 0 bis 90 Grad; altherwürdiges Modell einer schiefen Ebene kommt zum Einsatz; die treibende Komponente  $F_{tr}$  des Gewichtes  $G$  eines kleinen Wagens ( $F_{tr} = G \cdot \sin(\alpha)$ ) wird umgelenkt über zwei Rollen und eine Schnur vom Sensor (auf Zug; Schnur soll immer parallel zum Sensorhaken ziehen) gemessen; der Neigungswinkel  $\alpha$  wird als ‚Manual Input with Counter‘ (10 Messungen, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 Grad) eingegeben; bei den ‚Activity options‘ das Winkelmaß auf ‚Degrees‘ stellen; erstellen eines  $F(\alpha)$ -Diagramms; Sinusfunktion liefert optimale in die Messwerte eingepasste mathematische Funktion, was ja zu erwarten war. Beachte die Kraftreduktion von  $F_{tr}$  durch die Reibung der Schnur an den 2 Rollen (das Gewicht des ca. 2 N -  $0,2\text{kg} \cdot 9,81\text{N/kg} = 2 \text{ N}$  - schweren Wagens beträgt bei der 90 Grad geneigten schiefen Ebene nur ca. 1,6 N).

*Digitale Lichtschranke:* VPG-BTD von Vernier, mit Speichenrad

**Atwood'sche Maschine – Bewegungsgleichung;** einziges bisher realisiertes ‚event-based measurement‘-Projekt; zwei gleich große Massen  $m_1$  (z.B. je 25 g) sind mit einer Schnur verbunden, welche über eine Rolle verläuft; das System ist im Gleichgewicht, bis beim oberen Massestück eine zusätzliche Masse  $m_2$  (z.B. eine Beilagscheibe von ca. 7 g) angehängt wird; dann setzt sich die Gesamtmasse ( $2 \cdot m_1 + m_2$ ) in Bewegung und wird dabei vom Gewicht der Masse  $m_2$  beschleunigt; das Rad (Durchmesser 5 cm,  $d = 2r = 5$ ) beginnt zu rotieren und unterbricht mit seinen 10 Speichen eine dort platzierte digitale Lichtschranke; der digitale Sensor zählt die Unterbrechungen der Lichtschranke, die steps  $n$ ; bei der Auswertung werden zunächst die steps  $n$  als Funktion der Zeit  $t$  dargestellt; dann eine Polynomfunktion zweiter Ordnung als mathematische Funktion (Fit of  $n$ ) eingepasst; mit dieser kann der Fallweg  $s$  in cm als Funktion der Zeit ( $s = \text{Durchmesser} \cdot \pi / 10 \cdot [\text{Fit of } n] = 5 \cdot \pi / 10 \cdot [\text{Fit of } n]$ ) berechnet und auf der zweiten vertikalen Achse dargestellt werden; zuletzt kann ebenfalls auf der zweiten vertikalen Achse die Geschwindigkeit  $v - v = \text{derivative}(s)$  - dargestellt werden; die durchschnittliche Steigung des  $v$ -Graphen ist dann die durchschnittliche Beschleunigung  $a$ , welche auch wie folgt berechnet werden kann:  $a \cdot (2m_1 + m_2) = m_2 \cdot g$  mit  $g = 9,81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ cm/s}^2$ ; die Abweichung des theoretischen Beschleunigungswertes vom gemessenen muss mit Reibungskräften und mit störenden Einflüssen der Schnurmasse erklärt werden.

*Ultraschall-Entfernungsmesser:* Ultrasonic Motion Sensor von Vernier oder CMA bzw. CBR (Calculator Based Ranger) von TI (Zum Sensor: Schallfrequenz: 40 kHz, Öffnung d. Schallkegels: 15-20°, Messbereich: 0,5 – 6 m)

**Federpendel;** Sensor ist senkrecht unter dem schwingenden Massenstück; damit der Sensor das schwingende „Gewichtsstück“ von 50 oder 75g „trifft“, ist an das 50g-Stück mit Superkleber eine CD geklebt; Messzeit: 10 Sekunden, Messfrequenz = Anzahl der Messungen pro Sekunde: 25, 30 oder 40; gemessen wird die Entfernung  $x(t)$  in Meter, daraus kann durch Verschieben der Messdaten um die Entfernung  $x_0$  des Massenstücks in Ruhe zum Sensor (ist etwa auch der Mittelwert aller Messdaten; dazu Tabelle anzeigen und anschauen, statistics wählen, average-Wert von  $x$  für das Verschieben verwenden) die Auslenkung  $y(t)$  berechnet werden:  $y(t) = x(t) - x_0$ ; die Ableitung von  $y(t)$  liefert dann  $v(t)$  und die Ableitung von  $v(t)$  das  $a(t)$ ; dargestellt im selben Diagramm mit zwei vertikalen Achsen lassen sich die Phasenbeziehungen dieser Größen bei gedämpften harmonischen Schwingungen studieren; aus  $y(t)$  kann die Schwingungsfrequenz (Parameter  $b$  der eingepassten Sinusfunktion ist die Kreisfrequenz  $\omega$  oder elementar durch ‚Scanning‘) bestimmt werden; mit der Formel  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{m/k}$  sind noch einige Kontrollen/Berechnungen möglich.

**Fadenpendel mit Basketball im Einkaufsnetz;** Fadenlänge ca. 2m; an der vertikal verschiebbaren Tafel befestigen; Ball darf nur relativ kleine Auslenkungen (etwa 40cm) machen; Ultraschallsensor misst horizontal von der Seite; Mindestabstand von 50cm einhalten; Messzeiten und Messfrequenzen wie beim Federpendel; auch offline-Messungen möglich;  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\text{Pendellänge}/g}$ ; bei Messung und Auswertung analoge Vorgehensweise wie beim Federpendel.

## 2.3.2 Coach5-Simulationsprojekte

Coach5 berechnet leider beim ersten Durchgang der Berechnungsschleife nicht mit dem Startwert der Laufvariablen den ersten „Datensatz“, sondern erhöht den Wert

der Laufvariablen sofort – unabhängig von der Position des dafür nötigen Befehls (z.B.  $t:=t+dt$ ) in der Schleife – um die angegebene Schrittweite. Diesem fehlerhaften Start der Schleifenberechnung kann durch die Angabe eines um die Schrittweite verringerten Startwertes entgegengewirkt werden. Beispiel:  $t$  steht für die Laufvariable Zeit, statt  $dt=0.1$  und  $t=0$  schreibt man  $dt=0.1$  und  $t=-dt$ . Je kleiner die Schrittweite gewählt wird, desto weniger wirkt sich dieser Fehler aus. Bei Coach6 soll dieser Fehler behoben sein.

**Anfahren ( $a = \text{const}$ ), Modell;** liefert das  $a(t)$ -, das  $v(t)$ - und das  $s(t)$ -Diagramm für eine gleichmäßig beschleunigte Translation; interessant zu interpretieren ist auch das  $v(s)$ -Diagramm; im viergeteilten Bildschirm haben diese Diagramme übersichtlich Platz; die Bewegung kann dann mit ‚Scanning‘ (aus dem Diagramm-Kontextmenü) studiert werden.

**Horizontaler Wurf, Modell;** in  $x$ -Richtung eine Translation mit konstanter Geschwindigkeit ( $a_x=0$ ,  $v_x:=v_x$ ,  $x:=x+v_x*dt$ ), in  $y$ -Richtung spielt sich ein freier Fall ab ( $a_y=-g$ ,  $v_y:=v_y+a_y*dt$ ,  $y:=y+v_y*dt$ ); beide Teilbewegungen überlagern sich ungestört zur Gesamtbewegung; Abwurfhöhe ist der  $y$ -Startwert: zuerst z.B.  $y=15$ ;  $x$ -Startwert ist 0:  $x=0$ ; das  $y(x)$ -Diagramm zeigt die Wurfbahn; ...

**Senkrechter Wurf, Modell;** in  $x$ -Richtung spielt sich nichts ab, wir verzichten auf diese Koordinate; Startwerte: zuerst  $g=9.81$ , dann  $a=-g$ ; Abwurfgeschwindigkeit z.B.  $v=5$  (hinter einem einfachen Hochkomma kann die Einheit m/s als Kommentar angefügt werden), Abwurfhöhe:  $h=0$ ; die Berechnungsbefehle:  $t:=t+dt$ ,  $v:=v+a*dt$ ,  $h:=h+v*dt$ ; interessante Diagramme sind das  $v(t)$ - und das  $h(t)$ -Diagramm; wann erreicht der Gegenstand die Steighöhe? ... ‚Scanning‘

**Schiefer Wurf ohne Luftwiderstand, Modell;** der Betrag der Abwurfgeschwindigkeit wird mit Hilfe der Winkelfunktionen bei gegebenem Abwurfwinkel  $\alpha$  in ein  $v_x$  und  $v_y$  zerlegt; simuliert kann der Abwurfwinkel und die Abwurfgeschwindigkeit werden, von Interesse ist die Wurfweite, speziell das  $y(x)$ -Diagramm, das die Wurfbahn zeigt (für beide Achsen dieselbe Skalierung wählen, damit die Darstellung „winkelgetreu“ ist); auf der zweiten vertikalen Achse könnte der aktuelle Betrag der Geschwindigkeit angezeigt werden ( $v_{\text{betrag}}:=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$  im linken Teil des Modell-Fensters mitberechnen lassen); zusätzliche interessante Fragestellungen: wo ist  $v_{\text{betrag}}$  maximal, minimal?; 2 Varianten beim Startwert für  $y$  möglich:  $y=0$  (etwa beim Speerwurf, Körpergröße ist vernachlässigbar) bzw.  $y=1.8$  (etwa beim Kugelstoßen); auch hier gilt, dass die Anzahl der Berechnungsschritte ruhig zu groß sein darf, da durch die Skalierung der  $y$ -Achse (von 0 bis  $y_{\text{max}}$ ) die Wurfbahn für ev. negative  $y$ -Werte nicht mehr angezeigt wird. Durch folgende Anweisungszeile wird die Berechnung gestoppt, auch wenn die Zyklenzahl noch nicht zur Gänze abgearbeitet ist: `if  $y<0$  then stop endif`

**Schiefer Wurf mit Luftwiderstand, Modell;** für die Luftwiderstandskraft gilt die Formel:  $F_l=c_w*A*\rho*v^2/2$ ,  $c_w$  ist die Widerstandsbeiwert des Gegenstandes,  $A$  seine angeströmte (Querschnitts-)Fläche,  $\rho$  die Dichte der Luft ( $1,3\text{g/m}^3$ ) und  $v$  die (Relativ-)Geschwindigkeit zwischen Gegenstand und Luft; der Einfachheit halber könnten wir die für einen bestimmten Gegenstand geltenden Werte für  $c_w$ ,  $\rho$  und  $A$  zu einer Konstanten  $cl$  zusammenfassen:  $cl=c_w*A*\rho/2$ ; im rechten Teil des Modell-Fensters steht dann etwa:  $dt=0.1$ ,  $t=0$ ,  $v=50$ ,  $\alpha=40$  (in Activity options Winkelmaß auf ‚Degrees‘ stellen),  $v_x=v*\cos(\alpha)$ ,  $v_y=v*\sin(\alpha)$ ,  $A=0.01$ ,  $c_w=0.8$ ,  $\rho=1.3$ ,  $cl=A*c_w*\rho/2$ ,  $m=1$ ,  $g=9.81$ ; hinter einem einfachen Hochkomma sollte jeweils die

Maßeinheit als SI-Einheit geschrieben werden; zur Berechnung der nötigen Beschleunigungswerte muss auch die Masse  $m$  des geworfenen Körpers bekannt sein, da bekanntlich  $a = F / m$  ist; die Schleifenberechnungsbefehle - für jede Zuordnung wegen der besseren Übersicht eine neue Zeile verwenden - im linken Teil des Modell-Fensters sind:  $v:=\text{sqrt}(v_x^2+v_y^2)$ ,  $Fl:=cl*v^2$ ,  $Fl_x:=-v_x*Fl/v$ ,  $Fl_y:=-v_y*Fl/v$ ,  $F_x:=Fl_x$ ,  $F_y:=-mg+Fl_y$ ,  $a_x:=F_x/m$ ,  $a_y:=F_y/m$ ,  $v_x:=v_x+a_x*dt$ ,  $v_y:=v_y+a_y*dt$ ,  $x:=x+v_x*dt$ ,  $y:=y+v_y*dt$ ,  $t:=t+dt$ ; die Reihenfolge der Befehlszeilen ist auch wichtig; sonst gelten die gleichen Tipps wie beim Schiefen Wurf ohne Luftwiderstand; alle vorkommenden Variablennamen (inkl. der Konstanten im rechten Fensterteil) können bei Simulationen verändert werden.

**Der Brems- und Anhalteweg, Modell;** wichtig ist die Diskussion der Erkenntnis, dass die Geschwindigkeit auf den letzten Metern des Anhalteweges am stärksten abnimmt; bei zu geringem „Freiraum“ bzw. zu nahem Hindernis erfolgt ein Crash bei noch relativ hoher Geschwindigkeit; man braucht keine fertige Formeln für den Bremsweg oder für die gleichmäßig verzögerte Translation zu wissen, sondern muss nur die Definitionen für Beschleunigung und Geschwindigkeit anwenden ( $a=v/t$  bzw.  $v=a*t$  und  $v=s/t$  bzw.  $s=v*t$ ):  $v:=v+a*dt$  (neue Geschwindigkeit ist alte Geschwindigkeit plus die Geschwindigkeits-Änderung, die im Zeitintervall  $dt$  passierte),  $x:=x+v*dt$ ,  $t:=t+dt$  (Erhöhung der Laufvariablen  $t$  für die nächste Durchrechnung der Schleife); für die Darstellung der Geschwindigkeitsabnahme auf dem gesamten Anhalteweg muss eine Reaktionszeit  $t_R$  festgelegt werden, welche später aber ebenfalls in Simulationen variiert werden kann; damit sich während der Reaktionszeit  $t_R$  die Geschwindigkeit nicht ändert, ist etwa folgende erste Befehlszeile in der Schleife nötig:  $\text{if } t < t_R \text{ then } v:=v \text{ else } v:=v+a*dt \text{ endif}$ . Damit  $v$  kleiner wird, muss hier der Wert für die Bremsverzögerung  $a$  negativ sein: z.B.:  $a=-4$ ; die interessanten Diagramme sind das  $v(t)$ - und vor allem das  $v(x)$ -Diagramm!

**Abkühlung einer Tasse heißen Kaffees, Modell;** so könnte das Modell-Fenster dazu ausschauen:

```

Model window
G M
dQ:=SP*m*(TA-TU)*dt
DeltaT:=dQ/cp/m
TA:=TA-DeltaT
t:=t+dt
'Achtung: t und T werden NICHT unterschieden !
dt=1 's Zeitintervall
t=0 's Startzeit
m=0.25 'kg Masse des Wassers
cp=4180 'J/(kg*K) spez. Wärmekapazität des Wassers
TU=20 '°C Umgebungstemperatur
TA=70 '°C Anfangs- dann aktuelle Temp.des Wassers
SP=1.5 'J/(sec*°C*kg) spez.Abstrahlungsleistung
*N = 6000;| 6000s = 100 min

```

man verwendet  $dQ = cp*m*DeltaT$  und eine spezifische Abstrahlungsleistung  $SP$ , welche angibt, wie viel Energie pro Sekunde bei einer Temperaturdifferenz von  $1^\circ\text{C}$  von der Masse  $1\text{kg}$  Wasser abgestrahlt wird; in der ersten Anweisungszeile wird die abgestrahlte Energie im Zeitintervall  $dt$  berechnet, in der zweiten die daraus resultierende Temperaturabsenkung  $DeltaT$  und in der dritten die neue verringerte Temperatur  $TA$  des Kaffeewassers; um selbständig dieses Modell zu erarbeiten,

muss man diesen Teil der Wärmelehre schon gut verstehen; die Wärmeabgabe soll nur durch Strahlung erfolgen, was bei einem Becherglas, das mit einem Stativ in der Luft gehalten wird, etwa der Fall ist; bei der Messung zur Bestimmung eines möglichst guten Zahlenwertes für SP muss in erster Linie die Masse  $m$  mit jener des Modells übereinstimmen. Prinzipiell werden dann die Startbedingungen des Modells an jene der Messung angepasst.

„Federpendel“- 50 g an Schraubenfeder, Modell; was passiert, wenn man 50 g an eine Schraubenfeder mit bekannter Federkonstante  $k$  anhängt?

```

Model window
'Gewicht,Federkraft,Reibungskraft
F=m*g-k*y-C*v
a=F/m
v:=v+a*dt
y:=y+v*dt 'wird nicht angezeigt

dl:=-y 'vertikale Diagrammachse
'Federdehnung nach unten
t:=t+dt

dt=0.01
t=-dt 'Trick für exakten "Nullstart"
k=3.27 'Federkonstante der verw.Feder
m=0.05 'Masse, die angehängt wird
g=9.81 'Schwerebeschleunigung
v=0 'Anfangswert
y=0 'Anfangswert
C=0.05 'Konstante für Reibungskraft
'dämpft die Schwingung
'N = 1000, Anzahl der Zyklen

```

Das  $dl(t)$ -Diagramm ( $t$  von 0 bis 10 Sekunden und  $dl$  von -0.40 bis 0.20 Meter) zeigt eine gedämpfte Schwingung; als endgültige Längenänderung der Feder stellen sich 15 cm ein, was auch leicht experimentell verifiziert werden kann.

Satellitenbahnen, Modell; siehe dazu das Skriptum „S3-C5ModelingEinführung“ im Anhang!

```

Model window
r:=(x^2+y^2)^0.5

ax:=-G*M*x/r^3
ay:=-G*M*y/r^3

vx:=vx+ax*dt
vy:=vy+ay*dt

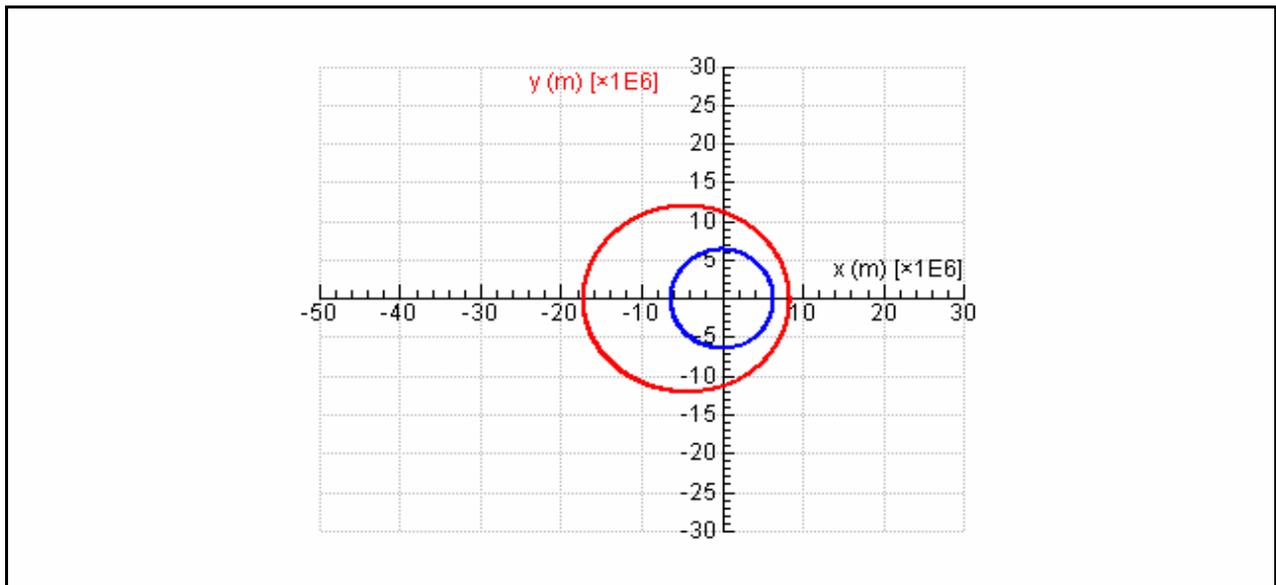
x:=x+vx*dt
y:=y+vy*dt

if (x^2+y^2)^0.5 < 6375000 then
  stop 'Satellit zerschellt auf Erde
endif
t:=t+dt

dt=5
t=0
G=6.67E-11 'Nm^2/kg^2
M=5.97E24 'kg Erdmasse
v=8000 'm/s
vx=0 'Bahngeschw.
vy=v 'im Startpunkt
h=2E6 'm Starthöhe üb.Erde
rE=6.375E6 'm Erdradius
x=rE+h 'm x-Startwert
y=0 'm y-Startwert

'N=15000, Anzahl der Zyklen

```



### 2.3.3 Coach5-Projekte mit Auswertungen von Datenvideos

**Fall eines Basketballs, DV-Auswertung;** mit Hilfe einer Stehleiter von der Decke des Physiksaals oder aus einem Obergeschoss des Schulgebäudes (Absturzgefahr beachten !); Clipdauer: 2-3 Sekunden; Aufnahmegerät: Digitalkamera, Kurzfilm-Modus; mit USB-Kabel auf PC oder Notebook kopieren; mit Freeware-Programm VirtualDub richtig formatieren (beim Exportieren eine avi-Datei erzeugen und den Cinepak Codec by Radius verwenden); Clip mit Coach5-Projekt-Manager ins bereits angelegte Coach-Projekt kopieren und auswerten; falls VirtualDub das Format des Kurzfilmes der Digitalkamera oder des Digital-Camcorders nicht „versteht“, ist dazu etwa das Programm Adobe Premiere 6.0 nötig, mit dem offensichtlich fast jedes Video-Format behandelt werden kann.

**Anfahren eines Benzin-Mofas bzw. Elektro-Rollers, DV-Auswertung;** versteckte Werbung für den umweltfreundlicheren E-Scooter; zwei verschiedene Videoclips, die getrennt in zwei unterschiedlichen Aktivitäten desselben Projekts ausgewertet werden; die eigentlichen Messwerte sind einzelne Kreuzlein/Punkte im P1X(t)-Diagramm; mit ‚Process/Filter Graph‘ aus dem Diagramm-Kontextmenü legt man eine Kurve durch diese Messpunkte, die dann – numerisch – abgeleitet den Geschwindigkeitsgraphen ergeben, dessen Darstellung mit Hilfe der zweiten vertikalen Achse des Diagramms erfolgt; mit ‚Analyse/Slope‘ wieder aus dem Diagramm-Kontextmenü kann dann als mittlere Steigung die mittlere Beschleunigung ermittelt werden.

Analog lassen sich auch die beiden folgenden Bewegungen als Videoclips bearbeiten:

**Anfahren und Bremsen eines Fahrrads, DV-Auswertung;** es interessieren uns die auftretenden positiven und negativen Beschleunigungswerte.

**Starten einer Sprinterin, DV-Auswertung;** es interessiert uns die Beschleunigung bzw. Geschwindigkeitszunahme der Sportlerin; bei bekannten beteiligten Massen kann man dann auch die wirkenden Kräfte quantifizieren.

**Fußball - Elfmeterschuss, DV-Auswertung;** wir interessieren uns für die Maximalgeschwindigkeit; ein 17-jähriger Schüler erzielte Werte knapp unter 100 km/h; bei einer relativ geringen Anzahl von Messpunkten (der Ball verschwindet wegen der hohen Geschwindigkeit schnell aus dem „Blickfeld“ der Kamera, die ja immer fix auf einem Stativ ist) sind die Geschwindigkeitswerte, die durch numerisches Differenzieren entstehen, an den Rändern der Messserie mit Vorsicht oder am besten gar nicht verwertbar, im mittleren Bereich jedoch schon!

**Korbwurf eines Basketballs, DV-Auswertung;** zur Skalierung der Achsen kann die Korbbhöhe verwendet werden; in einem Diagramm (P1Y zu P1X) wird die Wurfbahn gezeichnet, wobei in die einzelnen Punkte/Kreuzlein des Diagramms eine Parabel eingepasst wird; im anderen Diagramm soll auf der ersten vertikalen Achse P1X(t), P1Y(t), [Fit of P1X](t) und [Fit of P1Y](t) dargestellt werden; mit der zweiten vertikalen Achse soll  $v(t)$  angezeigt werden: in zwei auf „invisible“ gestellten Diagrammtabellenspalten wird mit  $\text{Derivative}([\text{Fit of P1X}])$  die  $v_x$ -Komponente und analog die  $v_y$ -Komponente der Geschwindigkeit  $v$  berechnet, um dann für die zweite vertikale Achse mit der Formel  $\sqrt{v_x^2+v_y^2}$  den aktuellen Betrag der Geschwindigkeit als Funktion der Zeit berechnen zu können; als letztes zeigen wir im letzten freien Bildschirmviertel noch die Tabelle dieses „Monsterdiagramms“ an; falls man jetzt in einem der beiden Diagramme ‚Scanning‘ (Diagramm-Kontextmenü) macht, werden im Data-Video-Fenster (ist immer im BS-Viertel links oben) das zu diesem Zeitpunkt gehörige Frame des Videoclips und in den Diagrammen die dazu gehörigen Zahlenwerte angezeigt und die entsprechende Zeile der Diagrammtabelle blau unterlegt; verschiedenste Fragestellungen können so umfangreich und anschaulich beantwortet werden (siehe dazu auch das ausgewertete Protokoll weiter hinten in dieser Studie).

