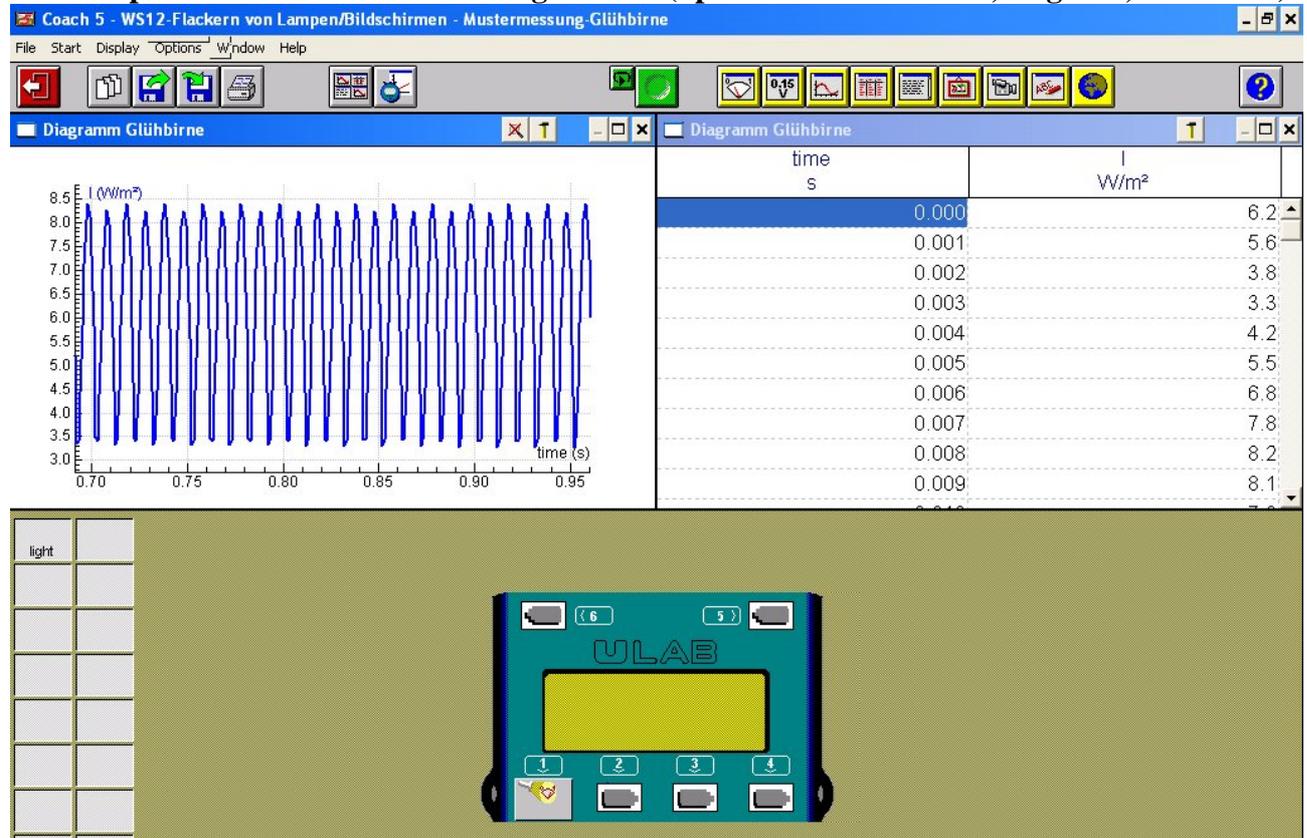


## Experimentieren – Messen – Auswerten

**Ausrüstung:** PC; Coach5-Programm von CMA in Amsterdam ([www.cma.science.uva.nl](http://www.cma.science.uva.nl));  
**Messensoren** 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  $t = 2$  s; Messfrequenz:  $f = 1000$  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.