### 2.3.4 Coach5-Steuerungsprojekte

Erfahrungen mit Schüler/innen liegen mir dazu noch fast keine vor.

#### **Säure-Base-Titration, Steuerung**

Mehrmals demonstrierte ich schon unter Einsatz des buerette-step-motor und einer pH-Wert-Sonde von CMA eine Säure-Base-Titration zur Konzentrationsbestimmung einer Säure oder Base (die Konzentration entweder der Säure oder der verwendeten Lauge muss natürlich bekannt sein, um jene der anderen Flüssigkeit bestimmen zu können); über diesen step-motor wird die Zugabe der Flüssigkeit mit unbekannter Konzentration mittels einer Spritze gesteuert (siehe dazu auch die Powerpoint-Präsentation).

#### **Thermostat aus Temperatursensor, Glühlampe und Ventilator, Steuerung**

Die Temperatur eines Temperatursensors kann bei kleinen Schwankungen recht stabil gehalten werden, wenn man den Betrieb einer Glühlampe, welche als Heizung fungiert, und eines Ventilators, der im Betrieb kühlt, durch ein relativ einfaches Programm steuert.

### **3 DIE 9 ARBEITSBLÄTER / PROTOKOLLVORLAGEN UND DIE 3 PROTOKOLLE**

Die behandelten Themen sind hier nur angeführt. Sie stehen ihnen jedoch im Downloadbereich als Wordfiles zur Verfügung, damit Sie sie nach Ihren Bedürfnissen anpassen können. Für Rückmeldungen bei Verbesserungen wäre ich sehr dankbar.

Im Anhang können Sie diese Protokollvorlagen und Protokolle ansehen.

#### **3.1 Die neun Arbeitsblätter/Protokollvorlagen**

Die Schüler/innen bekommen beim Arbeiten mit Coach5 ihre Problemstellungen und Arbeitsaufträge durch Texte im Programm selbst oder als File in einem Word-Arbeitsblatt, das dann gleichzeitig eine Protokollvorlage darstellt.

Da man über die Zwischenablage mit [Copy to Clipboard] jedes Diagramm oder mit [Alt]+[Druck] jedes Fenster übernehmen kann, erlaubt das Programm Coach5 zusammen mit diesen Protokollvorlagen ein schnelles und informatives Erstellen eines Wordprotokolls, was zur Sicherung des Lernertrages von großer Bedeutung ist.

Beispielhaft sind Arbeitsblätter für folgende Themen bearbeitet:

#### **4 Messexperimente:**

- Elektromagnetische Induktion
- Boyle-Mariotte-Gesetz
- Entladung eines Kondensators
- Bewegungsgleichung (Atwood-Maschine)

#### **4 Modell-/Simulation-Aufgaben:**

- Senkrechter Wurf
- Schiefer Wurf
- Anhalteweg und Bremsweg
- Heißer Kaffee kühlt ab.

#### **1 Auswertung eines Videoclips:**

- Basketballwurf

Für die Lösung der hier gestellten Aufgaben werden die Coach5-Software, ein Datenlogger und die entsprechenden Messsonden benötigt. Am einfachsten ist die Lösung der Aufgabenstellungen mit den Coach5-Projektfiles, von denen im Downloadbereich jene drei in gepackter Form vorliegen, deren Lösung auch schriftlich im Anhang abgedruckt ist. Diese drei Coach5-Projektfiles enthalten nämlich auch Musterlösungen und Vorlagen sowie Fotos und den dabei zu verwendenden Videoclip. Sie können nach dem Entpacken mit dem Projekt-Manager in die Coach5-Software übernommen und dann bearbeitet werden. Im Coach5-Projekt-Manager sehen Sie die Namen der Projekte, während die Projekte im Windows-Explorer nur als Ordner mit der Bezeichnung PROJ081 (Modell Anhalteweg) oder PROJ028 (Basketballwurf DV) oder PROJ067 (Atwood Maschine), aber ohne die Klammerinformationen, zu sehen sind. Diese Nummern werden von Coach5 beim Abspeichern vergeben und dann auch verwaltet.

## **3.2 Die drei Protokolle**

Für drei der neun Themen liegen fertige Protokolle vor. Im Anhang können Sie sie betrachten, im Downloadbereich können Sie sie als pdf-Dateien herunterladen.

Das Messprojekt zur „Bewegungsgleichung (Atwood-Maschine)“, die Simulationsaufgabe zum „Anhalteweg bzw. Bremsweg“ sowie die Auswertung des Videoclips „Basketballwurf“ wurden so bearbeitet.

## 4 ANHANG

### Anhang-Übersicht

Anhang A: Noch ein paar weitere Powerpoint-Folien

Anhang B1: Skriptum S3-C5-Einführung Messen Auswerten

Anhang B2: Skriptum S3-C5-Einführung Modeling

Anhang B3: Skriptum S3-C5-Einführung Datenvideos

Anhang D1: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Elektromagn. Induktion

Anhang D2: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Boyle Mariotte Gesetz

Anhang D3: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Kondensatorentladung

Anhang D4: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Bewegungsgleichung

Anhang D5: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Senkrechter Wurf

Anhang D6: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Schiefer Wurf

Anhang D7: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Anhalteweg

Anhang D8: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Kaffee kühlt ab

Anhang D9: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Videoclip Basketball-Korbwurf

Anhang E1: Protokoll Bewegungsgleichung

Anhang E2: Protokoll Modell Anhalteweg / Bremsweg

Anhang E3: Protokoll Videoclip Basketball-Korbwurf

## Anhang A: Noch ein paar weitere Powerpoint-Folien

**Coach5, das fächerübergreifene Programm**  
für das **Messen**, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

---

**Gasdruck-Sensor: Boyle Mariotte Gesetz**

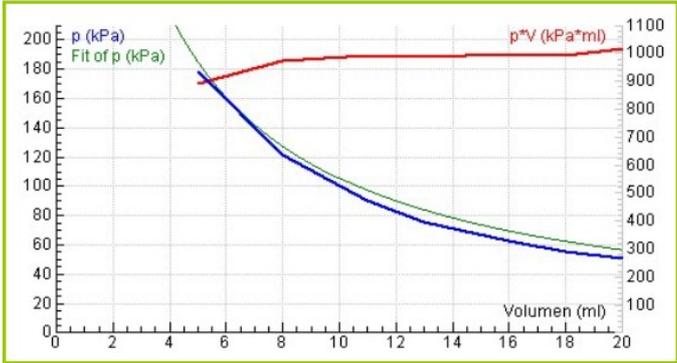


A black rectangular sensor labeled 'Gas Pressure Sensor' with 'ORDER CODE: GPS-BTA' and 'VERNIER SOFTWARE & TECHNOLOGY' is connected to a clear plastic syringe with a black plunger.

20ml Luft in Spritze wird komprimiert; manual Input

Gasdrucksensor, ULAB oder anderer Datenlogger

Online-Messung



The graph shows pressure  $p$  (kPa) on the left y-axis (0 to 200) and  $p \cdot V$  (kPa\*ml) on the right y-axis (0 to 1100) against volume (ml) on the x-axis (0 to 20). A blue curve represents the measured pressure, and a green curve shows a fit to the data. A red curve represents the product  $p \cdot V$ , which remains nearly constant around 1000 kPa\*ml.

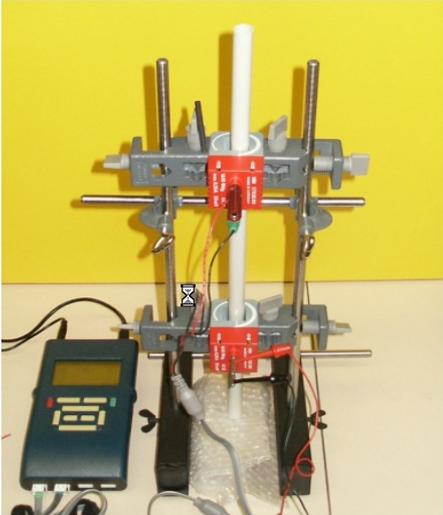
---

Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße 3

**Coach5, das fächerübergreifene Programm**  
für das **Messen**, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

---

**Spannungssensor: Elektromagnet. Induktion**



The setup shows a small cylindrical magnet falling through a vertical PVC tube. Two coils are wrapped around the tube. A digital multimeter is connected to the coils to measure the induced voltage.

Kleiner Zylindermagnet fällt in PVC-Rohr durch 2 Spulen

2-Spannungssensoren, ULAB

Online-Messung bei ULAB,  
bei CBL2 offline-Messung nötig !



The graph plots induced voltage  $V_1$  (V) in red and  $V_2$  (V) in blue against time (s) from 0.25 to 0.50. Both signals show a characteristic induction pulse with a positive peak followed by a negative peak.

---

Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße 5

## Coach5, das fächerübergreifende Programm für das **Messen**, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

**Ultraschall-Entfernungsmessung: Federpendel, Fadenpendel (mit Basketball)**



Schallfrequenz: 40 kHz  
Reichweite: 0.5 – 6 m  
Schallkegel: ca.15-20°  
Online- Messung, auch offline möglich !



Mag.Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße

11

## Coach5, das fächerübergreifende Programm für das **Messen**, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

**Kraft-Sensor: Reibungskraft**

Gemessen:

Reibungskraft bei unterschiedlichen Zusatzgewichten, unterschiedlichen Materialien und unterschiedlicher Größe der Auflageflächen

Hauptinteresse gilt der Haftreibung



Mag.Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße

21

## Coach5, das fächerübergreifende Programm für das Messen, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

### pH-Sensor: Säure-Base-Titration zur Konzentrationsbestimmung



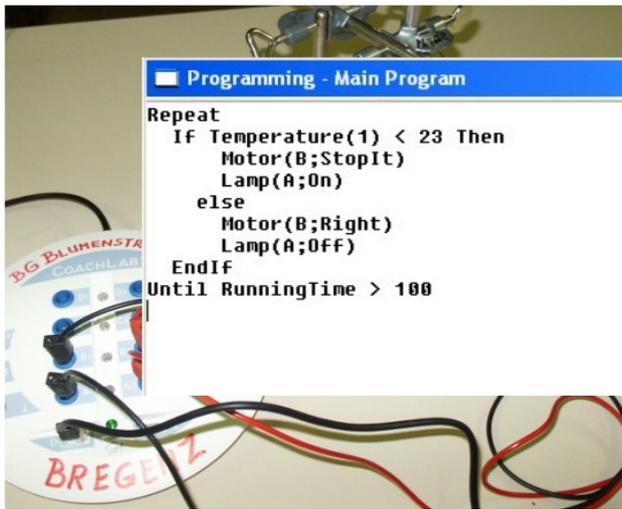
pH-Sensor  
Burette-step-motor von CMA  
Lauge, Säure  
150 ml Becherglas  
Magnetrührer  
Coachlab2 als Datenlogger

Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße

29

## Coach5, das fächerübergreifende Programm für das Messen, Modellieren, Auswerten von Datenvideos und Steuern

### Temperatursensor: Thermostat durch Heizen und Kühlen



Heizen mit Glühlampe,  
Kühlen mit Ventilator bei

halten

Motor

Lamp

Wait

If

EndIf

Repeat

Until

logger

ilator

Mag. Johannes Schüssling, BG Bregenz Blumenstraße

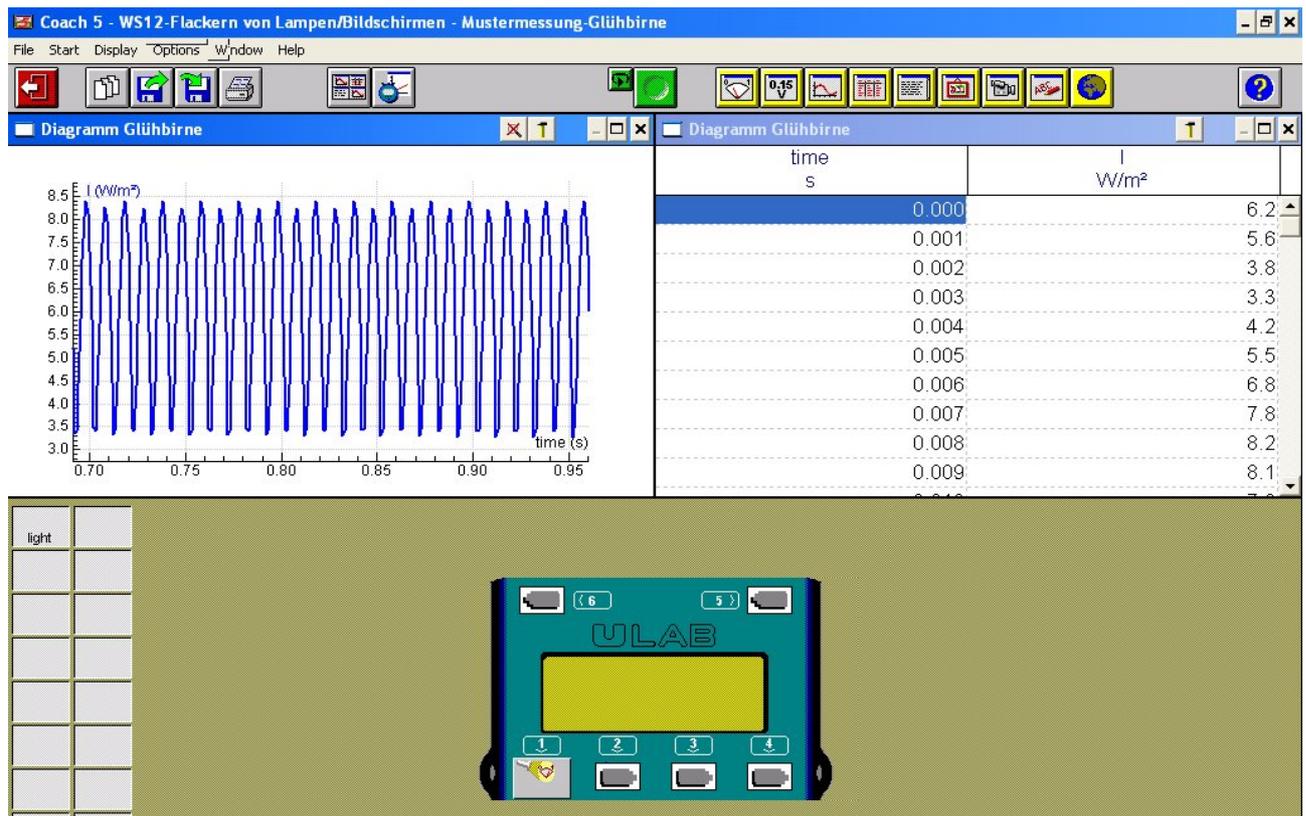
30

# Anhang B1: Skriptum S3-C5-Einführung Messen Auswerten

## Experimentieren – Messen – Auswerten

**Ausrüstung:** PC; Coach5-Programm von CMA in Amsterdam ([www.cma.science.uva.nl](http://www.cma.science.uva.nl)); Messsensoren von CMA, TI ([www.ti.com](http://www.ti.com)) und Vernier (USA, [www.vernier.com](http://www.vernier.com)); Datenlogger (z.B. ULAB, Coachlab2 von CMA oder CBL2 und CBR von TI).

**Der Hauptbildschirm des Coach5-Programmes (Sprachen: Holländisch, Englisch, Russisch ?)**



Wenn die softwaremäßige Anbindung der Messsonden an den Datenlogger erfolgt ist, kann der Datenlogger weggeschaltet werden und es steht dann ein **vier-geteilter Bildschirm** (BS) zur Verfügung. Jedes Viertel kann zu einem Voll-BS gemacht werden.

Die Themen des Skriptums werden **unter Anleitung** (auf Beamer verfolgbar) des Referenten bearbeitet. Es ist hier nicht jede Kleinigkeit bis ins Detail beschrieben, sondern das Skriptum stellt ein "besseres Protokoll" dar, das durch eigene Notizen noch perfektioniert werden kann.

### 1. Flackern des Lichtes einer Glühlampe (*siehe obere BS-Darstellung*)

**Material und Sensoren:** „Normaler“ Helligkeitssensor, diverse "Lichtquellen"

**Activity options:** time-based measurement, online measurement

**Messeinstellungen** (measurement settings): Messzeit  $t = 2 \text{ s}$ ; Messfrequenz:  $f = 1000 \text{ Hz}$

Mit der **Scan**-Funktion des Diagramm-Kontextmenüs kann der zeitliche Abstand zweier benachbarter Maxima leicht bestimmt werden; der Kehrwert dieser Zeit in Sekunden ist die Flacker-Frequenz.

**Ergebnis:** 100 Hz (bei 50 !! Hz Wechselstrom) wie auch leicht erklärt werden kann

**Die Kontextmenüs sind überall im Coach5-Programm sehr mächtig.** Das wichtigste ist das **Diagramm-Kontextmenü !**

Es können auch andere Lichtquellen hinsichtlich „Flackern“ untersucht werden:

z.B.: alter oder neuer Röhrenbildschirm, Flachbildschirm, TFT-Bildschirm, „ÖBB-Licht“ (dazu müsste eine offline-Messung gemacht werden), Signale einer IR-Fernbedienung, ...

## 2. Abkühlung einer Tasse Kaffee/Tee/Wasser

Den Versuchsaufbau können wir uns sicher vorstellen.

Es ist ein einfaches Experiment zum Kennenlernen des Programms mit interessanten Fragestellungen. Falls kein heißer Kaffee/Tee/Wasser zur Verfügung steht, erwärmen wir kurz mit einem Feuerzeug den Temperatursensor.

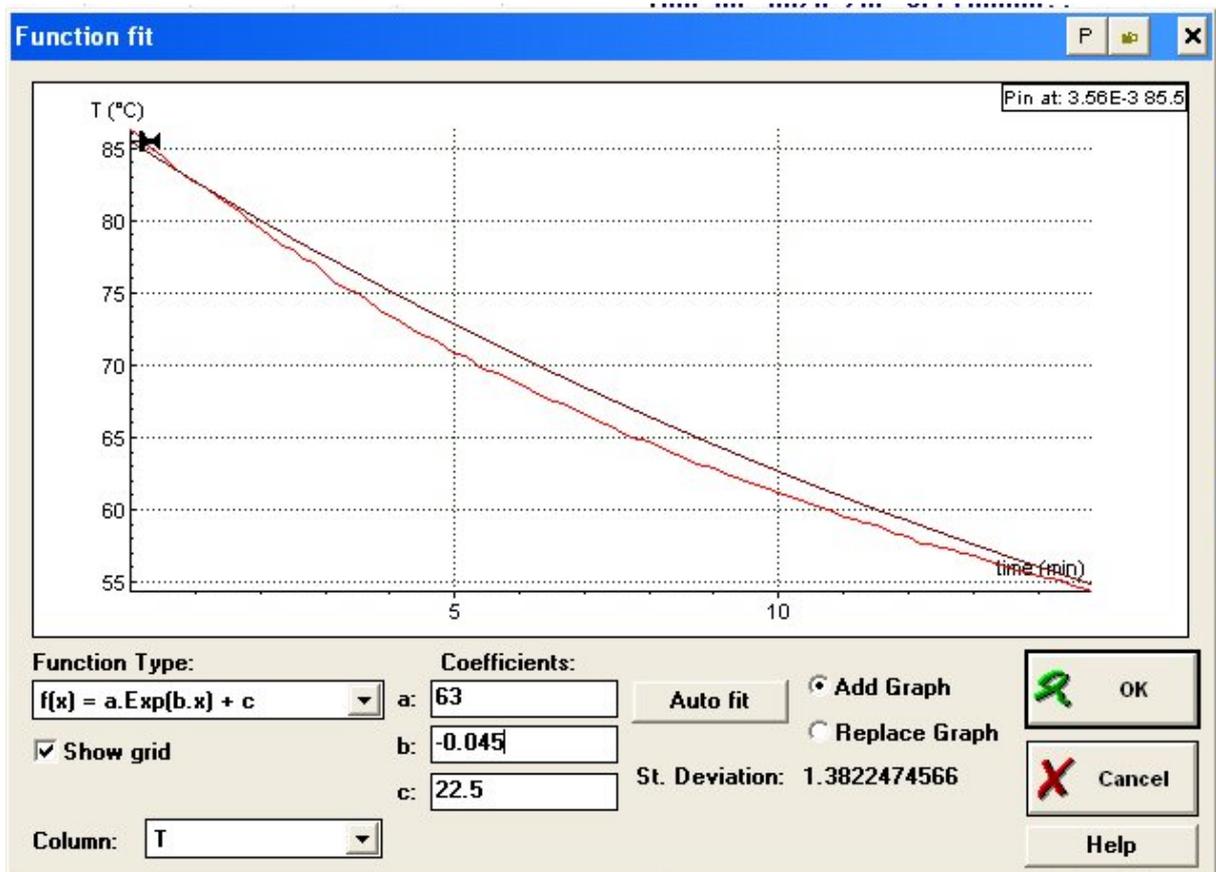
**Material und Sensoren:** „normaler“ Temperatursensor (es gibt auch ein Thermoelementsensor etwa zur Bestimmung von Temperaturen von Flammen); 200 ml heißes Wasser in einem Becherglas.

**Activity options:** time-based , online.

**Messeinstellungen:**  $t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$ ,  $f = 1 \text{ Hz}$  (bedeutet: 1 Messung pro Sekunde)

Der Beginn der Messung kann auch mit einem **Triggersetting** festgelegt werden: Die Messung soll gestartet werden, wenn die Temperatur  $T$  des Wassers unter z.B.  $80^\circ\text{C}$  sinkt (Down-Trigger).

Wir untersuchen/analysieren die erhaltenen Messdaten des entstandenen Diagramms mit der Funktion **Function-Fit** des Diagramm-Kontextmenüpunktes **Analyse**. In dem sich öffnenden Fenster kann in der unten abgebildeten Umgebung eine mathematische Funktion eingepasst werden.



Interessantes **Zusammenwirken der Mathematik mit den anderen Naturwissenschaften**. Bei der Auswahl des Funktionstyps und beim Festlegen der Koeffizienten sind „nur“ elementare Kenntnisse der Mathematik nötig. Der Einfluss einzelner Koeffizienten auf den Graphen wird sofort sichtbar.

Mit einer gut eingepassten Funktion (die abgebildete Funktion ist nur mäßig gut eingepasst, was die relativ große Standardabweichung -St. Deviation - anzeigt) kann man dann auch eine „Prognose“ über die Temperatur zu einem späteren Zeitpunkt nach der Messung machen. Die Randbedingungen (z.B. Zimmertemperatur wird sicher nicht unterschritten) müssen dabei aber auch beachtet werden.

### 3. Elektromagnet. Induktion – Ein Magnet fällt senkrecht durch eine / zwei Spule / n

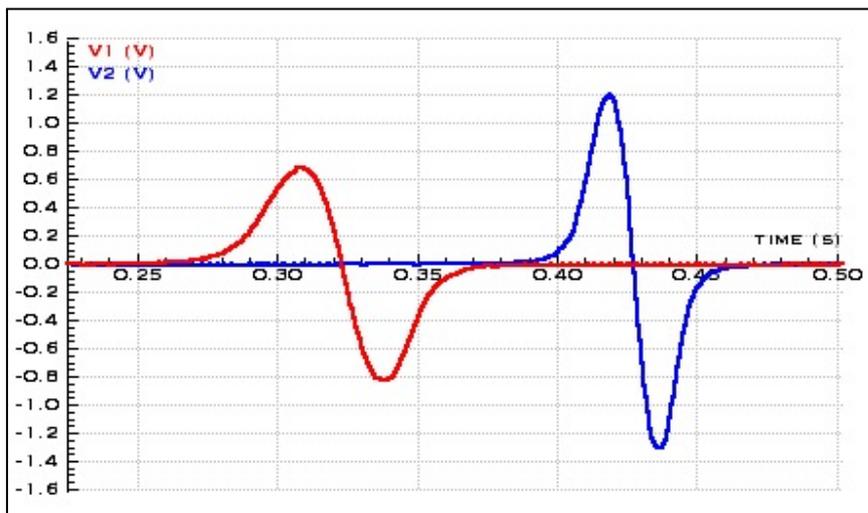
Dabei werden in beiden Spulen je zwei Spannungsschübe (von jedem Pol einer) induziert. Diese sollen in **einem** Diagramm aufgezeichnet und danach hinsichtlich ihrer Größe „vermessen“ werden.

**Material und Sensoren:** 2 "normale" Spannungssensoren; 2 Spulen; Plastikrohr; Zylindermagnet

Es können auch Spulen mit unterschiedlichen Windungszahlen verwendet werden, um den Einfluss der Windungszahlen zu studieren. Es gibt interessante Fragen dazu!

**Art der Messung:** Online-Messung (mit dem ULAB auch in Echtzeit); **time-based**.

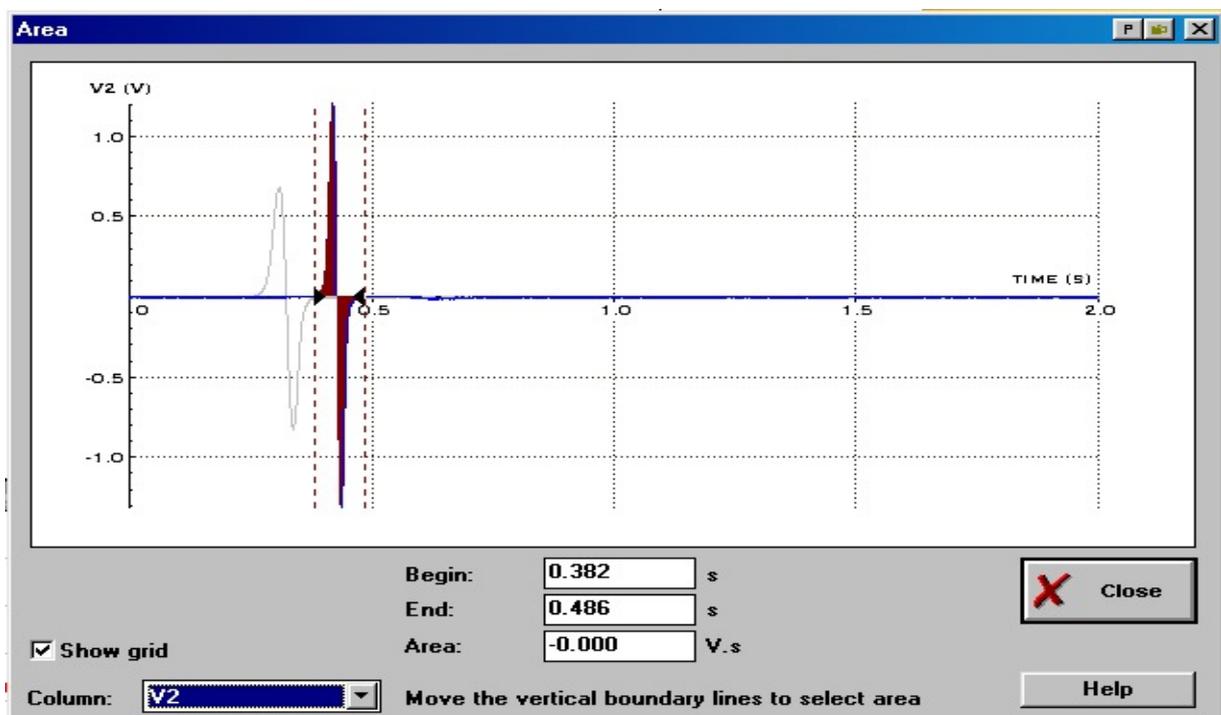
**Messeinstellungen:** Messzeit: **t = 2s** Messfrequenz: **f = 1000 Hz**



Die linken beiden Spannungstöße entstehen in der oberen Spule, die rechten zwei in der unteren Spule.

Die **Flächen** unter den Graphen entsprechen den **Spannungstößen** in der Einheit **Vs**, die **Höhe** der Stöße stellt jeweils die **induzierte Spannung** in der Einheit **V** dar.

Diagramm-Kontextmenü: **Analyse / Area** → die numerische Integration der beiden entgegengesetzten Spannungstöße der selben Spule sollte bekanntlich (exakt) Null sein !



Mögliche interessante Fragestellungen zu diesem Experiment gibt es sicher genügend. In einem Word-File '**AB-ElektromagnetischeInduktion.doc**' befindet sich für die Schüler unter dem Titel "Arbeitsblatt-Protokollvorlage-Protokoll" eine

Protokollvorlage, welche die vom Lehrer gewünschten Fragestellungen enthält und die Möglichkeit bietet, dass die Schüler die Durchführung des Experimentes ohne Stress und trotzdem sauber mit allen Ergebnissen zur Sicherung des Lernerfolges dokumentieren können. Die Aufgabenstellung kann aber auch "nur" in einem vom Lehrer schon vorbereiteten Coach5-Projekt beschrieben werden.

#### 4. Boyle Mariotte'sches Gesetz

**Material und Sensoren:** Gasdrucksensor (Vernier, CMA); die Spritze ist dort inkludiert; wir verwenden die Kalibrierung des CMA-Sensors, in dem wir über **Add from Disk** den CMA-Sensor auswählen und diesen softwaremäßig an den Datenlogger anbinden.



Es ist am Bild ersichtlich, dass die Spritze, in der Luft komprimiert wird, **direkt** auf den Gasdrucksensor mit **Gefühl** (!! damit das Gewinde nicht kaputt wird) aufgeschraubt wird.

Der Gasdruck  $p$  wird mit dem Sensor automatisch bestimmt, das aktuelle Volumen der Luft wird manuell über die Tastatur in der Einheit ml eingegeben. **Zweckmäßig ist dabei folgende Arbeitsteilung:** eine Person des Teams bedient die Spritze, stellt das gewünschte Volumen ein und meldet dieses der zweiten Person, welche das Programm bedient und dieses Volumen eintippt.

**Activity options:** time-based measurement (auf den ersten Blick nicht so ganz logisch). Die **Messeinstellungen** müssen wie folgt getroffen werden



Wir können so **7 Datensätze** (jeweils Volumen und Druck) aufnehmen.

Bevor wir aber mit der Aufnahme der Daten beginnen, wollen wir zuerst noch das Diagramm vorbereiten: **Display diagram/New Diagram** "p-V-Diagramm" als Name eingeben. Wir sind jetzt im Dialogfenster 'Create/Edit a diagram ' und wählen für die **Spalte C1** als Connection: **Manual Input**, Quantity: **Volumen**, Unit: **ml**, Min: **0** und Max: **20**; für die **Spalte C2** als Connection: **Gas Pressure sensor**, Axis: **First vertical**, Min: **0**, Max: **210** und eine schöne **blaue Linie**.

Da wir auch wissen wollen, ob bzw. wie genau wir mit unserer Messung wirklich die isotherme Zustandsänderung realisiert haben, rechnen wir in der **Spalte C3** das Produkt  $p \cdot V$  aus und stellen dieses auf der zweiten vertikalen Achse dar. Die wird so gemacht:

Nach der Auswahl der **Spalte C3** in Data range stellen wir die Connection auf **Formula**, Axis: **Second vertical**, Quantity:  **$p \cdot V$** , Unit: **kPa\*ml**, Min: **0**, Max: **1200** und geben dann noch bei Formula:  **$C1 \cdot C2$**  ein (diese Formeleingabe kann auch mit "Zauberhut" gemacht werden; dort kann man die Spaltenbezeichnungen **Volumen** und **p** auswählen und mit einander multiplizieren). Jetzt bestätigen wir mit OK und setzen das **Diagramm** in das **BS-Viertel links oben**.

Über die Graphik-Kontextmenü-Option **Display as Table** können wir die noch **leere Tabelle** unseres Diagramms im **linken unteren BS-Viertel** anzeigen.

Im **rechten oberen BS-Viertel** richten wir schließlich noch mit **[Display Value]** eine **Digitalanzeige** des Gasdruckes ein, damit wir den Messbereich des Manometers nicht überschreiten.

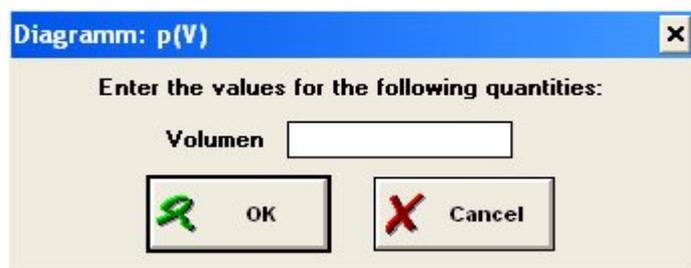
### So werden nun die Messdaten erhoben:

a) Der Spritzenkolben wird **in die Position 10ml** (siehe Foto oben) gebracht und danach die Spritze **mit Gefühl** auf den Sensor aufgeschraubt; es müsste ein Druck von ca. 100 kPa angezeigt werden.

Jetzt ist volle Konzentration gefragt ! S bedient die Spritze, P das Programm.

Der normale Startknopf:  wird bei manueller Eingabe zu:  grün rot

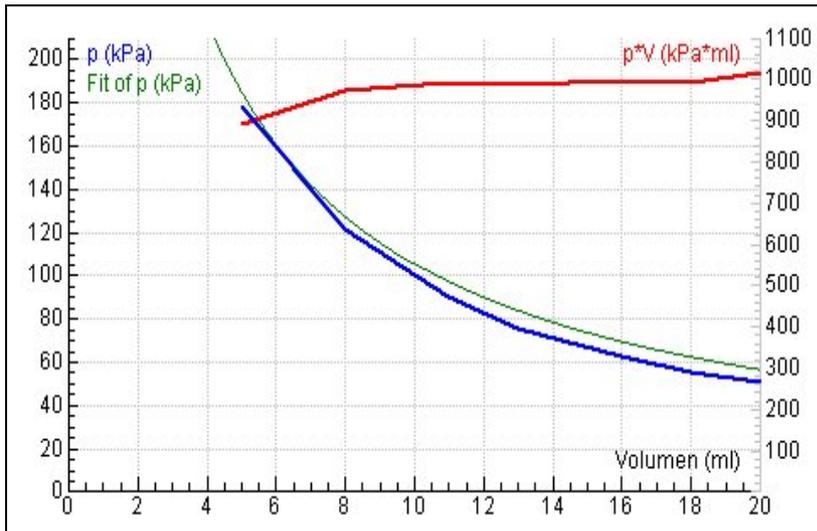
hier ist ein **1-er** zu sehen



b) P drückt auf dem BS den einfachen **grünen Startknopf**, der sich zu einem **grün-roten Doppelknopf** verändert;

S erhöht das Volumen auf 20 ml, meldet die exakte Einstellung und P klickt auf den grünen Teil des

Doppelknopfes (in diesem Augenblick wird der Druckwert  $p$  übernommen); es öffnet sich der links abgebildete Dialog; P gibt das von S vorher genannte Volumen ein und bestätigt mit OK; S ändert dann schrittweise das Volumen auf **17, 15, 13, 10, 8** und schließlich als siebten Wert auf **5 ml**, während P jeweils den grünen Teil des Doppelknopfes drückt und die angesagten Volumswerte eingibt. Gleichzeitig wird von Coach5 das Diagramm gezeichnet. Hurra ! Fertig !



Der Graph von  $p \cdot V$  (2. vertikale Achse)

zeigt, dass die theoretisch verlangte Konstanz nicht ganz gegeben ist. Dies kann in Fragen oder/und Diskussionen erörtert werden.

Das Einpassen einer mathematischen Funktion ist ebenfalls eine spannende Sache im Zusammenhang dieses

Experiments.

## 5. Der hüpfende Basketball - Beispiel für den Einsatz des Ultraschall-Entfernungsmessers

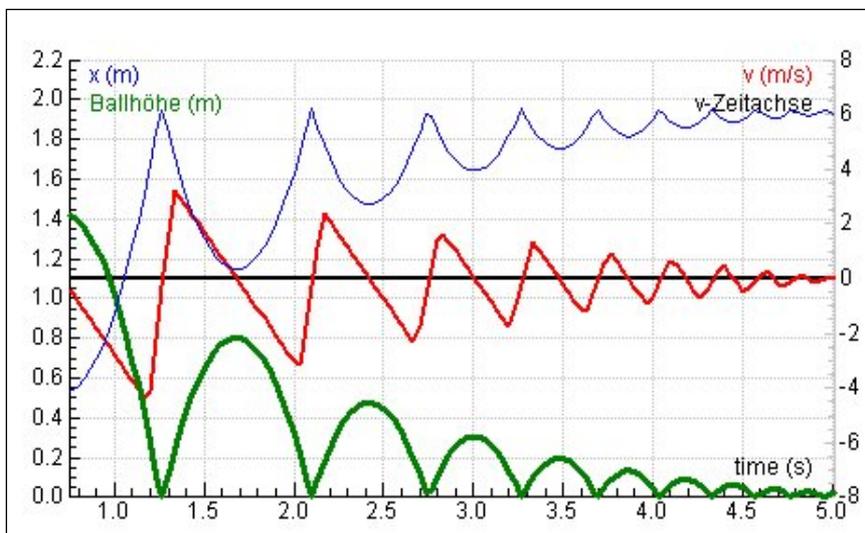
**Material und Sensoren:** Basketball, Stativmaterial, Ultraschall-Entfernungsmesser (CBR von TI oder Ultrasonic Motion Detector von CMA bzw. Vernier)

Ein Basketball fällt aus etwa 1,50 m Höhe auf den Boden und hüpfet mehrmals - hoffentlich an Ort und Stelle - auf. Diese Bewegung wird klarerweise **von oben** von einem CBR aufgezeichnet.

Diese Sensoren arbeiten mit einer **Schallfrequenz von 40 kHz** und haben eine **Reichweite von 0,5 bis 6 m**. Wegen dieses nötigen Mindestabstandes muss der Sensor also in einer Höhe von über 2m positioniert werden können. Die Messung kann **leider nicht über einen Trigger** gestartet werden.

**Activity options:** time-based measurement, online-Messung.

**Messeinstellungen:** Messzeit: 5 s; Messfrequenz: 30 Hz; gemessen wird x in m.



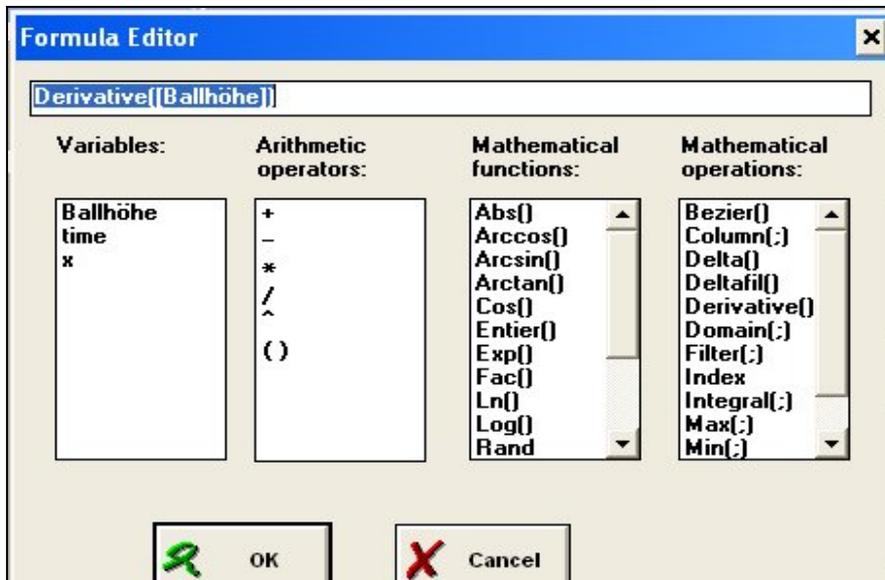
In der **Spalte C3** wird die **Ballhöhe** berechnet:

Connection: **Formula**,  
Axis: **First vertical**,  
Formula: **1.95-x** oder **1.95-C2**; 1.92 ist der größte x-Wert !,  
Quantity: **Ballhöhe**,  
Unit: **m**, dickere grüne Linie

In der **Spalte C4** soll die **Geschwindigkeit**

v berechnet werden:

Connection: **Formula**; Axis: **Second vertical**; Quantity: v; Unit: **m/s**; Min: **-8**; Max: **8**; rote Linie; Formula: Verwende den **Wizard** und klicke dazu auf den Zauberhut; es öffnet sich der hier abgebildete **Formel-Editor**:



Klicke bei den mathematischen Operationen auf **Derivative()** und danach bei den Variablen auf **Ballhöhe**; v ist die erste Ableitung des Ortes / Weges nach der Zeit. **Derivative()** differenziert immer nach jener Größe, welche im Diagramm auf der x-Achse eingestellt ist.

Die richtige Formel jetzt entstanden; wir bestätigen und schließen den Editor wieder mit OK.

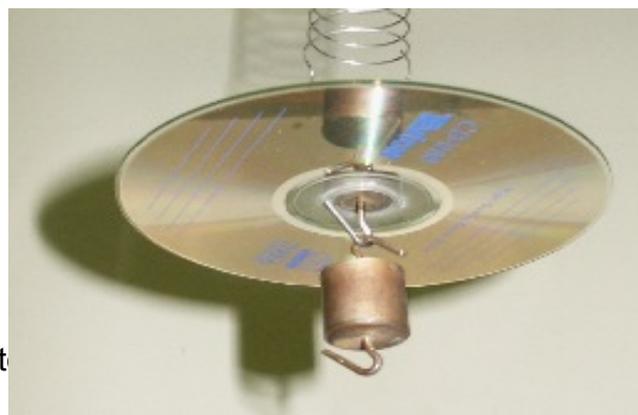
Die Beschleunigungen wollen wir an interessanten Stellen des Diagrammes bzw der Bewegung dadurch ermitteln, indem wir in der Diagramm-Kontextmenü-Option **Analyse** die Option **Slope** (= Steigung) anwählen. Die Beschleunigung a ist bekanntlich im v-t-Diagramm die Steigung !

## 6. Das Federpendel



An einer Feder hängt ein Masse (z.B.50g + 50g), die in Schwingung versetzt wird; **von unten** wird die Bewegung mit dem **Ultraschall-Detektor** aufgezeichnet. Damit der Sensor das kleine Massenstück trifft, hängen wir auch noch eine CD (z.B. an das Massenstück geklebt) oder einen kreisrunden Karton dazu.

Auf den oberen Kraftsensor, wie er im Bild links zu sehen ist, wollen wir verzichten.



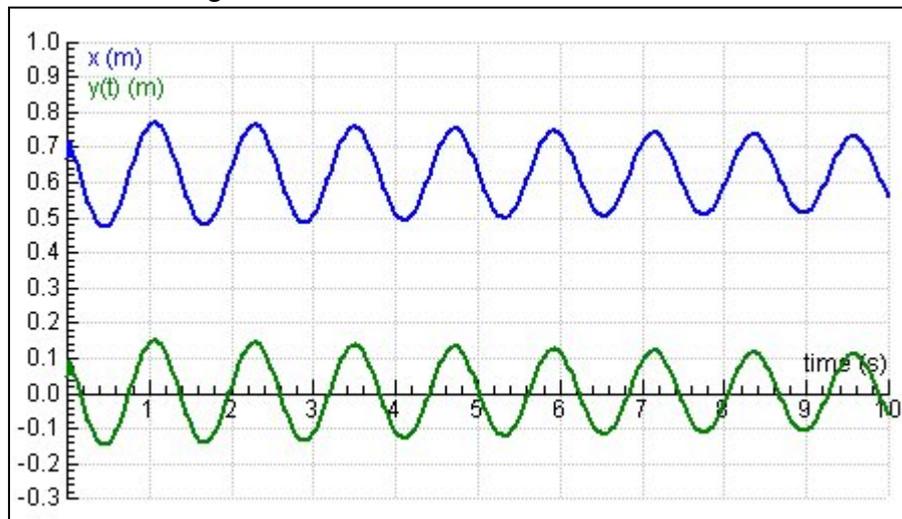
**Material und Sensoren:** Ultraschallsensor; Schraubenfeder, 2 Massenstückchen (1x mit angeklebter CD); besonders spannend wird es, wenn Fortgeschrittene gleichzeitig auch einen Kraftsensor einsetzen.

**Activity options:** time-based; online

**Messeinstellungen:** Messzeit: 10 s; Messfrequenz: 30 oder 35 Hz

**Zur Auswertung:**

Die Auslenkung  $y(t)$  einer harmon. Schwingung wird üblicherweise "symmetrisch zur Zeitachse" gezeichnet. Deshalb machen wir aus den gemessenen



**Ultraschallmesswerten  $x(t)$  die Auslenkung  $y(t)$  und arbeiten in den weiteren Untersuchungen mit dieser weiter. Wir verschieben den gemessenen Graphen in Richtung der y-Achse nach unten. Dies wird *genau genug*, wenn wir eine Verschiebung**

um den Mittelwert der Messdaten von  $x$  machen. Die Verschiebung ist i.A. **nicht dynamisch** und muss am besten auch nach jeder Messung wieder überprüft werden. Also eröffnen wir eine **Spalte C3**, verbinden sie über die Formel  **$x-0.62$** , wobei 0.62 der Mittelwert der Daten von  $x$  ist und leicht im Kontextmenü der Datentabelle unter **Statistics/Average** herausgelesen werden kann. Wenn man will, kann man  $x(t)$ , dessen Daten in der Spalte C2 sind, auch durch Axis: **Invisible** nicht anzeigen lassen. Nach der Anzeige von  $v(t)$  und  $a(t)$  können z.B. die Phasenbeziehungen zwischen  $y(t)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$  studiert werden.

**Hinweis:** dieses Skriptum über das Messen und Auswerten ist als pdf-File in Downloadbereich der Studie auf 7 A4-Seiten weniger Platz verbrauchend formatiert.

## Anhang B2: Skriptum S3-C5-EinführungModeling

### 1. Vorwort

Eine große Stärke des Programms Coach5 ist die Möglichkeit, Vorgänge in der Natur in Modellen zu behandeln und schrittweise berechnen zu lassen. Dabei können die

Auswirkungen einzelner Parameter für den Ablauf und das Ergebnis dieser Vorgänge einfach studiert und geradezu erfahren werden. Die Ergebnisse dieser Simulationen sind meist anschauliche Diagramme, deren Interpretation leichter ist als die direkte Erklärung des Vorganges.

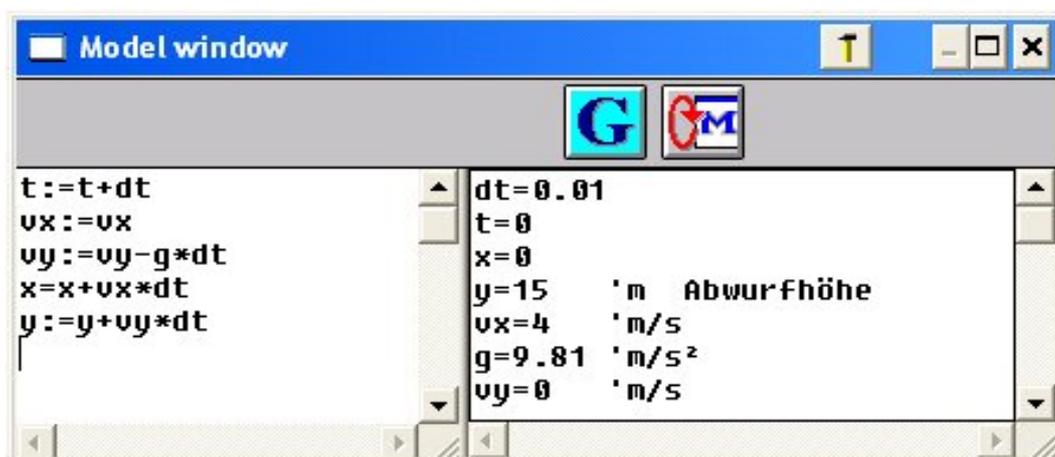
Besonders spannend wird es, wenn selbst gestaltete Modelle durch selbst gewonnene Messdaten auf ihre Richtigkeit überprüft werden können, wie dies etwa für das Abkühlen einer Tasse heißen Kaffees (Wassers) relativ leicht realisiert werden kann.

Fürs Modeling braucht man **nur das Programm**, das auch in einem Netzwerk ("Trägersaal für Informatik") installiert werden kann; es sind keine Datenlogger oder Sensoren oder Aktuoren nötig wie beim Experimentieren oder Steuern. Wenn man **wenige Grundkenntnisse vom Programmieren** in einer Sprache wie Visual Basic oder TurboPascal hat, kommt man mit der **Coach-Programmiersprache** schnell klar. Falls man etwa die Syntax einer Einweg- oder Zweiweg-Verzweigung im Griff hat, lassen sich schon zahlreiche sehr interessante Aufgabenstellungen elegant bearbeiten. Analytisches Denken und naturwissenschaftlicher Sachverstand sind beim Modellieren natürlich auch sehr gefragt.

## 2. Der horizontale Wurf - ein erstes Musterbeispiel

Die Modellbildung für eine Aufgabe wird in Coach5 in **zwei Schritten** ausgeführt:

- Erstellen des **Berechnungsprogrammes** im Modell-Fenster
- Erstellen der entsprechenden **Diagramme** zur Darstellung der berechneten Daten



Der rechte Teil des Modell-Fensters ist der **Initialisierungsteil** und enthält die **Startwerte** sowie die Größe der **Schrittweite der Laufvariablen** (oft ist das die Zeit t).

Im linken Teil stehen die **Berechnungsanweisungen**, welche in einer **zählergesteuerten Schleife** schrittweise die gewünschten Größen berechnen. Die Anzahl der Schleifendurchläufe wird im **Model-Setting** festgelegt (Schaltfläche mit dem M im Modell-Fenster)!

Die berechneten Daten sollen nun in 3 Diagrammen dargestellt werden:

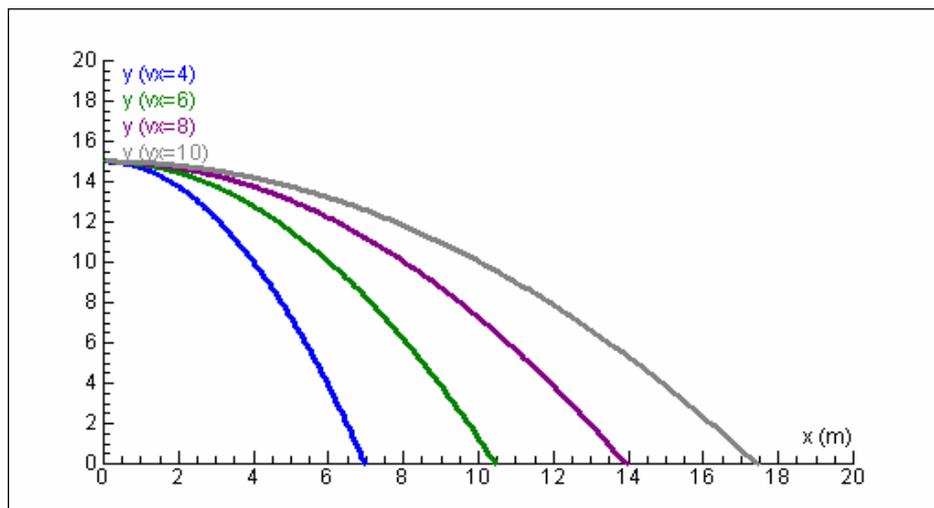
**X(t) Diagramm** mit  $v_x$  auf der 2. vertikalen Achse ( $v_x$  meint die Geschwindigkeit in x-Richtung)

**Y(t) Diagramm** mit  $v_y$  auf der 2. vertikalen Achse

**Y-X-Diagramm = Wurfbahn**

Hier brauchen wir uns nicht um die Anzahl der Berechnungsschritte zu kümmern; falls sie zu klein ist - dann erreicht der Gegenstand nicht den Boden - erhöhen wir die Anzahl der Schleifendurchläufe; eine "zu große" Anzahl der Berechnungsschritte "spüren" wir gar nicht, wenn wir bei den Diagrammen die Achsen-Skalierungen inklusive der anzuzeigenden Minimum- und Maximumwerte entsprechend wählen!

**Die Wurfbahn als Funktion der horizontalen Abwurfgeschwindigkeit  $v_x$  (m/s):**



Ensteht im Diagramm-Kontextmenü unter **Simulate**, wenn  $v_x$  variiert wird.

Ein solches Diagramm entsteht z.B., wenn die Abwurfgeschwindigkeit variiert wird. Über die **[Clipboard copy]**-Schaltfläche kann es schnell und einfach in ein **Word-Protokoll** übertragen werden.

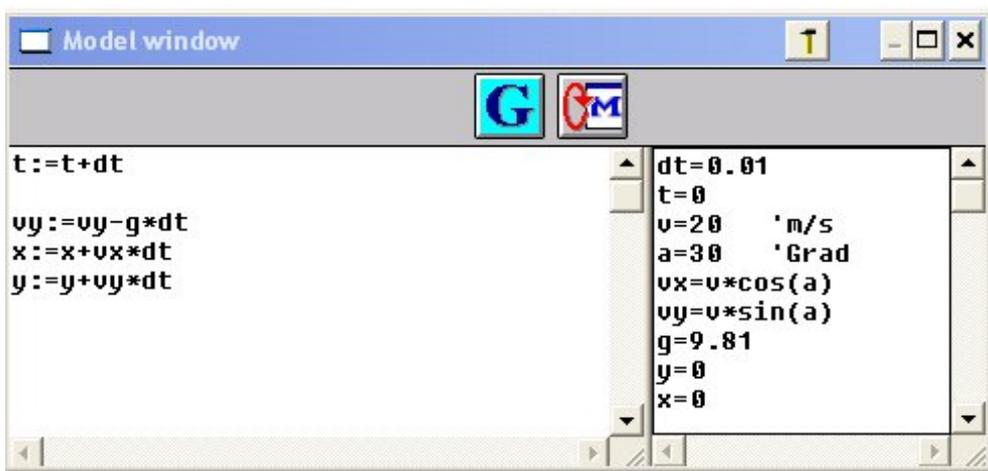
**Mögliche Fragen zu diesem Projekt:** Wie groß sind die Wurfweiten? Aus welchen Diagrammen kann man die Komponenten der Aufprallgeschwindigkeit herauslesen?

Welche zusätzliche Berechnungsanweisung würde die Darstellung der Bahngeschwindigkeit als Funktion der Zeit ermöglichen ?

**Antwort:** zusätzlich müsste  $v := \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  oder  $v := (v_x^2 + v_y^2)^{0.5}$  im linken Teil des Modell-Fensters stehen.

### 3. Der schiefe Wurf ohne Luftwiderstand

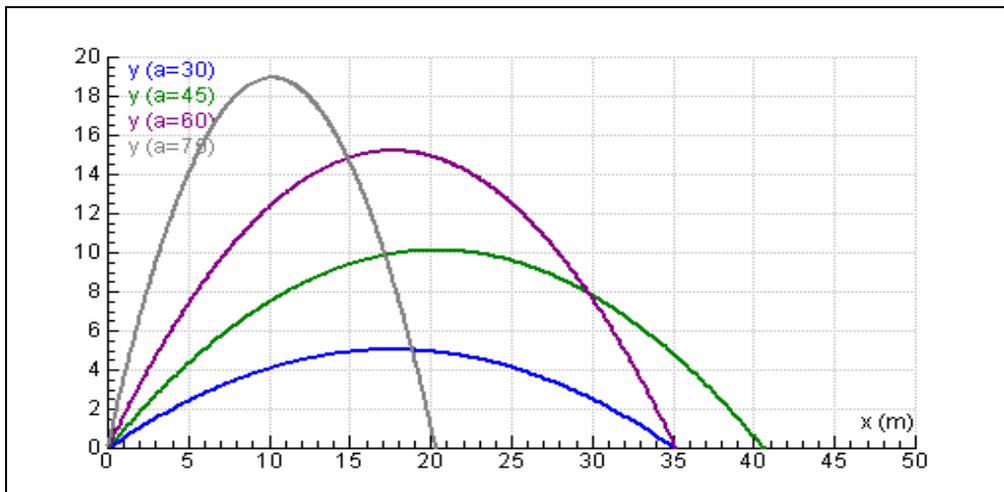
Bei dieser zusammengesetzten Bewegung ändert sich in x-Richtung die Geschwindigkeit nicht, in y-Richtung wird sie von der **Schwerebeschleunigung  $g$**  beeinflusst. Dass sich in y-Richtung ein senkrechter Wurf abspielt, ist gar nicht zu wissen; auch die Formeln für eine beschl. Bewegung müssen nicht angewendet werden, weil im **Zeitintervall  $dt$**  immer nur eine kleine Geschwindigkeitsänderung  $d\mathbf{v} = \mathbf{g} \cdot dt$  entsteht. Nur die **Definitionen von  $\mathbf{v}$  und  $\mathbf{g}$**  sind anzuwenden.



In **Activity Options** Winkelmaß auf Grad (Degrees) stellen  
Anzahl der Iterationen: 4000

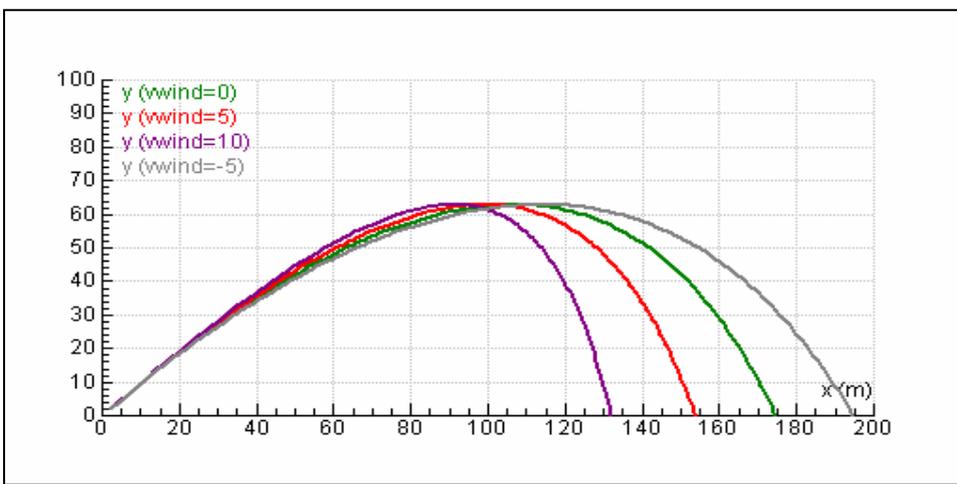
**Achtung: Der Coach5-Language-Editor unterscheidet keine Groß- oder Kleinschreibung !!**

Bei Variation des Abwurfwinkels  $a$  entsteht folgendes Diagramm:



Wenn die Zahl der Iterationen zu klein ist, wird der Wurf nicht fertig gezeichnet; dass die Wurfbahn nicht „unter den Boden geht“, wird hier im y-Bereich des Diagramms eingestellt (Skalierung für die vertikale Achse Min:0; Max: 20).

4. Der schiefe Wurf mit Luftwiderstand und Gegenwind (+) bzw. Rückenwind (-)



wink = 45°  
v = 60 m/s

Variiert wurde bei der Simulation oben die **Geschwindigkeit des Windes**, also  $v_{\text{wind}}$  !  
 0 m/s bedeutet kein Wind; 5, 10 m/s bedeutet Gegenwind; -5 m/s bedeutet Rückenwind.

Angeströmte Fläche  $A = 0,01\text{m}^2 = 1\text{dm}^2$ ;  $C_w$ -Wert = 0.4; Luftdichte:  $1,3\text{ kg/m}^3$

```

G M
t:=t+dt
Fx:=c*(vx+vwind)*(vx+vwind)
Fy:=c*vy*vy

if (vx+vwind)>=0 then
  ax:=-Fx/m
else
  ax:=Fx/m
endif
ay:=-Fy/m - g

vx:=vx+ax*dt
vy:=vy+ay*dt
x:=x+vx*dt
y:=y+vy*dt

dt=0.05
t=0
x=0
y=0 'm Abwurfhöhe
c=0.4*0.01*0.5*1.3
m=0.5 'kg
vwind=0 'm/s Wind
'+ .. Gegenwind
'- .. Rückenwind
v=40 'm/s
wink=45 'Grad
vx=v*cos(wink)
vy=v*sin(wink)
g=9.81
ax=0
ay=-g
    
```

Anzahl der Iterationen: 150

In der Berechnungsschleife kann sehr ähnlich wie in Visual Basic programmiert werden. Die Programmierbefehle und die Syntax sind über die Hilfe zu bekommen.

### 5. Der Anhalteweg, die Änderung der Geschwindigkeit als Funktion des Weges

```

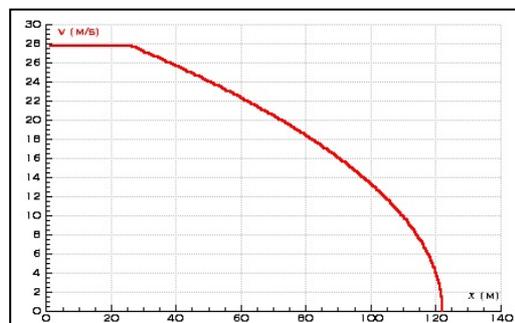
Model window
G M
t:=t+dt
if t>tR then
  dv=a*dt
else
  dv=0
EndIf
v:=v-dv
dx=v*dt
x:=x+dx

dt=0.05
t=0
tR= 1
v_kmh=100 'v in km/h
v=v_kmh/3.6 'v in m/s

a=4 'm/s²
x=0
    
```

Modellfenster (links) und v-x-Diagramm

$N = 200$



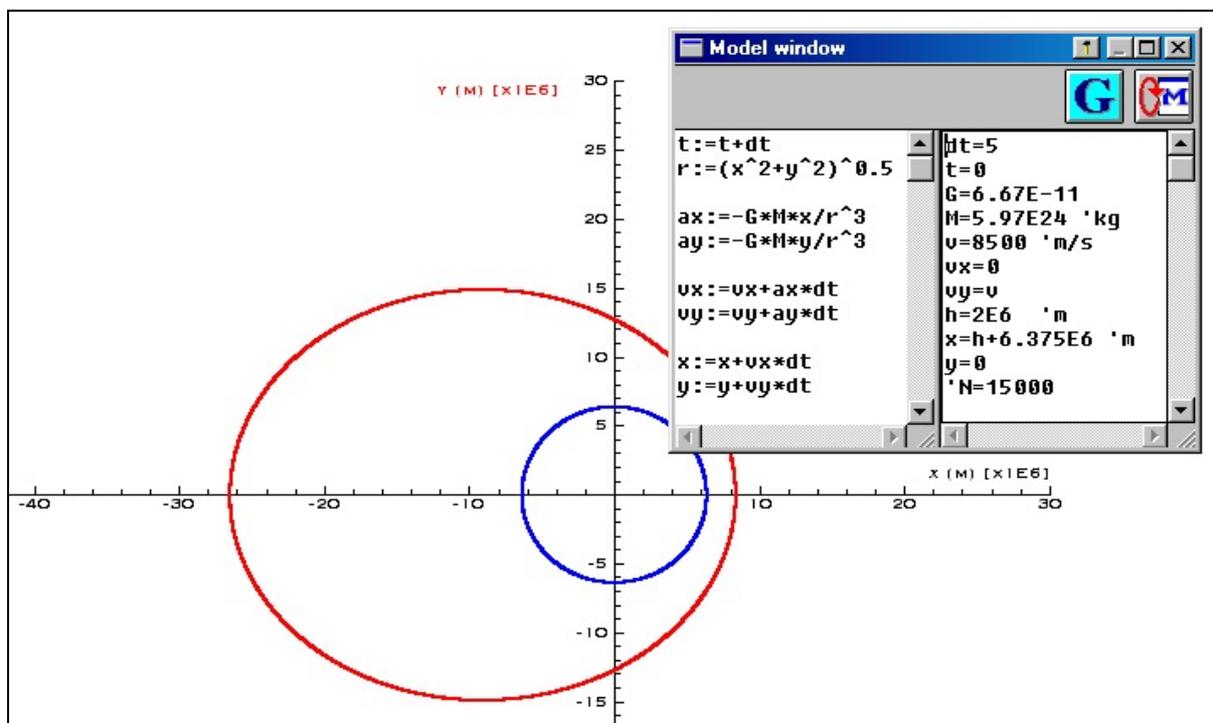
Dieses Thema kann mit Coach5 auch durch Auswerten eines Videoclips elegant behandelt werden !

## 6. Satellitenbahnen – Kreisbahn- und Fluchtgeschwindigkeit

Ein tolles Beispiel, bei dem nur die Berechnung der Beschleunigung eine kleine mathematische Herausforderung darstellt! Es gilt das Newton'sche Gravitationsgesetz und das 2.Newtonsche Axiom:  $a = F/m$ .

$$F = \frac{G * M * m}{r^2} \quad \text{vektoriell:} \quad \vec{F} = -\frac{G * M * m}{r^2} * \frac{\vec{r}}{r} = -\frac{G * M * m * \vec{r}}{r^3} \quad \vec{a} = -\frac{G * M * \vec{r}}{r^3}$$

$$\vec{a} = (a_x, a_y) \quad \vec{r} = (x, y) \quad r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{ergibt:} \quad a_x = -\frac{G * M * x}{r^3} \quad \text{und} \quad a_y = -\frac{G * M * y}{r^3}$$



Es ist zweckmäßig, den Vollbildschirm für die Darstellung des Diagramms zu verwenden.

Die x-Achse sollte von -50E6 bis 30E6 und die y-Achse von -30E6 bis 30E6 reichen.

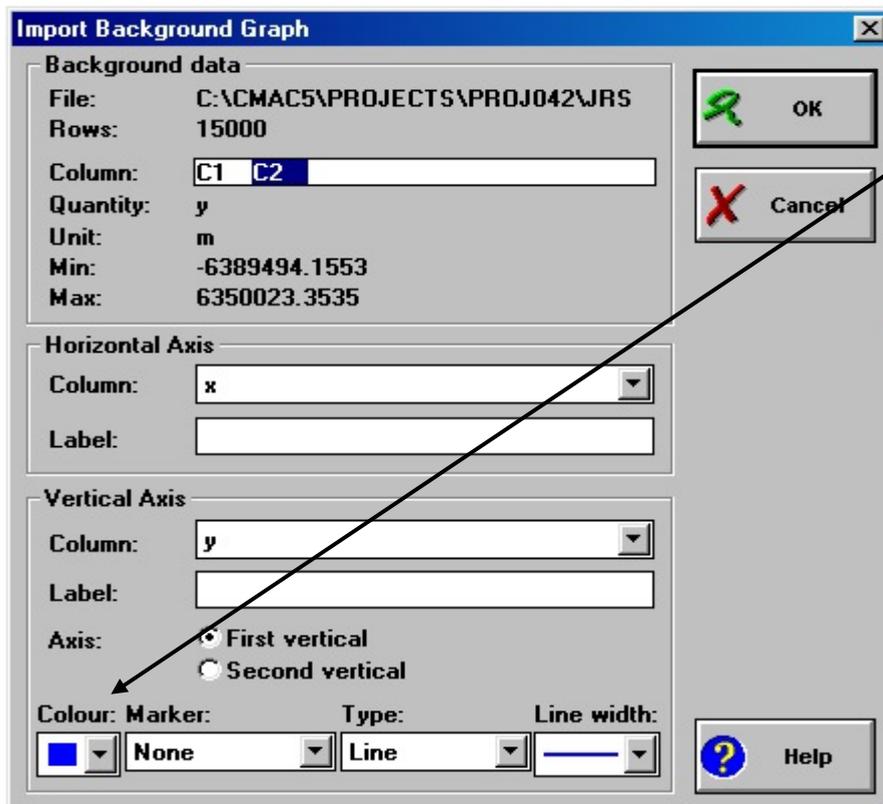
Eine „Spezialität für Fortgeschrittene“ ist das **Einzeichnen des "blue planet"** in dieses Diagramm. Dazu muss zuerst  $h = 0$  gesetzt werden und der **Geschwindigkeit v** der Wert der 1.kosmischen Geschwindigkeit, nämlich  $7,9 \text{ km/s} = 7900 \text{ m/s}$ , zugeordnet werden. Nach dem Zeichnen = Durchrechnen dieser Bahn muss dieses Ergebnis unter **File/Results/Save as** "Kreisbahn  $h = 0$ " gespeichert werden.

Danach wechseln wir wieder in die Aktivität, die wir gerade bearbeitet haben. Wir stellen im Modellfenster  $v$  etwa wieder auf  $8500 \text{ m/s}$  und  $h$  auf  $2000 \text{ km} = 2 * 10^6 \text{ m} = 2E6 \text{ m}$  und lassen uns von Coach5 die Bahn zeichnen.

Mit der Option **Import Background Graph** des Diagramm-Kontextmenüs holen wir die "Kreisbahn h = 0" als reine Graphik (kann nicht verändert werden) in das Diagramm herein. Der Dialog dazu ist unten abgebildet.

Jetzt kann man sich ein bisschen spielen und die Abhängigkeit der Bahnen von der Höhe des Startpunktes und der Geschwindigkeit des Satelliten durch Simulationen erforschen und erfahren.

Ermittle z.B. durch simulieren, wie groß die Kreisbahngeschwindigkeit in 2000 km Höhe ist?

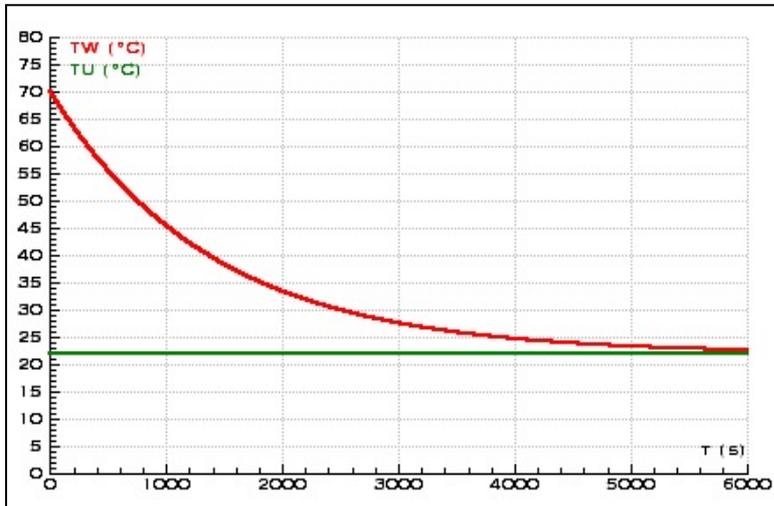


hier die **Farbe blau** einstellen: "blue planet"

dies ist das Dialogfenster für den **Import** eines sogenannten **Background Graphs** des Satellitenbahn-Modells

7. Abkühlen einer Tasse Kaffee (Wasser) - ein Modell, das durch Messdaten getestet werden kann



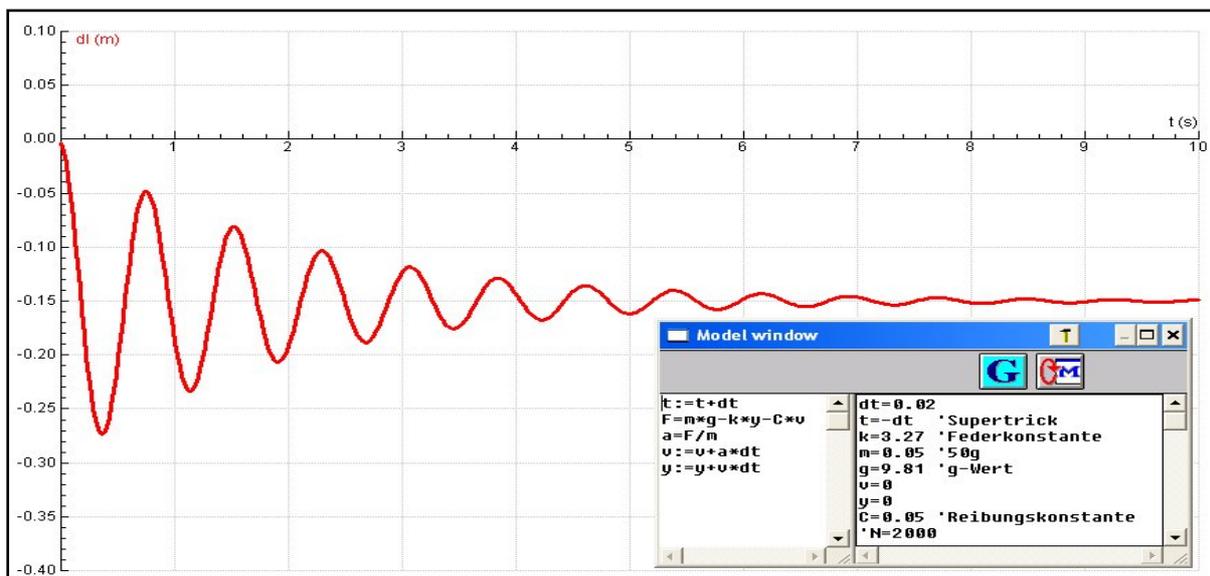


links das Modell-Diagramm!

**Test des Modells:**

Das Messdatendiagramm muss **gleich skaliert** sein und die Daten unter **File/Results/Save as** abgespeichert sein. Diese Daten werden dann als Backgroundgraph hereingeladen (siehe oben!). Anfangstemp. TW, TU und Masse m müssen im Modell so eingestellt werden wie bei der Messung! Dann kann **SP durch Simulation** ermittelt und das ganze Modell getestet werden.

Und noch was anderes: Was zeigt das nächste Diagramm?



**Hinweis:** dieses Skriptum über das Modellieren und Simulieren ist als pdf-File in Downloadbereich der Studie auf 6 A4-Seiten weniger Platz verbrauchend formatiert.

## Anhang B3: Skriptum S3-C5-Einführung Datenvideos

### Allgemeines

Das holländische PC-**Programm Coach5** bietet die Möglichkeiten,

- zusammen mit Sensoren und Datenloggern bei Experimenten **automatisch zu messen** und die gewonnenen Daten danach optimal auszuwerten,
- Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten zu **modellieren** und danach zu **simulieren**,
- Vorgänge und Zustände zu **steuern** und
- kurze **Videosequenzen** von sich bewegenden Körpern meist **in Diagrammen auszuwerten**

Es können **nur digitale Videoclips** bearbeitet werden, welche das Format AVI, MOV oder MPG haben. Zahlreiche Videoclips können im Internet auf diversen Sites heruntergeladen werden.

(z.B. <http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/DAVID/video.htm>), fortgeschrittene Anwender von Coach5 stellen auch **eigene Videosequenzen** her.

Aus der **Anzahl der Bilder pro Sekunde**, mit der ein Videoclip aufgenommen worden ist, werden die **Zeitinformationen** hergeleitet, während die **Informationen über den Ort** in zwei Dimensionen aus den Videobildern gemessen werden können, nach dem die Koordinatenachse(n) mit einer bekannten Länge in der Ebene des Geschehens des Videoclips geeicht worden ist (sind).

Mit Videoclips kann man z.B. auch Vorgänge erforschen, die man anders - etwa mit Sensoren - kaum oder nur sehr aufwändig ausmessen könnte.

Im folgenden wird angenommen, dass der Anwender die Struktur und das grundlegende Handling des Coach5-Programmes kennt. Die Aufgabenstellung wird unter Anleitung (verfolgbar auch über eine Beamerprojektion) ausgeführt.

### 1. Das Format für die Coach5-Videoclips

Als Greenhörner (wir sind keine Filmer) auf diesem Gebiet haben wir lange ☹ herumprobiert und schließlich folgende Lösungen gefunden:

a) **Formatierung der Videoclips** mit dem **Adobe Premiere 6.0 Programm** (ein Profiprogramm; es gibt neuere Versionen): Videoclips im Format des digitalen Camcorders oder der Digikamera öffnen und dann als Film exportieren. Beim exportieren die richtige Compression einstellen: „Cinepak von Radius“. Es entstehen so avi-Dateien, die Coach5 „verstehen“. Achtung: AVI ist nicht gleich AVI !

b) **Formatierung** mit dem **Freeware Programm VirtualDub**:

Herunterladbar auf [www.virtualdub.org](http://www.virtualdub.org) ! Die Vorgehensweise ist analog:

Programm starten; Videodatei öffnen/laden und anschauen; im Menü **Video** mit **Compression...** den **Cinepak-Codec** auswählen und ev. die Qualität einstellen; im Menü **File** unter **Save as AVI** abspeichern. Dieses abspeichern bzw. exportieren dauert dann jeweils einige Zeit; das Programm hat dabei einiges zu tun. ☺

### 1.1 Bereitstellen von Videoclips mit Premiere 6.0

Wir verwenden zur Aufnahme von Videoclips entweder den **Sony-Camcorder DCR-TRV19e** oder die Digitalkamera **Minolta Dimage S304**. Die Kurzfilme der Minoltakamera haben zwar nur 15 Bilder pro Sekunde und die Auflösung der Bilder ist logischerweise schlechter, können aber ohne weiteres ruck zuck mit dem VirtualDub-Programm für den Coach5-Einsatz codiert werden. Man braucht nur ein USB-Kabel und kein Firewire.

Für die Sony-Camcorder-Clips und MOV-Kurzfilme anderer Digitalkamera-Marken ist nach unserer bisherigen Erfahrung z.B. Premiere 6.0 von Adobe nötig.

Mit **Datei / Aufnehmen / Filmaufnahme** wird der Film mit Firewire-Kabel vom Band des DV-Camcorders auf das Notebook / den PC kopiert. Dazu steht einem im Filmaufnahmefenster die „Tastatur“ eines Videorecorders zur Verfügung; zuerst den **Play-Button**, dann den **roten Aufnahmeknopf** drücken. Der dann in der Ablage oben aufscheinende Videofilm wird in die Videospur des **Schnittfensters** nach unten gezogen. Dort kann jedes Bild = Frame (1 Frame) angezeigt werden, jedes zweite (2 Frames), jedes erste einer Sekunde (1 Sekunde), jedes erste jeder zweiten Sekunde (2 Sekunden) ... je nach Länge des Filmes. Unsere Videofilme sind aber meisten nur 1 – 5 Sekunden lang.

Im Schnittfenster wird jener Ausschnitt des Filmes hergerichtet, der danach richtig komprimiert abgespeichert und exportiert werden soll. Dazu sind eigentlich nur die Werkzeuge „**Rasierklinge**“ (mit der man zwischen zwei Frames hinein schneidet) und „**Pfeil**“ zur Markierung eines Ausschnittes nötig. Im **Schnittfenster**-Hauptmenü kann dann mit **Löschen und Lücke schließen** bequem der markierte Teil gelöscht werden. Hilfreich kann auch ein Doppelklick auf die Zeitleiste oben im Schnittfenster sein; es entsteht so dort ein gelber Balken, mit dem ein Teil des Filmes markiert werden kann.

Mit **Datei / Schnittfenster exportieren / Film** erfolgt dann der Export; dabei muss der richtige Codec (Cinepak, siehe oben) eingestellt und ev. auch der entsprechende Speicherplatz ausgesucht werden.

Um die mit aufgezeichnete Tonspur kümmern wir uns nicht. Falls man sie löschen wollte, müsste man die Verbindung zwischen Audio und Video unterbrechen, was im Hauptmenü **Clip** zu machen ist. Sonst wird mit dem Löschen der Tonspur auch der Film im Schnittfenster gelöscht.

### 1.2 VirtualDub-Handling

**File / Open Video File ...** öffnen des Videoclips

Mit den selbsterklärenden Befehlen im **Edit**-Menü wird der gewünschte Teil des Videoclips ausgewählt, der Rest gelöscht (Set selection start, Set selection end, clear selection, delete, ..)

Im **Video**-Hauptmenü muss dann unter **Compression...** der richtige Kompressions-Codec ausgewählt werden. Danach wird der Videoclip mit **File / Save as AVI ...** exportiert. Finito.

## 2. Das Starten einer Sprinterin - Musterbeispiel zum Erlernen der Videoauswertung

Wenn man dazu einen passenden Videoclip hat, kommt man bei seiner Auswertung **leichter** zu den wichtigen Ergebnissen als dies etwa beim Modellieren der Fall ist. Außerdem orientieren wir uns bei der Auswertung des Videoclips an realen Vorgängen in der Natur und verwenden nicht einfach Formeln, wie das beim Modellieren der Fall ist. Toll ist dabei aber, dass man wirklich auf die gleichen Ergebnisse kommt.

Nach dem **Anlegen eines neuen Projekts**, z.B. "DV: Starten und Fallversuche", wird beim **Öffnen einer neuen Aktivität** "kein Panel" (d.h. kein Datenlogger) ausgewählt; ohne Datenlogger kann man nur Modellierung betreiben oder Datenvideos auswerten. Wir klicken also im Fenster **Activity options** den **Radiobutton "Data Video"** an. Nach dem OK öffnet sich der Hauptbildschirm von Coach5, wie er sich bei der Auswertung von Videosequenzen zeigt (siehe große **Abb.** auf der **nächsten Seite** unten):

Im linken oberen Viertel dieses Hauptbildschirms ist das **Data Video Fenster**. In dieses Fenster muss nun der Videoclip "hineinkopiert" werden, d.h. hier müssen wir den Videoclip öffnen, und zwar mit

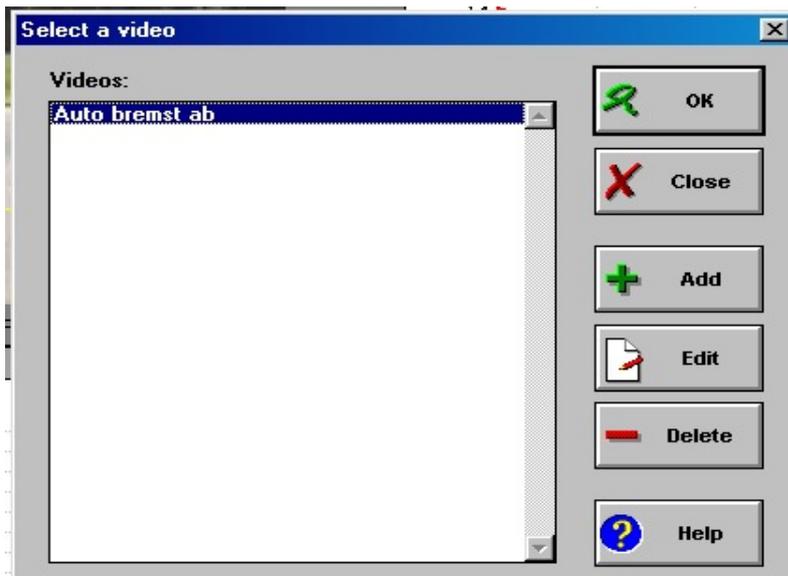


**Open Video...** im **Toolbox Menü** (siehe linke Abbildung).

Bei der Auswahl von **Open Video...** öffnet sich das Dialogfenster

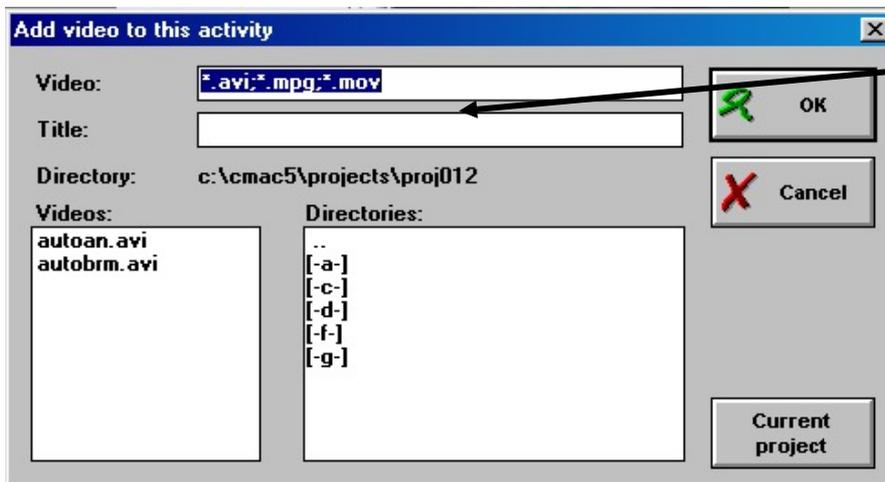
**"Select a Video** (siehe ebenfalls nächste Seite). Falls in diesem kein Video aufscheint/angeboten wird, muss über die **Schaltfläche [ + Add ]** das Video in die aktuelle Aktivität geholt werden. Dies ist aber nur möglich, wenn davor die Videosequenz mit Hilfe des **Projekt Managers** von Coach5 in das schon bereits angelegte Projekt hineinkopiert worden ist. Das Handling mit dem Projekt Manager ist sehr wichtig (und wird leider in keinem meiner Skripten erklärt ☹; wir lernen es by doing ☺ ).

Links das wichtige **Toolbox Menü** des **Data Video Fensters**, das auch als **Kontextmenü** (rechter Mausklick) dieses Fensters geöffnet werden kann.



Falls hier links kein Video angezeigt wird, muss es durch [ + Add ] in die Aktivität hineingeholt werden.

Die zwei Videos scheinen im Dialogfenster nur dann auf, wenn sie vorher mit dem **Projekt Manager** dorthin kopiert worden sind.



Hier kann der Clip ordentlich benannt werden; filenames können leider **nur 8 Zeichen** in Coach5 vor der Extension haben.

Bei Coach6 wird diese Beschränkung dann nicht mehr gegeben sein.

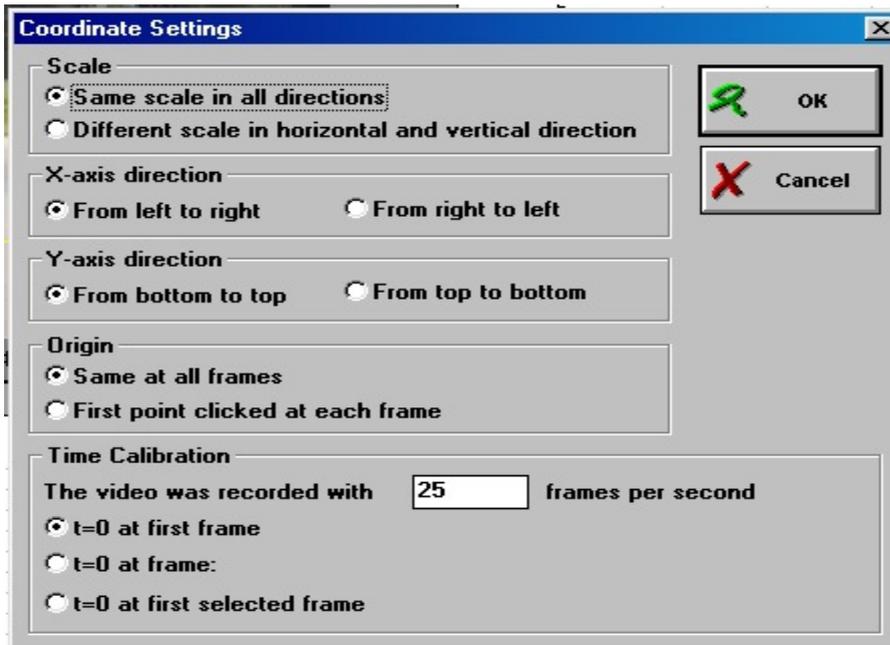
Ist nun der gewünschte Videoclip (genau genommen sein erstes Bild = Frame) im **Data Video Fenster** sichtbar, kann der Film **mit den kleinen Schaltflächen** (wie bei einem Rekorder) direkt unter den Videobildern wie gewünscht (zur Gänze oder nur schrittweise) abgespielt und wieder zurückgespult werden.



links das **Kontextmenü** des Data Video Fensters

Das **Toolbox Menü** ist auch **das Kontextmenü** des **Data Video Fensters** und kann somit auch mit **einem rechten Mausklick** aufgerufen werden.

Bevor man die Bilder des Clips auszuwerten beginnen kann, müssen vor allem in den **Menüpunkten Coordinate Settings...** bis **Frames...** dieses Kontextmenüs Einstellungen vorgenommen werden:



a) **Coordinate Settings...** : Es öffnet sich das links abgebildete Dialogfenster. Wir müssen für unser Beispiel keine Veränderungen vornehmen; wie unten ersichtlich ist, wurde der Videoclip mit 25 Bildern pro Sekunde (typisch für normale digitale Videos) aufgezeichnet.

Nach der Bestätigung mit OK

ist noch wichtiges zu erledigen: Unmittelbar danach muss/kann man die gelben **Koordinatenachsen** mit der Maus (linke Maustaste gedrückt halten) **positionieren**; wir verschieben nun das Koordinatensystem derart, dass die y-Achse durch die **deutlich sichtbare Grenze zw. weißem T-Shirt und schwarzer Hose** der Sprinterin verläuft.

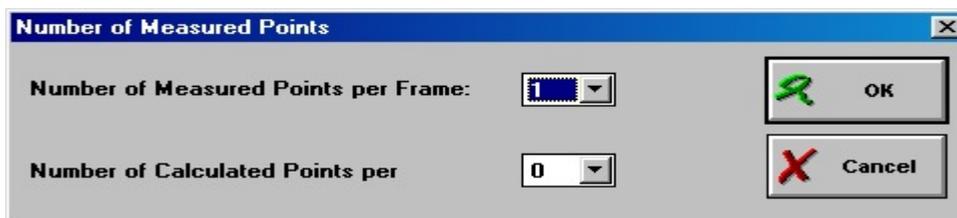
Außerdem hat sich automatisch ein weiteres **Dialogfenster zur Skalierung der Achsen** geöffnet; mit der linken Maustaste positionieren wir den ebenfalls erschienenen **roten**



**Skalierungsmaßstab** parallel zum am Boden liegenden **3m Maßstab** (wurde bei der Aufnahme extra dort hingelegt) und tragen im **Dialogfenster "Scale**

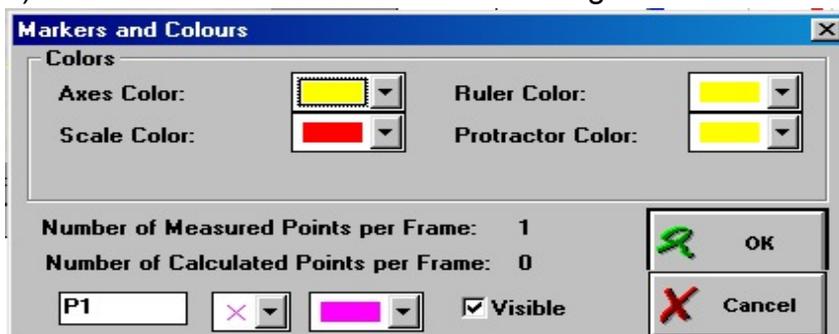
**Settings"** die Länge 3 m (**Achtung: Komma** ist in Coach5 immer ein **Punkt**) ein.

b) **Points...**: In diesem Dialogfenster müssen wir keine Änderungen vornehmen!



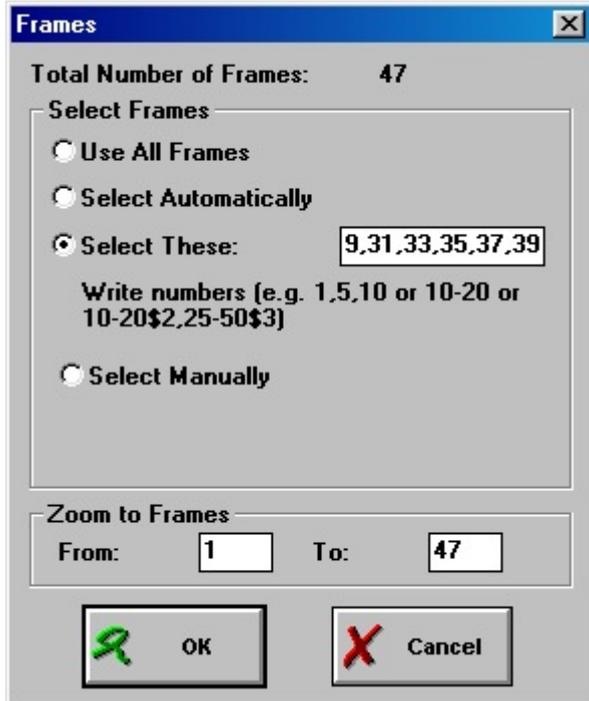
Auf jedem Bild markieren wir nur einen Punkt; berechnen tun wir keinen.

c) **Markers und Colours** : Die voreingestellten Farben akzeptieren wir, bei der Markierung der einzumessenden



Punkte ganz unten im Dialog könnten wir eine Änderung vornehmen: Ersetzen wir die x-Markierung durch eine +-Markierung und

suchen wir uns vielleicht eine andere Farbe für die Marken aus (falls wir halt etwas ändern wollen).



d) **Frames ...** : Unter diesem Menüpunkt werden jene Bilder des Clips ausgewählt, welche für die Auswertung interessant sind.

Bei der Bildauswahl gibt es mehrere Möglichkeiten:

(1) standardmäßig sind **alle Bilder** des Clips ausgewählt

(2) bei der **automatischen Auswahl** durch das Coach5-Programm kann man die Anzahl der Bilder angeben, die verwendet werden sollen; wenn ein Clip z.B. 60 Bilder hat und hier 20 eingegeben wird, wird nur jedes 3. Bild zur Auswertung angezeigt.

(3) bei **Select These** kann der Benutzer eine Liste eingeben: unser Video hat 47 Bilder; auf den letzten 8 Bildern steht das Auto nur; deshalb ist für unseren Videoclip die Eingabe **1-39\$2** sinnvoll; dabei wird jedes zweite Bild von 1 bis 39 ausgewählt.

25-50\$3 würde jedes dritte Bild zwischen 25 und 50 auswählen, also die Bildnummern 25, 28, ..., 46,49.

(4) bei der Auswahl **Select Manually** muss zuerst das Dialogfenster Frames mit OK geschlossen werden. Danach werden die gewünschten Bilder direkt durch einen Click auf eine Bildmarkierung auf dem **Bildkontrollstreifen (Frame controller)** selektiert, wenn danach die Taste **<Einf>** gedrückt wird. Wird nach dem Click aber die **<Entf>**-Taste gedrückt, so wird dieses Bild aus der Bildauswahl wieder entfernt.



Die Markierung eines **ausgewählten** Bildes erscheint im Bildkontrollstreifen als **dunkelgrauer Querstrich**, jene eines **nicht selektierten** Bildes als kürzerer **hellgrauer Strich**. Die Bildmarkierung jenes Bildes, das gerade **angezeigt** wird, ist von einem **weißen Rechteck** umrahmt.

Mit der **Option Zoom to Frames** kann der Bereich jener Bilder eingeschränkt werden, die im Bildkontrollstreifen angezeigt werden sollen. Per Mausklick lassen sich dann nur noch jene Bilder anwählen, deren Markierung auf dem Bildkontrollstreifen sichtbar ist. Mit den Cursor-Steuertasten (links, rechts) kann man sich aber immer noch durch alle (selektierten) Bilder des Videoclips "hanteln".

#### Weitere Optionen des Data Video Fenster Kontextmenüs:

Wenn **Axis** angehakt ist, werden die Koordinatenachsen angezeigt (Standardeinstellung).

**Full Size** angehakt sorgt dafür, dass der ganze Bildschirm für die Darstellung der Videobilder verwendet wird; dies bringt aber nur etwas, wenn für das Data Video Fenster der ganze Bildschirm, nicht nur ein Viertelbildschirm, eingesetzt wird.

**Trace** angehakt bewirkt, dass nach Ablauf des Clips alle markierten Punkte im Bild zu sehen sind, dass also eine Spur der markierten Punkte sichtbar wird.

Mit **Ruler** kann man in einem Einzelbild **Entfernungen messen**. Richtige Ergebnisse dürften dabei nur dann entstehen, wenn die Strecke in der Ebene der Koordinatenachsen liegt.

Mit **Protractor** kann man unter analogen Voraussetzungen wie bei Ruler **Winkel bestimmen**. Das Winkelmaß wird im Untermenü **Activity options** eingestellt, in das man über den Hauptmenüpunkt **Options** schnell kommt.

### Die eigentliche Videoauswertung:

Der **Start der eigentlichen Auswertung** erfolgt mit dem **grünen Start-Button** oben in der Mitte des Hauptbildschirmes. Falls man schon einmal eine Auswertung gemacht hat, würden durch den neuerlichen Start alle Werte verloren gehen, wenn man sie nicht bereits unter **File/Results/Save oder Save as** gespeichert hätte. Für diesen Fall gibt es auch den **kleineren Replay-Button**; wenn dieser gedrückt wird, so wird die aktuell im Speicher befindliche Auswertung nochmals abgespielt, wobei die Entstehung der eventuell schon vorhandenen Diagramme verfolgt werden kann.



Wir zeigen nun das **Data Video Fenster auf dem ganzen Bildschirm** an und stellen im Kontextmenü auf **Full Size**. So können die Markierungspunkte am besten gesetzt werden.

Wenn wir danach das erste Mal den Start-Button drücken, verwandelt sich der Mauscursor in ein Spezial-Kreuz (ähnlich einem Malteserkreuz ?), und wir setzen auf das Zentrum des Vorderrades im ersten Bild eine Markierung; danach springt das Bild/Auto, es wird das nächste ausgewählte Bild angezeigt, in dem wir wieder eine Markierung auf das Vorderrad setzen; und dieses Procedere machen wir mit Geduld und Begeisterung so lange weiter, bis wir beim letzten selektierten Bild (Nr.39) der Videosequenz angekommen sind. Ein wichtiger Schritt ist somit getan. Wir schalten die **Anzeige** des Video Data Fensters **wieder** auf die **Viertel-BS-Größe** zurück, um auf dem Bildschirm auch Platz für die Anzeige zweier Diagramme und einer Tabelle zu bekommen.

### Die Erzeugung der Diagramme und Tabellen:

Mit der Option **Display as a Diagram** des Kontextmenüs zeigen wir unsere untersuchte Bewegung im rechten oberen BS-Viertel in einem Diagramm an, bei dem **auf der x-Achse die Zeit** und **auf der y-Achse** (erste vertikale Achse) **die x-Koordinaten** der eben gesetzten **Markierungspunkte** sind. Für die y-Koordinaten der Markierungen interessieren wir uns nicht. Deshalb löschen wir diese aus dem Diagramm, in dem wir über das Diagramm-Kontextmenü **Create/Edit Diagram** die Spalte C3 auf Connection **Empty** stellen. Wir haben somit ein **s-t-Diagramm des Startvorganges** bekommen.

Mit der Option **Display as a Table** des Kontextmenüs zeigen wir die Daten unserer Bewegung im rechten unteren BS-Viertel als Tabelle an. Wir sehen darin, dass der Startvorgang nach 2 Sek. abgeschlossen ist. Deshalb stellen wir diesen Wert auch als Maximumwert für die Zeitachse des Diagramms ein. Die erste vertikale Achse bekommt als Minimumwert 0 und als Maximumwert 7.

Wir interessieren uns jetzt noch für die **Änderung der Geschwindigkeit** und der **Beschleunigung**. Dazu passen wir über die Diagramm-Kontextmenü-Option **Analyse/Function Fit** eine mathematische Funktion in unsere Messdaten ein (Polynomfunktion 2.Ordnung als Typ auswählen; [AutoFit]-Button drücken und mit OK schließen). In der Tabelle entsteht **eine neue Spalte (C3)** mit den Werten der eingepassten Funktion, im Diagramm sieht man auch den Graphen dieser Funktion, aber nicht all zu gut, weil die Messdaten und die Funktionswerte fast ident (was nicht immer der Fall ist) sind.

In der **Spalte C4** der Tabelle und des Diagramms soll die **Geschwindigkeit v** dargestellt werden. Die Geschwindigkeit ist die zeitliche Ableitung des Weges und die Beschleunigung ist die zeitliche Ableitung der Geschwindigkeit. Für die Geschwindigkeit - ihre Funktionswerte sollen also in Spalte C4 kommen - berechnen wir nun aus den Werten der Spalte C3 mit der Formel  $\text{Derivative}([\text{Fit of P1X}])$  wie folgt die Funktionswerte: C4 anklicken; Connection: Formula; Unit: m/s; Quantity: v; Min-Wert: 0; Max-Wert: 10; Formula: Zauberschuh, Derivative( ) auswählen, dann Fit of P1X anklicken, dann OK; Axis: second vertical auswählen und mit OK abschließen.

**Eleganter** ist es noch, mit **Process / Filter Graph** des **Diagramm-Kontextmenüs** zuerst eine Kurve durch die Messpunkte des **s-t-Diagramms** zeichnen zu lassen und diese dann durch **Process / Derivative** abzuleiten, um den Geschwindigkeitsgraphen zu bekommen. Die **durchschnittliche Beschleunigung** kann als „Sekantenanstieg“ des v-Graphen mit **Analyse / Slope** ermittelt werden.

Als Variante dazu kann aber auch folgendes gemacht werden: Damit die **Beschleunigung a** das Diagramm nicht verunstaltet, stellen wir **a** ebenfalls auf der zweiten vertikalen Achse des Diagramms in der Spalte C5 dar; die nötige Formel dafür heißt:

**Derivative(v)**; sonst geht man analog vor wie bei der Darstellung der Geschwindigkeit **v**.

Im linken unteren BS-Viertel soll noch das **v-x-Diagramm des Bremsvorganges** dargestellt werden, welches z.B. zeigt, dass die Sprinterin auf den ersten Metern die Geschwindigkeit stärker erhöht als später !!

Dieses Diagramm wird über **Display Diagram / New Diagram** gemacht.

### 3. Das Fallen eines Basketballs

Werte allein oder als Zweierteam den Videoclip **ballog1.avi** oder **ballog2.avi** aus, der zeigt, wie ein Basketball vor dem BG Blumenstraße aus der Höhe des OG1 bzw. OG2 herunterfällt.

Vieles muss genau gleich wie bei unserem Musterbeispiel gemacht werden, einige Einstellungen müssen aber anders getroffen werden:

- damit man auch die vertikale Achse skalieren kann, muss man zwei Achsen mit differenzierten Skalierungen anwählen
- die Richtung der y-Achse(von oben nach unten)
- die Auswahl der Bilder des Videoclips (auf den ersten Bildern ist der Ball in Ruhe; diese Bilder sind uninteressant; auch das Aufhüpfen des Balles interessiert nicht)
- die Zeit-Kalibrierung (t = 0 nicht bei Bild 1 sondern beim ersten ausgewählten Bild... ; Coordinate Settings-Dialogfenster)

Für die Skalierung der Achsen muss man wissen:

Die Höhe zur Unterkante des Vordaches beim Eingang ist **2,90 m** (ballog1.avi) und jene zur Höhe der Fenstersims im OG1 (Clip ballog2.avi) beträgt **5,2 m** (Komma ist Punkt).

### **Neue Aktivität anlegen !**

Wir machen eine **neue Aktivität** im Projekt des bremsenden Autos und lösen dort die Aufgabe.

### **Variante:**

Wir legen ein **neues Projekt** an und versuchen mit dem **Projekt Manager** den Videoclip vom eben bearbeiteten Projekt in das neu angelegte Projekt hinüber zu kopieren. Dieses Kopieren ist eine wichtige Voraussetzung dafür, um z.B. vom Internet heruntergeladene oder auch selbst aufgenommene Videoclips in Coach5 zu untersuchen.

**Mögliche Fragestellungen dazu:** Wie groß ist die Beschleunigung? Falls diese über  $9,81 \text{ m/s}^2$  ist, wurde sicher die y-Achse schlecht/falsch skaliert.

## **4. Internet-Adressen zum Herunterladen von Daten-Videos**

Site of Physics Education Department of the University of Munchen:  
<http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/DAVID/video.htm>

Physics Site of North Carolina School of Science and Mathematics:  
<http://courses.ncssm.edu/physics/video.htm>

World in Motion Site: <http://members.aol.com/raacc/wim.html>

Site of Physics Department of New Hampshire Community Technical College:  
<http://webphysics.tec.nh.us/vidshell/clips.html>.

**Hinweis:** dieses Skriptum über das Auswerten von Datenvideos ist als pdf-File im Downloadbereich der Studie auf 6 A4-Seiten weniger Platz verbrauchend formatiert.

# Anhang D1: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Elektromagn. Induktion

## Elektromagnetische Induktion

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

Kurzbeschreibung:

Ein zylindrischer Permanent-Magnet fällt durch zwei senkrecht über einander angeordnete Spulen. Mit zwei Spannungssensoren werden die in den Spulen induzierten Spannungstöße aufgezeichnet. Die so erhaltenen Daten werden dargestellt und ausgewertet.

**Material und Tipps:** 2 „normale“ Spannungssensoren; 2 Spulen (1600 Windungen), 1 Spule (800 Windungen – wird bei 2.Messung unten eingesetzt), Stativmaterial, PVC-Installationsrohr,

1 Zylindermagnet.

$$U_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Unterscheide zwischen der Spannung [1 V] und einem Spannungstoß [1 Vs].

---

**1) Meine Messeinstellungen:** bitte die Einheiten nicht vergessen !

Messzeit:

Messfrequenz:

**Frage:** Wie viele Messdatensätze werden bei einer Messung aufgezeichnet?

**2) Diagramm meiner ersten Messung:** zwei gleiche Spulen (Windungszahl: 1600)

**3) Hardcopy eines ‚Area-Fensters‘: hier kann die Fläche von Spannungstößen numerisch integriert werden.**

**4) Bestimme mit Coach5 die Werte der Spannungen und Spannungstöße einzelner Peaks und überprüfe, dass die Spannungstöße jener zwei Peaks, die zur selben Spule gehören, in Summe den Wert Null haben.**

Peak-Nr.	Induzierte Spannung [V]	Induzierter Spannungstoß [Vs]	Bemerkung
1			
2			
3			
4			
1+2	macht keinen Sinn		
3+4	macht keinen Sinn		

### Fragen:

(1) Wovon hängt der Wert für die Größe des **Spannungsstoßes** ab?

Antwort:

(2) Warum wird die **induzierte Spannung** betragsmäßig vom ersten bis zum vierten Peak immer größer?

Antwort:

(3) Wovon hängt also zusammenfassend die Größe der **induzierten Spannung** ab?

Antwort:

5) Bild des Versuchsaufbaues: **(aus dem Coach5-Projektfile übernehmen)**

**Hinweis:** Anhang D1 ist als Wordfile downloadbar.

## Anhang D2: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Boyle Mariotte Gesetz

### Das Boyle Mariotte - Gesetz

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

Kurzbeschreibung:

Dieses Gesetz beschreibt die **isotherme Zustandsänderung** eines **idealen Gases** und heißt:

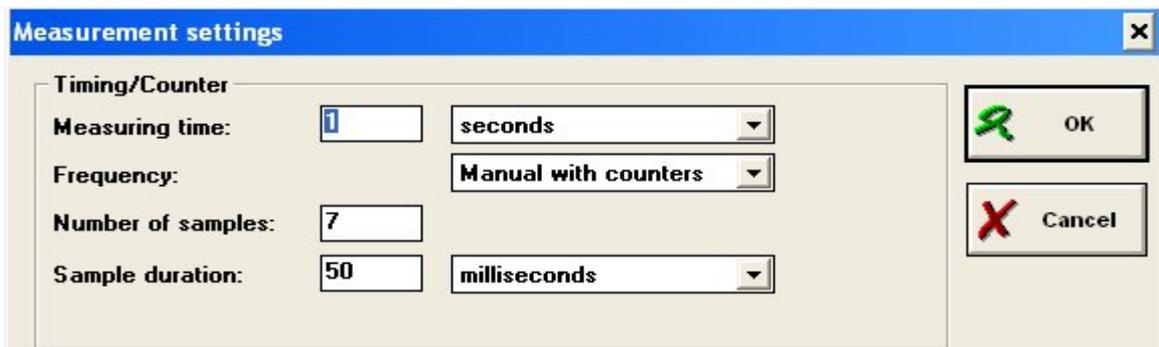
$$p \cdot V = \text{const.} (= N \cdot k \cdot T)$$



Die Luft in einer Spritze wird langsam komprimiert. Dabei liefert ein Gasdrucksensor den aktuellen **Gasdruck p** in der **Einheit kPa**, die Größe des **Volumens V** wird an der Spritze (Gesamtvolumen ist 20 ml = 20 cm<sup>3</sup>) eingestellt und manuell dem Messprogramm eingegeben. Mache eine Online-Messung. Die Messdaten werden in einem p-V-Diagramm dargestellt und analysiert.

**Material und Tipps:** 1 Gasdrucksensor von Vernier inkl. Spritze, 1 ULAB als Datenlogger.

**Die Messeinstellungen** (Measurement settings) müssen wie folgt getroffen werden:



Wir können so also **7 Datensätze** aus Volumen und dazugehörigem Druck aufnehmen.

**Die Definition des p-V-Diagramms:** Das Volumen soll in die **Spalte C1**; wähle deshalb dort als Connection **Manual Input** aus; die Achsenskalierung gehe von 0 – 20 ml.

In der **Spalte C2** soll auf der ersten vertikalen Achse der Gasdruck dargestellt werden; die Achsenskalierung gehe von 0 bis 210 kPa. In der **Spalte C3** des Diagramms soll das Produkt der beiden Größen, also **p\*V** in der **Einheit kPa\*cm<sup>3</sup>** ermittelt werden und auf der zweiten vertikalen Achse mit einer Skalierung von 0 – 1200 dargestellt werden. Als Connection zur übrigen Tabelle ist hier **Formula** auszuwählen und dann die Formel **C1\*C2** einzugeben. Im rechten oberen **BS-Viertel** kann schließlich noch mit **[Display Value]** eine Digitalanzeige des Gasdruckes eingerichtet werden, damit bei deren Beachtung der Messbereich des Drucksensors nicht überschritten wird. Zeige in einem BS-Viertel mit **[Display Table]** zur besseren Übersicht auch die Diagramm-Tabelle an.

**Die eigentliche Aufnahme der Messdaten:**

a) Der Spritzenkolben wird in die **Position 10ml** (siehe Foto oben) gebracht und danach die Spritze **mit Gefühl** auf den Sensor aufgeschraubt; es müsste ein Druck von ca. 100 kPa angezeigt werden.

Jetzt ist volle Konzentration gefragt ! Arbeitsteilung ! S bedient die Spritze, P das Programm.

Der normale Startknopf:  wird bei manueller Eingabe zu:  grün rot

hier ist ein **1-er** zu sehen



b) P drückt auf dem BS den einfachen **grünen Startknopf**, der sich zu einem **grün-roten Doppelknopf** verändert;

S erhöht das Volumen auf 20 ml, meldet die exakte Einstellung und P klickt auf den grünen Teil des

Doppelknopfes (in diesem Augenblick wird der Druckwert  $p$  übernommen); es öffnet sich der links abgebildete Dialog; P gibt das von S vorher genannte Volumen ein und bestätigt mit OK; S ändert dann schrittweise das Volumen auf **17, 15, 13, 10, 8** und schließlich als siebten Wert auf **5 ml**, während P jeweils den grünen Teil des Doppelknopfes drückt und die angesagten Volumswerte eingibt. Gleichzeitig wird von Coach5 das Diagramm gezeichnet. Hurra ! Du bist fertig !

Passe mit der Diagramm-Kontextmenü-Option **Analyse/Function-Fit** eine mathematischen Funktion (welchen Funktionstyp wählen ?) die Messdaten ein.

---

**1) Meine Messeinstellungen:** bitte die Einheiten nicht vergessen !

siehe abgebildeter Dialog auf Seite 1 !

**2) Mein p-V-Diagramm zur isothermen Zustandsänderung:**

Die Darstellung von  $p \cdot V$  im Diagramm zeigt, dass die in der Theorie gegebene Konstanz nicht so ganz gegeben ist.

**Frage:** Was für Gründe kannst Du angeben, warum beim realen Experiment vor allem bei höheren Drücken die Konstanz von  $p \cdot V$  deutlich nicht mehr gegeben ist?

Antwort:

3) Hardcopy des ‚Function-Fit-Fensters‘ zur Einpassung einer mathematischen Funktion in die Messdaten:

**Hinweis:** Anhang D2 ist als Wordfile downloadbar !

## **Anhang D3: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Kondensatorentladung**

### **Kondensatorentladung über ohmsche Widerstände**

**Arbeitsteam:**

**Ort und Datum der Durchführung:**

**Kurzbeschreibung:**

Ein Elektrolytkondensator (z.B.  $C = 1000 \mu\text{F}$ ), an dem eine Gleichspannung von ca. 2,5 V liegt, entlädt sich über ohmsche Widerstände (1 kOhm, 500 Ohm, 100 Ohm).

Mit einem Spannungssensor wird die zeitliche Abnahme der am Kondensator anliegenden Spannung aufgezeichnet und danach untersucht.

**Material und Tipps:** 1 „normaler“ Spannungssensor, Elektro-Bausteine der Schülerversuchsgeräteausrüstung (siehe Foto im Coach5-Projekt); Batterie, Akku oder Stelltrafo als Spannungsversorgung (2 - 3 V). Beachte die richtige Polung wegen des Elektrolytkondensators. Mit einem Wechselschalter wird der Kondensator von der Spannungsversorgung getrennt.

Einsatz eines **Down-Trigger (measurement settings)** für den Beginn der Aufzeichnung der Messdaten bei 2 V.

$$U(t) = U_0 * e^{-\frac{t}{R*C}}$$

$$e^{-1} = 1/e = 0,3678... = 0,37 = 37\%$$

$$U(x) = U_0 * \exp(-bx) \quad \text{mit } b = 1/RC$$

**1) Meine Messeinstellungen:** bitte die Einheiten nicht vergessen !

Messzeit:

Messfrequenz:

**Frage:** Wie viele Messdatensätze werden bei einer Messung aufgezeichnet?

**2) Diagramm einer Entladungsmessung:**  $C = \quad \mu\text{F}$ ,  $R_1 = \quad \text{Ohm}$ ,  $R_2 = \quad \text{Ohm}$

(Experten zeichnen in einem Diagramm zwei Entladungen über unterschiedliche Widerstände auf. Tipp: nach erster Messung **Copy Column** für die Spannungswerte im Diagramm ausführen)

**3) Hardcopy eines ‚Function-Fit-Fensters‘ zur Einpassung einer mathematischen Funktion in die Messdaten**

**4) Fragen, deren Antworten – falls möglich - in die folgende Tabelle eingesetzt werden sollen:**

C [ $\mu\text{F}$ ] Vorschlag	C [ $\mu\text{F}$ ] tatsächlich	R [Ohm] Vorschlag	R [Ohm] tatsächlich	Halbwertszeit [s]	Zeit bis 37% = 1/e 0,735 V [s]	R * C [s]
1000		100				
1000		500				
1000		1000				

(1) Trage Deine **tatsächlichen Werte für die Kapazität und die Widerstände** in die Tabelle ein.

(2) **Lies** aus dem Diagramm jeweils die **Halbwertszeit HWZ** (jene Zeit, nach der die Spannung auf die Hälfte - bei uns auf 1 V – gesunken ist) **heraus** und trag diese in die Tabelle ein.

(3) **Lies** aus den Diagrammen für jeden Widerstand **jene Zeit heraus**, nach der die Spannung auf den **e-ten Teil** von  $U_0=2V$  (das ist bei uns 0,735 V) abgesunken ist.

(4) Berechne das **Produkt aus Kapazität und Widerstand, den Wert des R\*C-Gliedes**, und trage die Ergebnisse in die Tabelle ein. Beachte die Zehnerpotenzen !

Was fällt Dir im Vergleich mit der benachbarten Spalte unserer Tabelle auf ?

Vervollständige:

Aufgrund von Dimensionsüberlegungen bei der Entladungsformel (siehe vorne unter Material und Tipps) muss das Produkt  $R \cdot C$  die Dimension ..... haben !

(5) Lies aus der Hardcopy-Darstellung des **Function-Fit-Fensters** den **Betrag des Koeffizienten b** der allgemeinen Exponentialfunktion  $y = a \cdot \exp(b \cdot x) + c$  heraus.

$$| b | = \dots\dots\dots s^{-1}$$

Berechne:  $\ln(2) / b = \dots\dots\dots s$  und Du bekommst die Halbwertszeit HWZ für jene Entladung, die in der Hardcopy dargestellt ist.

Es gilt nämlich:  $HWZ = \ln(2) / b$ .

**5) Bild des Versuchsaufbaues** (aus dem Coach5- Programm übernehmen oder selber ein Digitalbild „schießen“)

**Hinweis:** Anhang D3 ist als Wordfile downloadbar !

## Anhang D4: Bewegungsgleichung

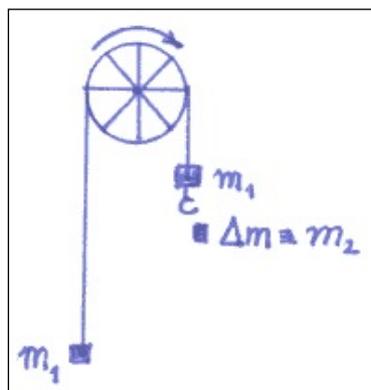
## Protokollvorlage/Arbeitsblatt

### Bewegungsgleichung – Atwood-Maschine

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

Kurzbeschreibung:



Die beiden gleich großen Massen  $m_1$  (z.B. 25 g) sind mit einer Schnur verbunden, welche über eine Rolle verläuft; das System ist im Gleichgewicht, bis rechts eine zusätzliche Masse  $m_2$  (z.B. eine Beilagscheibe von ca. 7 g) angehängt wird.

Dann setzt sich die Gesamtmasse ( $2 \cdot m_1 + m_2$ ) in Bewegung und wird vom Gewicht der Masse  $m_2$  beschleunigt.

Das Rad (Durchmesser 5 cm) beginnt zu rotieren und unterbricht mit seinen 10 Speichen eine dort platzierte

digitale Lichtschranke.

Aus den von der Lichtschranke gezählten Impulsen (steps) wird der Weg als Funktion der Zeit bestimmt.

Beispiel für ein (eher seltenes) **„Event-based measurement“**.

**Material und Tipps:** 1 digitale Lichtschranke mit Rad (Vernier); 2-mal 25 g und 1 Beilagscheibe mit ca. 7 g (größere Massen würden die Lichtschranke eventuell beschädigen); Stativmaterial.

Tipps: 1.) Die Schnurlänge so wählen, dass die eine Masse am Boden ankommt kurz bevor die andere oben bei Rad und Lichtschranke ist.

2.) Lass von der Lichtschranke die Anzahl der Impulse (steps) ermitteln, indem Du das Experiment einmal langsam ablaufen lässt, und stelle dann diese Zahl bei **„number of samples“** in den Messeinstellungen ein.

- Ohne Reibung gilt:  $F = a \cdot (2 \cdot m_1 + m_2) = m_2 \cdot g \rightarrow a = m_2 \cdot g / (2 \cdot m_1 + m_2)$
- Für die aktuelle Fallhöhe gilt:  $h = 2\pi r / 10 \cdot [\text{aktuelle Impulszahl}]$  ( $2r = 5\text{ cm}$  !)

---

**1) Meine Messeinstellungen:** bitte die Einheiten nicht vergessen !

Messzeit:

Number of samples:  **$t = 0$  at the first pulse'** anklicken !

(eine Art Trigger für den Start der Messung)

**2) Diagramm unserer Messung und ihrer Auswertung:** (erste vertikale Achse: Steps, Fit of steps; zweite vertikale Achse: Fallhöhe  $h$  in cm,  $v$  in dm/s)

**3) Bestimmung der Beschleunigung  $a$**  als Steigung des  $v$ -Graphen mit der *Analyse/Slope*-Option des Diagramm-Kontextmenüs:

Ergebnis der ermittelten Beschleunigung  $a =$                        $\text{dm/s}^2 =$                        $\text{m/s}^2$

Die Kontrollberechnung der theoretischen Beschleunigung  $a$  ohne Reibung nach der oben angeführten Formel ergibt für  $a =$                        $\text{m/s}^2$

**4) Bild des Versuchsaufbaues** (aus dem Coach5- Programm übernehmen)

**Hinweis:** Anhang D4 ist als Wordfile downloadbar !

## Anhang D5: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Senkrechter Wurf

### Senkrechter Wurf – Modeling

Arbeitsteam:

Ort und Datum der Durchführung:

Modellbeschreibung:

Ein Gegenstand wird senkrecht mit der Geschwindigkeit  $v$  nach oben geworfen. Mache ein Modell und die nötigen Grafiken und Simulationen zur Beantwortung der gestellten Fragen.

Infos und Tipps:

Es überlagern sich dabei ungestört zwei Teilbewegungen, eine gleichförmige Translation nach oben und ein freier Fall (gleichmäßig beschleunigte Translation) nach unten. Die nötigen Größen werden schrittweise in einer zählergesteuerten Programmschleife berechnet.



Hier wird die Anzahl der Berechnungsschritte  $N$  eingestellt.

Die Schaltfläche  $G$  (Graphik-Modus) bitte nicht verwenden!

Links im Fenster sind die **Berechnungsbefehle** der Schleife, rechts die **Initialisierungen**.

Das markierte Modell-Fenster kann über die Windows-**Zwischenablage** (Clipboard) mit der Tastenkombination **<Alt> + <Druck>** in ein Word-Dokument übernommen werden.

---

**1) Mein eigenes Modellfenster** zum Projekt „Senkrechter Wurf“:

**2) h(t)-Diagramm bei Simulation von v** zwischen 5 und 20 m/s:

**3) Mein h(t) - v(t) – Diagramm bei v = 20 m/s:**

v(t) wird mit der zweiten vertikalen Achse (Min: -20, Max: 20) dargestellt.

Lies aus dem Diagramm die Geschwindigkeit v

- beim Abwurf:
- beim Scheitelpunkt des Wurfes (= höchster Punkt):
- beim Aufprall:

ab und vergleiche die Werte mit jenen der Coach5-Tabelle, welche automatisch bei der Durchrechnung eines Modells erzeugt wird (Schaltfläche <Display as Table>).

**4) Diagramm zur Simulation für v = 5 m/s bei unterschiedlichem g:**

Setze dabei  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $5 \text{ m/s}^2$  und  $1,64 \text{ m/s}^2$  (letzter Wert ist Beschleunigung auf dem Mond) !

**Hinweis:** Anhang D5 ist als Wordfile downloadbar !

## **Anhang D6: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Schiefer Wurf**

### **Schiefer Wurf – Modelling**

**Arbeitsteam:**

**Ort und Datum der Durchführung:**

**Modellbeschreibung:**

Ein Gegenstand wird unter dem Winkel **win** mit der Geschwindigkeit **v** geworfen. Mache ein Modell sowie die nötigen Grafiken und Simulationen zur Beantwortung

den Fragen nach der Wurfweite und der Aufprallgeschwindigkeit. Die Luftreibung soll nicht berücksichtigt werden.

### Infos und Tipps:

Es überlagern sich hier ungestört zwei Teilbewegungen, eine gleichförmige Translation in x-Richtung und ein senkrechter Wurf in y-Richtung.

Eingaben bzw. unabhängige Parameter des Modells: Geschwindigkeit  $v$  und Winkel  $\text{win}$ .

Stelle im Dialogfenster ‚**Activity options...**‘ die Winkeleinheit auf ‚**Degrees**‘

Erinnere Dich, dass bei der iterativen Berechnung von Größen gilt:

Verbal: Neuer Wert ist alter Wert vermehrt um die Veränderung während des Zeitintervalls

Beispiel in einem Pseudocode:  $v\text{-neu} \leftarrow v\text{-alt} + \Delta v$

Beispiel im Coach5-Programmcode:  $v:=v+dv$

Dabei muss  $dv$  davor berechnet werden; der Coach5-Programmcode dafür:  $dv=a*dt$

Beginne die Modellentwicklung mit  $v = 20 \text{ m/s}$ ,  $\text{win} = 35 \text{ Grad}$ ;  $x = 0$  und  $y = 0$ .

Passende Diagrammeinstellungen: bei der x-Achse: 0 – 50 m; bei der y-Achse: 0 – 20 m.

Wenigstens **für die Winkelsimulation** sollte ‚**Keep the same ratio**‘ angewählt sein, damit man die echten Winkel im Diagramm sieht. Die v-Komponenten sind:  $v_x=v*\cos(\text{win})$ ;  $v_y=v*\sin(\text{win})$

Achtung: Der Editor von Coach5 unterscheidet nicht zwischen Groß- und Kleinbuchstaben !!

---

### 1) Mein eigenes Modellfenster fürs Projekt „Schiefer Wurf“:

Am Schluss der Bearbeitung bitte hier die letzte Version herkopieren. Das erste funktionierende Modellfenster dient nur als „Platzhalter“ zur Formatierung dieser Protokollseite.

### 2) Wurfbahn-Diagramm bei Simulation des Abwurfwinkels $\text{win}$ bei $v = 20\text{m/s}$ :

Wähle die dazu Winkelwerte  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $75^\circ$

**Frage:** Bei welchem Winkel wird die größte Wurfweite erzielt?

**Antwort:** bei ...

**3) Diagramm, welches den Betrag der Geschwindigkeit** an jeder Stelle der Wurfbahn auf der zweiten vertikalen Achse zeigt:

$v = 20 \text{ m/s}$ ;  $\text{win} = 50 \text{ Grad}$ ;  $v_{\text{betrag}}$  wird angezeigt auf der zweiten vertikalen Achse:  
10-30 m/s

Dazu ist eine zusätzliche Programmzeile im Modell nötig:  
 **$v_{\text{betrag}} := \text{sqrt}(v_x * v_x + v_y * v_y)$**

Sorge auch für einen rechtzeitigen Abbruch der Berechnung:

**$\text{if } y < 0 \text{ then stop endif}$**

Gib bitte eine **Begründung für diese Berechnungsformel** an:

**4) Variation der Darstellung von 3) für den Startwert  $y = 5 \text{ m}$ :**

**Frage:** Warum ist die Geschwindigkeit am Schluss jetzt größer als am Anfang?

**Antwort:** Weil ...

**Frage:** Warum ist die Wurfweite jetzt größer?

**Antwort:** Weil ...

**Hinweis:** Anhang D6 ist als Wordfile downloadbar !

## **Anhang D7: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Anhalteweg**

### **Anhalteweg / Bremsweg – Modeling**

**Arbeitsteam:**

**Ort und Datum der Durchführung:**

**Modellbeschreibung:**

Ein/e Autolenker/in sieht eine Gefahr, welche sie/ihn zum anhalten zwingt. Wie groß ist der Anhalteweg in Abhängigkeit von der Reaktionszeit  $t_R$ , der Geschwindigkeit  $v$  und der Bremsverzögerung  $a$ ? Speziell interessieren wir uns dafür, wie die Geschwindigkeit  $v$  als Funktion des Weges  $x$  abnimmt!

**Infos und Tipps:**

In Fahrschule und Ph-Unterricht lernt man folgende Näherungsformeln: (wann gelten sie ?)

Bremsweg  $B$  in m:  **$B = Z * Z$**

Anhalteweg  $A$  in m:  **$A = Z * (Z + 3)$**

$Z$  ist die Zehnerzahl der Tachoanzeige.

Ein Beispiel:  $v = 70 \text{ km/h} \rightarrow Z = 7 \rightarrow A = 7 * 10 = 70 \text{ m}$

Wegen der schrittweisen Berechnung der relevanten Größen in einem Modell muss man keine Formeln über die gleichmäßig beschleunigte Translation anwenden, sondern es genügt, wenn man die Definitionen von Geschwindigkeit und Beschleunigung kennt und versteht.

**Startwerte:** dt=0.01; t=0 oder besser t=-dt; tR=1 (wird variiert); v\_kmh=100 (km/h; wird umgerechnet in m/s; wird variiert); v=v\_kmh/3.6 (m/s; Umrechnung); a=4 (m/s<sup>2</sup>, wird variiert)

**Programmtipps:** die Anweisungen in der Berechnungsschleife

Zeit t um dt erhöhen		t ← t + dt	
Wenn t <= Reaktionszeit		t <= tR ?	
Ja: v bleibt gleich	Nein: v wird kleiner	v ← v	v ← v - a*dt
x-Wert um dx = v*dt erhöhen		x ← x + v*dt	

Das Umschreiben in den Programmcode ist leicht möglich. (if... then ... else ... endif)

**Diagrammoptionen:** Mache ein **v(t)-Diagramm**: t-Achse: 0-10s; v-Achse: 0 - 40 m/s.

Mache auch ein **v(x)-Diagramm**: x-Achse: 0-200m; v-Achse: 0 - 40 m/s.

Ordne diese Diagramme in den beiden linken BS-Viertel über einander an. Das Modellfenster ist oben rechts. Teste und perfektioniere Modell und Diagramme.

**1) Mein eigenes Modellfenster** zum Projekt „Anhalteweg“:

Mit der Tastenkombination <Alt> + <Druck> soll es hier herkopiert werden.

**2) v(x)-Diagramm des Anhalteweges:** v\_kmh = 100 km/h; a = 4 m/s<sup>2</sup>; tR = 1s

**Frage:** Wie lange ist der Anhalteweg? Vergleiche ihn mit dem Wert der Näherungsformel!

Antwort:

**Frage:** Löse mit der **Scan-Option** des Diagramm-Kontextmenüs, wie viele m vor dem Stillstand des Fahrzeuges die Geschwindigkeit immer noch halb so groß ist wie vor dem Bremsvorgang ist.

Antwort:

**3) Simuliere den Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf die Bremsweglänge:**

Dupliziere die Modell-Aktivität mit **File/Activity/Save as ...** unter „Modell-Bremsweg“ und ändere das Modell so ab, dass der Programmcode nur noch aus den 3 grau unterlegten Anweisungen besteht. Wähle dann zur Simulation für v\_kmh die Werte 30 km/h, 60 km/h und 120 km/h.

**Füge dieses Simulationsdiagramm hier ein:**

**Frage:** Was passiert mit der Bremsweglänge, wenn man die Geschwindigkeit verdoppelt?

**Antwort:** Bei Verdoppelung der Geschwindigkeit ..... die Länge des Bremsweges.

#### **4) Simulations-Diagramm des Bremsweges bei variablen Bremsverzögerungen:**

Wähle dazu bei  $v_{\text{kmh}} = 80 \text{ km/h}$  die  $a$ -Werte  $1 \text{ m/s}^2$ ,  $2 \text{ m/s}^2$ ,  $3 \text{ m/s}^2$ ,  $4 \text{ m/s}^2$  und  $6 \text{ m/s}^2$ .

#### **Vervollständige:**

Wenn sich  $a$  verdoppelt, dann .... der Bremsweg.

Wenn  $a$  auf das 1,5-fache (.= 3/2-fache) steigt, dann sinkt der Bremsweg auf ...

Bremsweg und Bremsverzögerung sind zu einander .... proportional!

**Hinweis:** Anhang D2 ist als Wordfile downloadbar !

## **Anhang D8: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Modell Kaffee kühlt ab**

### **Kaffee kühlt ab – Modeling**

**Arbeitsteam:**

**Ort und Datum der Durchführung:**

**Modellbeschreibung:**

In einem Glas befindet sich eine bestimmte Menge  $m$  an heißem Kaffee mit einer Temperatur  $T_K$ . Es kommt im Laufe der Zeit zu einem Temperaturengleich mit der Umgebung, der Kaffee kühlt sich ab. Dieses Modell soll u.a. zeigen, dass man nicht nur Bewegungen modellieren und simulieren kann.

Entwickle das entsprechende Modell und Diagramm und versuche durch einen Vergleich mit einer realen Messung die „Abstrahlungskonstante“ zu bestimmen. Falls wir ein dazugehöriges Mess-Projekt haben, machen wir deshalb dieses Modell in eine neue Aktivität dieses Mess-Projektes.

**Infos und Tipps:**

Der Programmierer von Coach5 unterscheidet nicht zwischen Klein- und Großbuchstaben (Achtung: wenn  $t$  die Variable für die Zeit ist kann  $T$  nicht jene für die Temperatur sein).

Wir vernachlässigen das Gefäß; der Kaffee ist für uns Wasser; die Wärmeverluste durch Leitung über den Boden des Gefäßes schließen wir vereinfachend in die Wärmeabgabe durch Strahlung ein.

Wir führen eine **spezifische Abstrahlungsleistung SP** ein, welche angibt, wie viel Joule pro Sekunde, pro kg Wasser/Kaffee und pro Kelvin/Grad Temperaturdifferenz zur Umgebung abgegeben wird. Für die Einheit von SP gilt dann:  $[SP] = 1 \text{ J}/(\text{s} \cdot \text{kg} \cdot \text{K})$ .

Die spezifische Wärmekapazität  $c_p$  von Wasser ist  $4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .

Für die Modellerstellung gelten weiters folgende Parameter: TU (Temperatur der Umgebung) sei  $20^\circ\text{C}$ ; TK (aktuelle Temperatur des Kaffees/Wassers) habe als Startwert  $70^\circ\text{C}$ ; für die Kaffeemenge  $m$  gelte:  $m = 0,2 \text{ kg}$ ; Startzeit sei  $t = 0$  und als Zeitintervall gelte  $dt = 1 \text{ s}$ . Vorerst soll für SP der Wert  $3 \text{ J}/(\text{s} \cdot \text{kg} \cdot \text{K})$  angenommen werden.

(1) Wie viel Wärme wird im Zeitintervall  $dt$  abgestrahlt? Gehe von der Dimension von SP aus und überlege, womit SP multipliziert werden muss, damit die Ergebniseinheit Joule für die abgestrahlte Energie entsteht:  $dQ = SP \cdot dt \cdot m \cdot (TK - TU)$

(2) Um wieviel Grad kühlt der Kaffee aus, wenn er die Wärmeenergie  $dQ$  abgibt?

$dQ = c_p \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = dQ / (c_p \cdot m) = SP \cdot (TK - TU) \cdot dt / c_p$  ( $m$  kürzt sich weg !)

(3) Die Kaffeetemperatur TK nimmt wie folgt ab:  $TK := TK - \Delta T$

**Diagrammoptionen:** Mache ein TK-t-Diagramm, bei dem in der 3. Spalte der Diagrammtabelle auch die Temperatur TU angezeigt wird.

Achsenkalierungen: t-Achse: 0-3000 s (= 50 min); TK- bzw. TU-Achse: 0-80 °C.

Da im Programmcode TU vorkommt, steht TU auch zur Darstellung im Diagramm zur Verfügung.

**1) Mein eigenes Modellfenster** zum Projekt „Kaffe kühlt ab“:

Mit der Tastenkombination <Alt> + <Druck> soll es hier herkopiert werden.

**2) Simulations-Diagramm der TK-Abnahme bei variabler Umgebungstemperatur TU:**

Wähle dazu TU gleich  $5^\circ\text{C}$ ,  $10^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$  und  $40^\circ\text{C}$ .

**Mein Kommentar zum Diagramm:** Die Kaffeetemperatur nimmt um so schneller ab, je ...

**3) Simuliere den Einfluss der Kaffeemenge auf die TK-Abnahme:**

Wähle dazu  $m$  gleich 0,1 kg., 0,2 kg, 0,5 kg und 1 kg

**Frage:** Warum zeigt diese Simulation keinen Einfluss auf das Ergebnis der Temperaturabnahme?

**Antwort:**

**Frage:** Was wird dabei aber immer stillschweigend vorausgesetzt?

**Antwort:**

**4) Simulations-Diagramm der TK-Abnahme bei variablem SP:**

Wähle dazu TU gleich 20°C und TK gleich 70°C.

Variiere die spezifische Abstrahlungsleistung SP mit den Werten 2, 3, 4 und 5 W/(kg\*K)

**Mein Kommentar zum Diagramm:** Wenig überraschend zeigt sich, dass die TK-Abnahme umso schneller erfolgt je ...

### **5) Bestimmen der spez. Abstrahlungsleistung SP mit Hilfe einer realen Messung:**

Wenn uns eine reales Messergebnis zu „Kaffe kühlt ab“ zur Verfügung steht, kann der Wert für SP in unserem Modell recht passabel bestimmt werden. Dabei zeigt sich auch, wie gut unser Modell die Realität beschreibt. Es sind folgende Arbeitsschritte dazu auszuführen:

(1) Neben dem Messdiagramm muss auch die Kaffeemenge  $m$  bekannt sein. Anfangstemperatur TK und Umgebungstemperatur TU können aus dem Messdiagramm herausgelesen werden.

(2) Am einfachsten wäre es, wenn dieses Modell als Aktivität in einem Mess-Projekt „Kaffee kühlt ab“ gemacht worden wäre. Falls dies nicht gegeben ist und die Gelegenheit besteht, jetzt selbst eine Messung durch zu führen, wird im Modell-Projekt eine Mess-Aktivität gemacht (New activity, als Panel ULAB auswählen, time-based measurement, ...). Mit dem Coach5-Projekt-Manager (Hauptmenüpunkt Tools) kann man aber auch Aktivitäten zwischen einzelnen Projekten hin und her kopieren.

(3) Wir nehmen nun an, dass wir eine Aktivität mit einem passenden Messergebnis haben. Wir skalieren die Achsen dieses vorliegenden Messdiagramms genau wie im Diagramm unseres Modells und speichern den Graphen mit **File/Result/Save as ...** unter „Messkurve“ ab. Dann wechseln wir in die Modell-Aktivität und importieren mit der Diagramm-Kontextmenü-Option **Import Backgroundgraph** den eben unter „Messkurve“ gespeicherten Graphen.

(4) Zuletzt verändern wir in unserem Modell den Wert für SP so lange, bis der simulierte Graph unseres Modells möglichst gut den gemessenen Graphen beschreibt. Der bestmögliche SP-Wert für unser Modell ist so gefunden.

**Frage:** Ist die spezifische Abstrahlungsleistung SP konstant?

**Antwort:**

**Hinweis:** Anhang D8 ist als Wordfile downloadbar !

## Anhang D9: Protokollvorlage/Arbeitsblatt Videoclip Basketball-Korbwurf

### Videoclip-Auswertung: Basketballwurf

**Arbeitsteam:**

**Ort und Datum der Durchführung:**

**Kurzbeschreibung:**

Auf dem Sportplatz des BG Blumenstraße macht Roman einen erfolgreichen Basketballwurf. In der Aktivität Vorlage befindet sich der **Videoclip schon im sog. Videofenster**, die Koordinatenachsen sind gesetzt und schon skaliert (Korbhöhe ist 3,05m) und die interessanten Frames des Clip (34 bis 51) schon ausgewählt. Coach5 weiß, dass 25 Bilder (Frames) pro Sekunde aufgezeichnet sind. Der Zeitabstand von einem Frame zum anderen beträgt somit  $1/25 = 0,04$  Sekunden.

Werte den Clip nun in zwei Diagrammen aus, ein **Wurfbahn-Diagramm** und ein zweites **Diagramm**, in dem **P1X(t)**, **P1Y(t)** auf der ersten vertikalen Achse und - später - **v(t)** auf der zweiten vertikalen Achse angeordnet sind.

**Infos und Tipps:**

In beiden Diagrammen sollen die eigentlichen **Messdaten** nicht als Linien sondern **als Punkte oder Kreuze** aufgezeichnet werden. Danach werden jeweils mit **Analyse/Function-Fit** mathematische Funktionen in diese Messdaten eingepasst: für die Wurfbahn und für P1Y eine Parabel 2.Ordnung und für P1X eine Gerade.

**Wurfbahn-Diagramm:** sowohl **show grid** als auch **keep the same ratio** anwählen;

horizontale Achse: P1X, von 0-6 m, vertikale Achse: P1Y, von 0 bis 4,5 m; Fit of P1Y erzeugen;

**P1X(t),P1Y(t),v(t)-Diagramm:** nur **show grid** anwählen.

Horizontale Achse: t-Achse: 0 – 1,2 s (für das erste selektierte Frame wurde t= 0 eingestellt)

Erste vertikale Achse: P1X und P1Y; Skalierung: 0 – 6 m; nur Punkte oder Kreuze zeichnen; auf dieser Achse soll nach der eigentlichen Messung dann auch Fit of P1X und Fit of P1Y dargestellt werden.

**Eigentliche Auswertung des Videoclips:** Diese kann jetzt nach diesen Vorbereitungen erfolgen. Grünen Startknopf anklicken; der Cursor verwandelt sich in ein „Malteserkreuz“, mit dem der Ball in den einzelnen Frames angeklickt werden muss. Volle Konzentration ist nötig. Eventuell auf ganzer Bildschirm schalten. Der erste Klick sollte noch auf der y-Achse sein, es erscheint dann das zweite Frame (in dem der Ball leider schlecht sichtbar an der Kante des Hauses ist), beim nächsten Klick erscheint das nächste Frame, usw. Gleichzeitig zeichnet Coach5 die Daten in

die beiden Diagramme. Nach dem letzten selektierten Frame des Clips verschwindet das „Malteserkreuz“ wieder und der Startbutton wechselt von rot wieder auf grün.



Mit dem kleinen grünen Knopf kann das ganze Prozedere der „Diagrammentstehung“ nochmals betrachtet werden. Den großen Startknopf drückt man nur dann noch einmal, wenn man die Daten neu (besser ?) aufnehmen will. Passe nun wie oben beschrieben die mathematischen Funktionen ein und Du hast die Hauptarbeit getan.

### 1) Diagramm der Wurfbahn meiner Videoauswertung:

**Fragen:** Die Antworten können durch **Scannen** im Programm gefunden oder aus dem Diagramm herausgelesen werden !

In welcher Höhe beginnt die Bahn, in welcher Endet sie? Ergebnisse:

Welche Höhe hat der Ball im Scheitelpunkt? Ergebnis:

Miss direkt im Videofenster mit dem **Ruler** (im Kontextmenü Ruler und Trace anklicken) die Entfernung zwischen erstem und letztem Punkt der Wurfbahn. Ergebnis:

**2) Mein P1X(t), P1Y(t)-Diagramm:** inkl. der eingepassten Funktionen, noch ohne v(t)

3) Darstellung der Bahngeschwindigkeit v auf der zweiten vertikalen Achse:

**Behalte die Übersicht ! Wo sind welche Daten gespeichert ?**

Spalte	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Größe	time	P1X	P1Y	Fit of P1X	Fit of P1Y	vx	vy	v
Connection	Clock	P1 - X	P1-Y	mit Analyse	mit Analyse	Formula	Formul a	Formu la
Formel				automatisch	automatisch	Formel vx	Formel vy	Formel v

**Die Formel vx lautet:** Derivative([Fit of P1X]) **diese Formeln werden mit dem „Zauberhut“**

**Die Formel vy lautet:** Derivative([Fit of P1Y]) **geschrieben !**

**Die Formel v lautet:**  $\text{Sqrt}(vx^2+vy^2)$

**Eine passende Skalierung für die zweite vertikale Achse: von 0 bis 10 m/s**

Und hier ist mein Superdiagramm:

## Fragen:

(1) Wo ist die Geschwindigkeit  $v$  des Basketballs am niedrigsten? Wie groß ist sie dort? Kannst Du diese auch als Vektor anschreiben?

Antwort:

(2) Warum muss  $v$  am Anfang der Wurfbewegung größer sein als am Schluss?

Antwort:

**Hinweis:** Anhang D9 ist als Wordfile downloadbar !

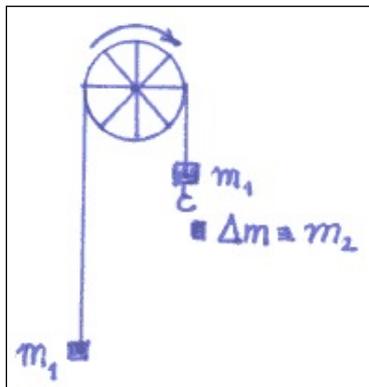
## Anhang E1: Protokoll Bewegungsgleichung

### Bewegungsgleichung – Atwood-Maschine

**Arbeitsteam:** Hans und Gretel

**Ort und Datum der Durchführung:** BG Physiksaal, Mi 1.4.2004

#### Kurzbeschreibung:



Die beiden gleich großen Massen  $m_1$  (z.B. 25 g) sind mit einer Schnur verbunden, welche über eine Rolle verläuft; das System ist im Gleichgewicht, bis rechts eine zusätzliche Masse  $m_2$  (z.B. eine Beilagscheibe von ca. 7 g) angehängt wird.

Dann setzt sich die Gesamtmasse ( $2 \cdot m_1 + m_2$ ) in Bewegung und wird vom Gewicht der Masse  $m_2$  beschleunigt.

Das Rad (Durchmesser 5 cm) beginnt zu rotieren und unterbricht mit seinen 10 Speichen eine dort platzierte

digitale Lichtschranke.

Aus den von der Lichtschranke gezählten Impulsen (steps) wird der Weg als Funktion der Zeit bestimmt.

Beispiel für ein (eher seltenes) *„Event-based measurement“*.

**Material und Tipps:** 1 digitale Lichtschranke mit Rad (Vernier); 2-mal 25 g und 1 Beilagscheibe mit ca. 7 g (größere Massen würden die Lichtschranke eventuell beschädigen); Stativmaterial.

Tipps: 1.) Die Schnurlänge so wählen, dass die eine Masse am Boden ankommt kurz bevor die andere oben bei Rad und Lichtschranke ist.

2.) Lass von der Lichtschranke die Anzahl der Impulse (steps) ermitteln, indem Du das Experiment einmal langsam ablaufen lässt, und stelle dann diese Zahl bei **,number of samples'** in den Messeinstellungen ein.

- Ohne Reibung gilt:  $F = a \cdot (2 \cdot m_1 + m_2) = m_2 \cdot g \rightarrow a = m_2 \cdot g / (2 \cdot m_1 + m_2)$
- Für die aktuelle Fallhöhe gilt:  $h = 2\pi r / 10 \cdot [\text{aktuelle Impulszahl}]$  ( $2r = 5\text{cm}$ )

**1) Meine Messeinstellungen:** bitte die Einheiten nicht vergessen !

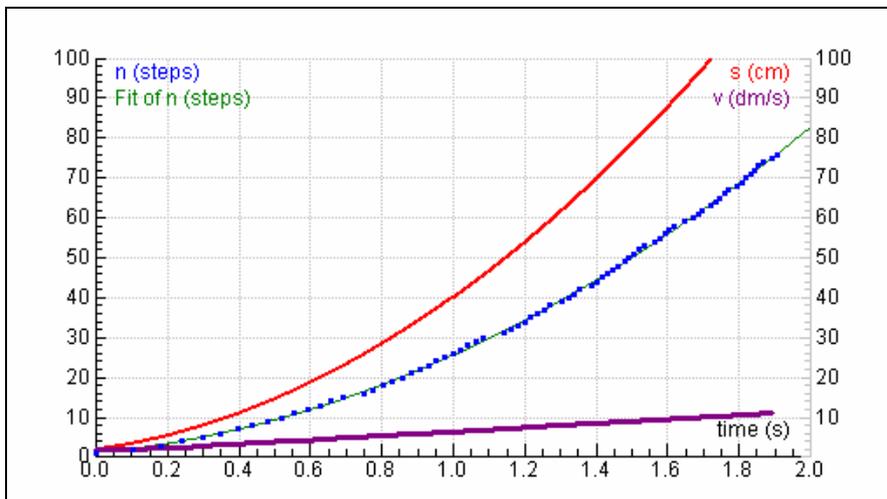
Messzeit: 2 s

Number of samples: 80

**$t = 0$  at the first pulse'** anklicken !

(eine Art Trigger für den Start der Messung)

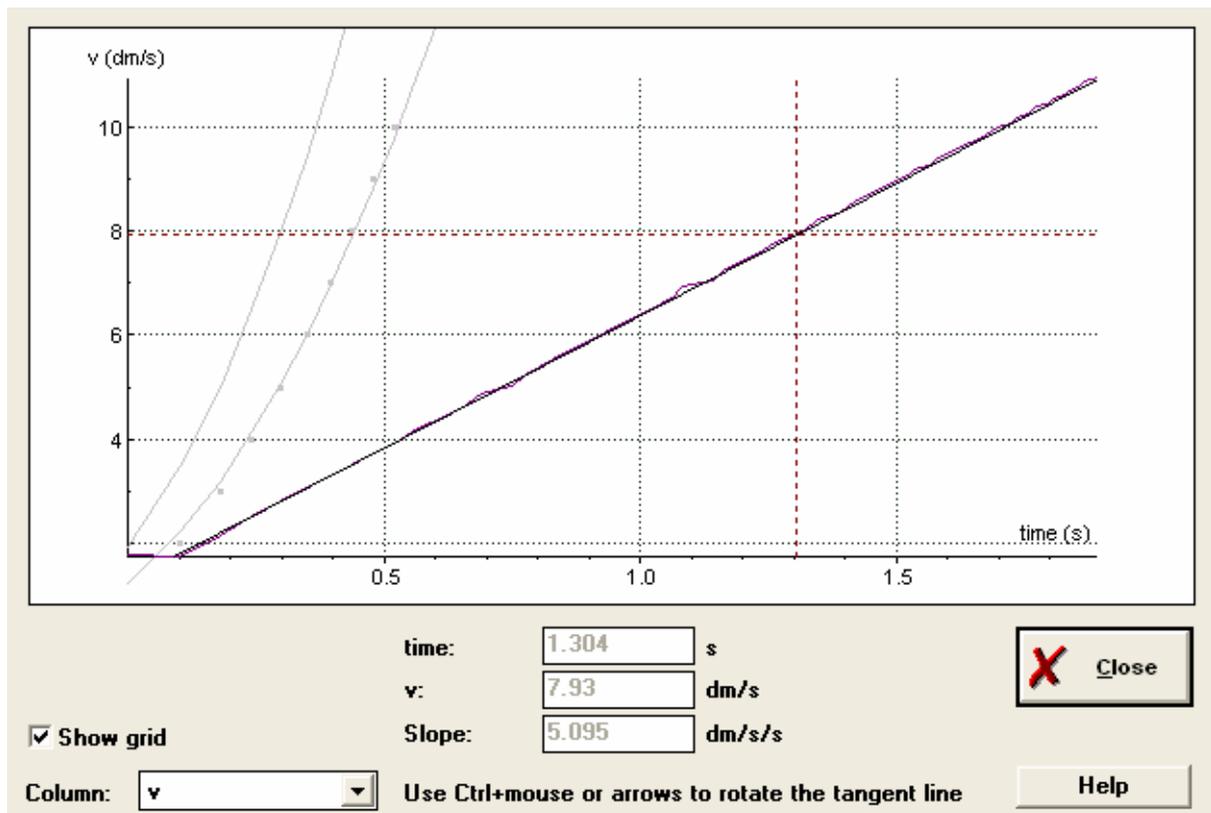
**2) Diagramm unserer Messung und ihrer Auswertung:** (erste vertikale Achse: Steps, Fit of steps; zweite vertikale Achse: Fallhöhe h in cm, v in dm/s)



**3) Bestimmung der Beschleunigung a** als Steigung des v-Graphen mit der *Analyse/Slope*-Option des Diagramm-Kontextmenüs:

Ergebnis der ermittelten Beschleunigung  $a = 5,1 \text{ dm/s}^2 = 0,51 \text{ m/s}^2$

Die Kontrollberechnung der theoretischen Beschleunigung a ohne Reibung nach der oben angeführten Formel ergibt für  $a = 1,19 \text{ m/s}^2$



4) Bild des Versuchsaufbaues (aus dem Coach5- Programm übernehmen)



**Hinweis:** Anhang E1 ist als kompakter formatiertes pdf-File downloadbar !

# Anhang E2: Protokoll Modell Anhalteweg / Bremsweg

## Anhalteweg / Bremsweg – Modeling

**Arbeitsteam:** Hans und Gretel

**Ort und Datum der Durchführung:** BG Physiksaal, 1.4.2004

### Modellbeschreibung:

Ein/e Autolenker/in sieht eine Gefahr, welche sie/ihn zum anhalten zwingt. Wie groß ist der Anhalteweg in Abhängigkeit von der Reaktionszeit  $t_R$ , der Geschwindigkeit  $v$  und der Bremsverzögerung  $a$ ? Speziell interessieren wir uns dafür, wie die Geschwindigkeit  $v$  als Funktion des Weges  $x$  abnimmt!

### Infos und Tipps:

In Fahrschule und Ph-Unterricht lernt man folgende Näherungsformeln: (wann gelten sie ?)

Bremsweg  $B$  in m:  $B = Z^2$

Anhalteweg  $A$  in m:  $A = Z^2(Z+3)$

$Z$  ist die Zehnerzahl der Tachoanzeige.

Ein Beispiel:  $v = 70 \text{ km/h} \rightarrow Z = 7 \rightarrow A = 7^2 \cdot 10 = 70 \text{ m}$

Wegen der schrittweisen Berechnung der relevanten Größen in einem Modell muss man keine Formeln über die gleichmäßig beschleunigte Translation anwenden, sondern es genügt, wenn man die Definitionen von Geschwindigkeit und Beschleunigung kennt und versteht.

**Startwerte:**  $dt=0.01$ ;  $t=0$  oder besser  $t=-dt$ ;  $t_R=1$  (wird variiert);  $v_{\text{kmh}}=100$  (km/h; wird umgerechnet in m/s; wird variiert);  $v=v_{\text{kmh}}/3.6$  (m/s; Umrechnung);  $a=4$  (m/s<sup>2</sup>, wird variiert)

**Programmtipps:** die Anweisungen in der Berechnungsschleife

Zeit $t$ um $dt$ erhöhen		$t \leftarrow t + dt$	
Wenn $t \leq \text{Reaktionszeit}$		$t \leq t_R ?$	
Ja: $v$ bleibt gleich	Nein: $v$ wird kleiner	$v \leftarrow v$	$v \leftarrow v - a \cdot dt$
x-Wert um $dx = v \cdot dt$ erhöhen		$x \leftarrow x + v \cdot dt$	

Das Umschreiben in den Programmcode ist leicht möglich. (if... then ... else ... endif)

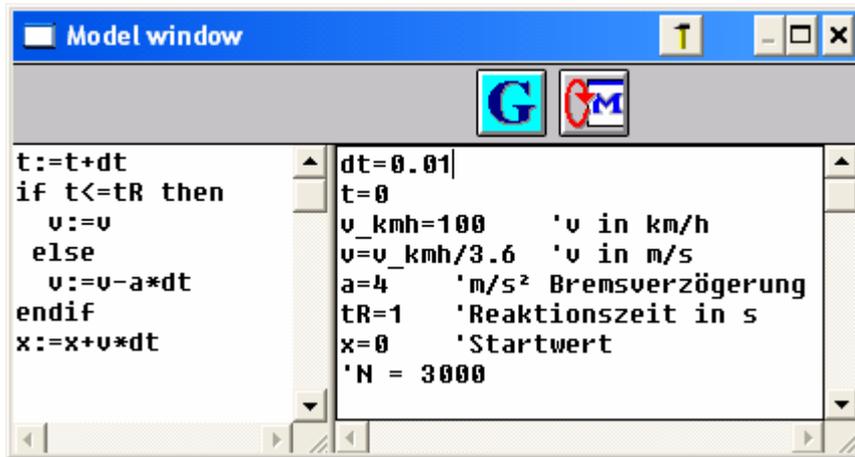
**Diagrammoptionen:** Mache ein **v(t)-Diagramm**: t-Achse: 0-10s; v-Achse: 0 - 40 m/s.

Mache auch ein **v(x)-Diagramm**: x-Achse: 0-200m; v-Achse: 0 - 40 m/s.

Ordne diese Diagramme in den beiden linken BS-Viertel über einander an. Das Modellfenster ist oben rechts. Teste und perfektioniere Modell und Diagramme.

### 1) Mein eigenes Modellfenster zum Projekt „Anhalteweg“:

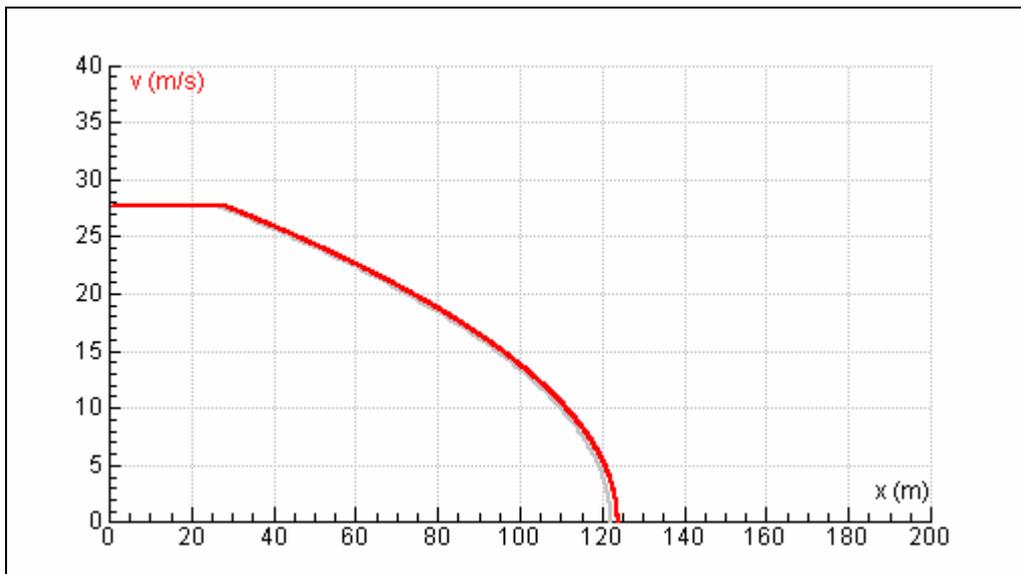
Mit der Tastenkombination <Alt> + <Druck> soll es hier herkopiert werden.



```
t:=t+dt
if t<=tR then
  v:=v
else
  v:=v-a*dt
endif
x:=x+v*dt

dt=0.01
t=0
v_kmh=100 'v in km/h
v=v_kmh/3.6 'v in m/s
a=4 'm/s² Bremsverzögerung
tR=1 'Reaktionszeit in s
x=0 'Startwert
'N = 3000
```

### 2) v(x)-Diagramm des Anhalteweges: $v_{\text{kmh}} = 100 \text{ km/h}$ ; $a = 4 \text{ m/s}^2$ ; $tR = 1 \text{ s}$



**Frage:** Wie lange ist der Anhalteweg? Vergleiche ihn mit dem Wert der Näherungsformel!

Antwort: 123 m; Näherungsformel liefert 130 m.

**Frage:** Löse mit der **Scan-Option** des Diagramm-Kontextmenüs, wie viele m vor dem Stillstand des Fahrzeuges die Geschwindigkeit immer noch halb so groß ist wie vor dem Bremsvorgang ist.

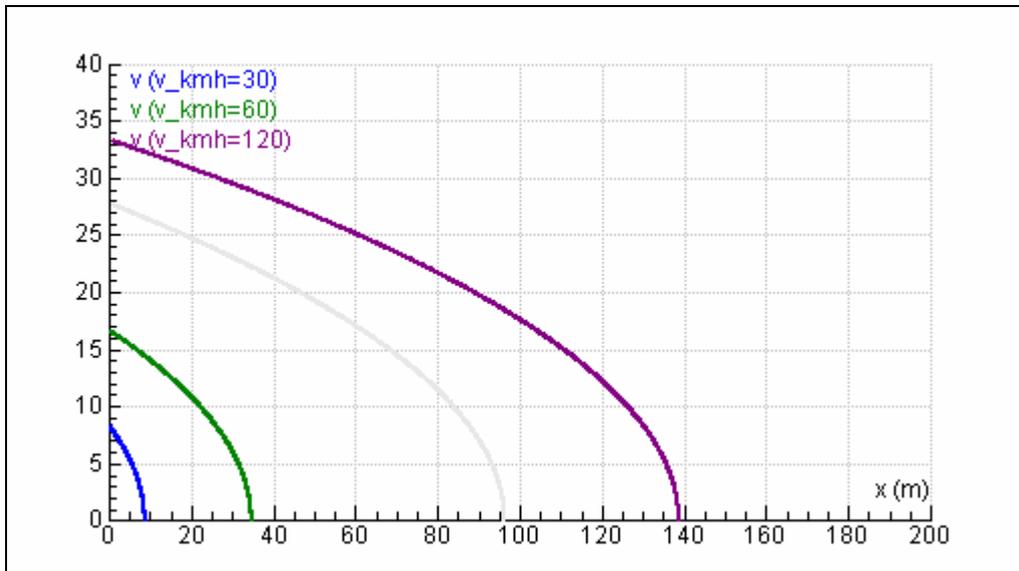
Antwort: 24 m.

### 3) Simuliere den Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf die Bremsweglänge:

Dupliziere die Modell-Aktivität mit **File/Activity/Save as ...** unter „Modell-Bremsweg“ und ändere das Modell so ab, dass der Programmcode nur noch aus den 3 grau

unterlegten Anweisungen besteht. Wähle dann zur Simulation für  $v_{\text{kmh}}$  die Werte 30 km/h, 60 km/h und 120 km/h.

**Füge dieses Simulationsdiagramm hier ein:**

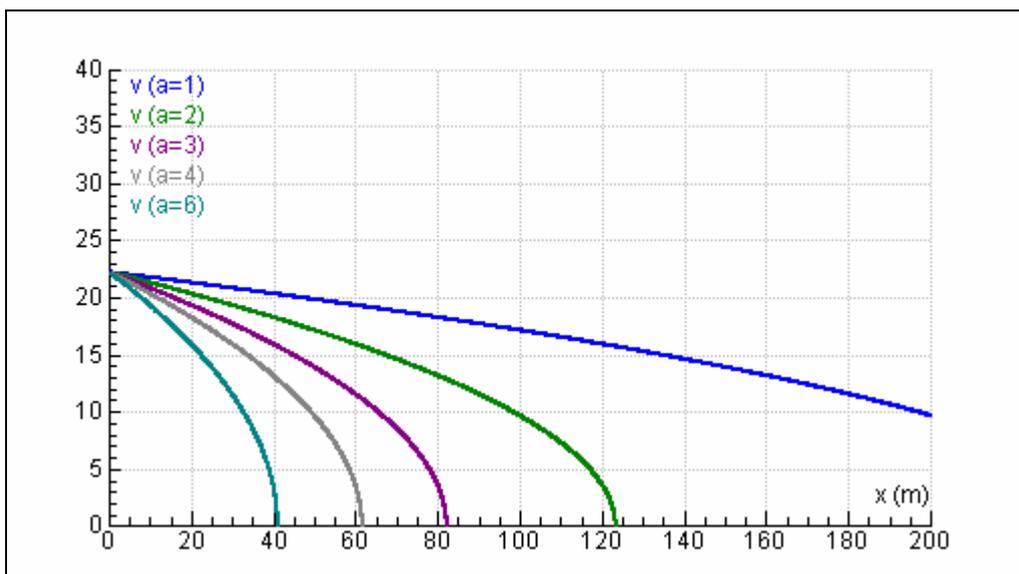


**Frage:** Was passiert mit der Bremsweglänge, wenn man die Geschwindigkeit verdoppelt?

**Antwort:** Bei **Verdoppelung** der Geschwindigkeit **vervierfacht** sich die Länge des Bremsweges.

#### 4) Simulations-Diagramm des Bremsweges bei variablen Bremsverzögerungen:

Wähle dazu bei  $v_{\text{kmh}} = 80$  km/h die  $a$ -Werte 1 m/s<sup>2</sup>, 2 m/s<sup>2</sup>, 3 m/s<sup>2</sup>, 4 m/s<sup>2</sup> und 6 m/s<sup>2</sup>.



**Vervollständige:**

Wenn sich  $a$  verdoppelt, dann **halbiert** sich der Bremsweg.

Wenn  $a$  auf das 1,5-fache (.= 3/2-fache) steigt, dann sinkt der Bremsweg **auf 2/3**.

Bremsweg und Bremsverzögerung sind zu einander **indirekt proportional!**

**Hinweis:** Anhang E2 ist als kompakter formatiertes pdf-File downloadbar !

## Anhang E3: Protokoll Videoclip Basketball-Korbwurf

### Videoclip-Auswertung: Basketballwurf

**Arbeitsteam:** Hans und Gretel

**Ort und Datum der Durchführung:** BG Blumenstraße, Mi 1.4.2004

#### Kurzbeschreibung:

Auf dem Sportplatz des BG Blumenstraße macht Roman einen erfolgreichen Basketballwurf. In der Aktivität Vorlage befindet sich der **Videoclip schon im sog. Videofenster**, die Koordinatenachsen sind gesetzt und schon skaliert (Korbhöhe ist 3,05m) und die interessanten Frames des Clip (34 bis 51) schon ausgewählt. Coach5 weiß, dass 25 Bilder (Frames) pro Sekunde aufgezeichnet sind. Der Zeitabstand von einem Frame zum anderen beträgt somit  $1/25 = 0,04$  Sekunden.

Werte den Clip nun in zwei Diagrammen aus, ein **Wurfbahn-Diagramm** und ein zweites **Diagramm**, in dem **P1X(t)**, **P1Y(t)** auf der ersten vertikalen Achse und - später - **v(t)** auf der zweiten vertikalen Achse angeordnet sind.

#### Infos und Tipps:

In beiden Diagrammen sollen die eigentlichen **Messdaten** nicht als Linien sondern **als Punkte oder Kreuze** aufgezeichnet werden. Danach werden jeweils mit **Analyse/Function-Fit** mathematische Funktionen in diese Messdaten eingepasst: für die Wurfbahn und für P1Y eine Parabel 2.Ordnung und für P1X eine Gerade.

**Wurfbahn-Diagramm:** sowohl **show grid** als auch **keep the same ratio** anwählen;

horizontale Achse: P1X, von 0-6 m, vertikale Achse: P1Y, von 0 bis 4,5 m; Fit of P1Y erzeugen;

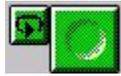
**P1X(t),P1Y(t),v(t)-Diagramm:** nur **show grid** anwählen.

Horizontale Achse: t-Achse: 0 – 1,2 s (für das erste selektierte Frame wurde  $t = 0$  eingestellt)

Erste vertikale Achse: P1X und P1Y; Skalierung: 0 – 6 m; nur Punkte oder Kreuze zeichnen; auf dieser Achse soll nach der eigentlichen Messung dann auch Fit of P1X und Fit of P1Y dargestellt werden.

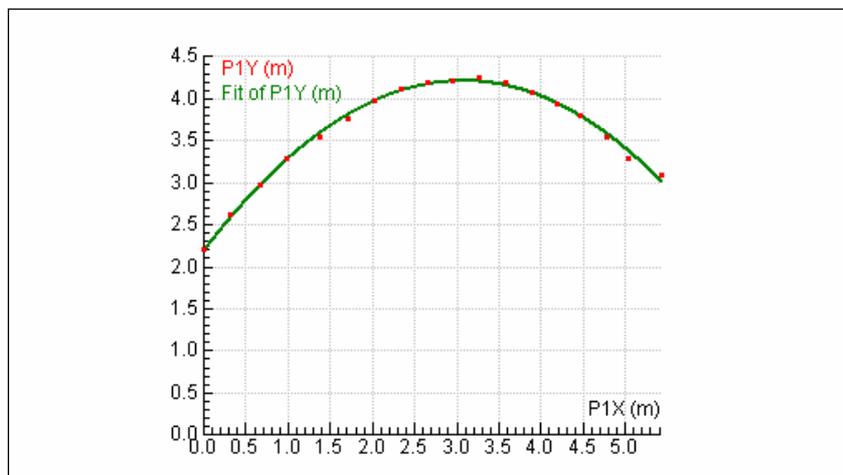
**Eigentliche Auswertung des Videoclips:** Diese kann jetzt nach diesen Vorbereitungen erfolgen. Grünen Startknopf anklicken; der Cursor verwandelt sich in

ein „Malteserkreuz“, mit dem der Ball in den einzelnen Frames angeklickt werden muss. Volle Konzentration ist nötig. Eventuell auf ganzer Bildschirm schalten. Der erste Klick sollte noch auf der y-Achse sein, es erscheint dann das zweite Frame (in dem der Ball leider schlecht sichtbar an der Kante des Hauses ist), beim nächsten Klick erscheint das nächste Frame, usw. Gleichzeitig zeichnet Coach5 die Daten in die beiden Diagramme. Nach dem letzten selektierten Frame des Clips verschwindet das „Malteserkreuz“ wieder und der Startbutton wechselt von rot wieder auf grün.



Mit dem kleinen grünen Knopf kann das ganze Prozedere der „Diagrammentstehung“ nochmals betrachtet werden. Den großen Startknopf drückt man nur dann noch einmal, wenn man die Daten neu (besser ?) aufnehmen will. Passe nun wie oben beschrieben die mathematischen Funktionen ein und Du hast die Hauptarbeit getan.

### 1) Diagramm der Wurfbahn meiner Videoauswertung:



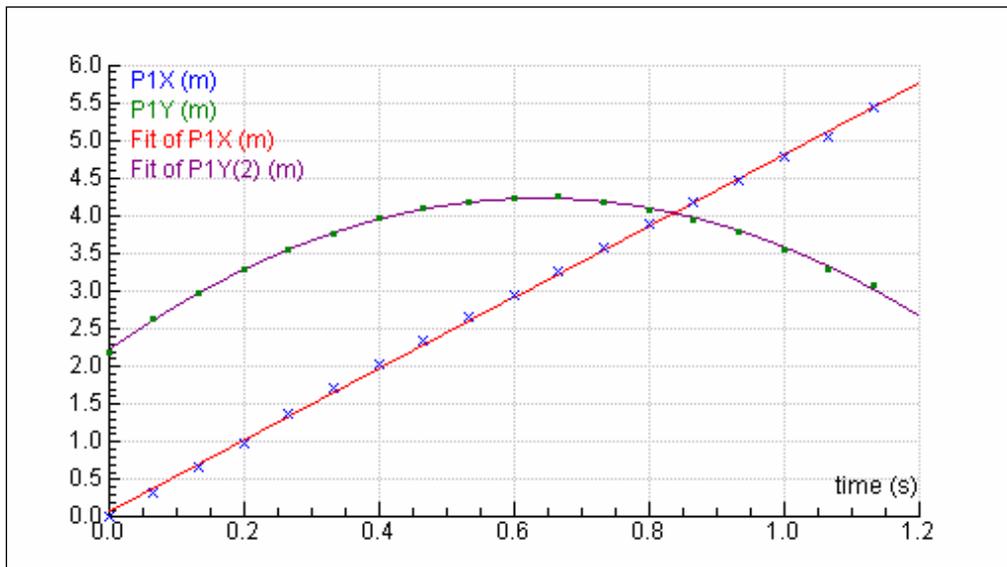
**Fragen:** Die Antworten können durch **Scannen** im Programm gefunden oder aus dem Diagramm herausgelesen werden!

In welcher Höhe beginnt die Bahn, in welcher endet sie? Ergebnisse: **2,20 m; 3,09 m.**

Welche Höhe hat der Ball im Scheitelpunkt? Ergebnis: **4,26 m**

Miss direkt im Videofenster mit dem **Ruler** (im Kontextmenü Ruler und Trace anklicken) die kürzeste Entfernung zwischen erstem und letztem Punkt der Wurfbahn. Ergebnis: **5,58 m**

**2) Mein P1X(t), P1Y(t)-Diagramm:** inkl. der eingepassten Funktionen, noch ohne  $v(t)$



### 3) Darstellung der Bahngeschwindigkeit $v$ auf der zweiten vertikalen Achse:

Behalte die Übersicht ! Wo sind welche Daten gespeichert ?

Spalte	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Größe	time	P1X	P1Y	Fit of P1X	Fit of P1Y	vx	vy	v
Connection	Clock	P1 - X	P1-Y	mit Analyse Function fit	mit Analyse Function fit	Formel	Formel	Formel
Formel				automatisch	automatisch	Formel vx	Formel vy	Formel v

Diese folgenden Formeln werden mit dem „Zauberhut“ geschrieben !

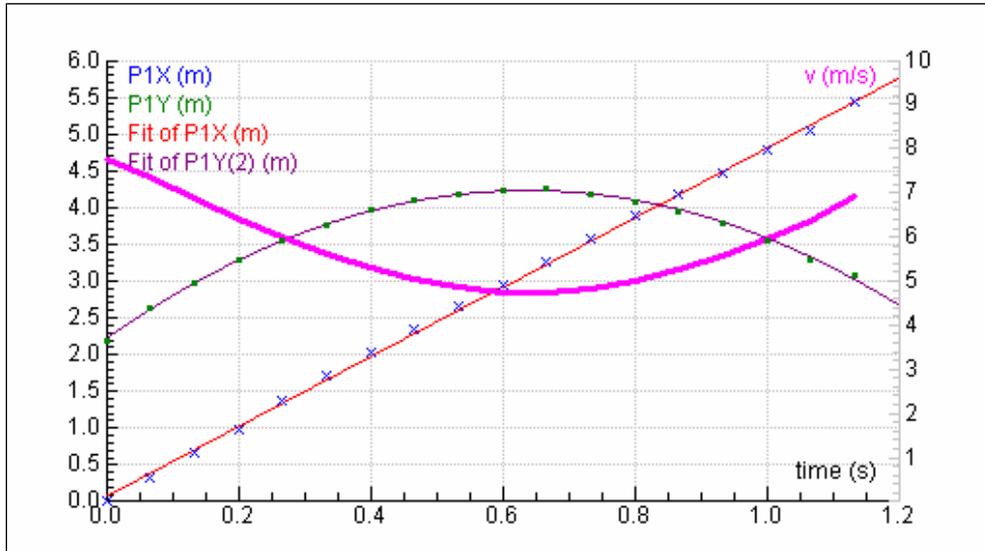
**Die Formel vx lautet:**  $\text{Derivative}([\text{Fit of P1X}])$

**Die Formel vy lautet:**  $\text{Derivative}([\text{Fit of P1Y}])$

**Die Formel v lautet:**  $\text{Sqrt}(vx^2+vy^2)$

**Eine passende Skalierung für die zweite vertikale Achse:** von 0 bis 10 m/s

Und hier ist mein Superdiagramm:



**Fragen:**

(1) Wo ist die Geschwindigkeit  $v$  des Basketballs am niedrigsten? Wie groß ist sie dort? Kannst Du diese auch als Vektor anschreiben?

Antwort: am höchsten Punkt der Wurfbahn;  $v = 4,74 \text{ m/s}$ ;  $v = (4,75 / 0)$   $v_y$  ist dort nämlich 0.

2) Warum muss  $v$  am Anfang der Wurfbewegung größer sein als am Schluss?

Antwort: der Ball muss bis zum Korb aufsteigen und braucht dazu zusätzliche kinetische Energie; die Luftreibung muss ebenfalls überwunden werden.

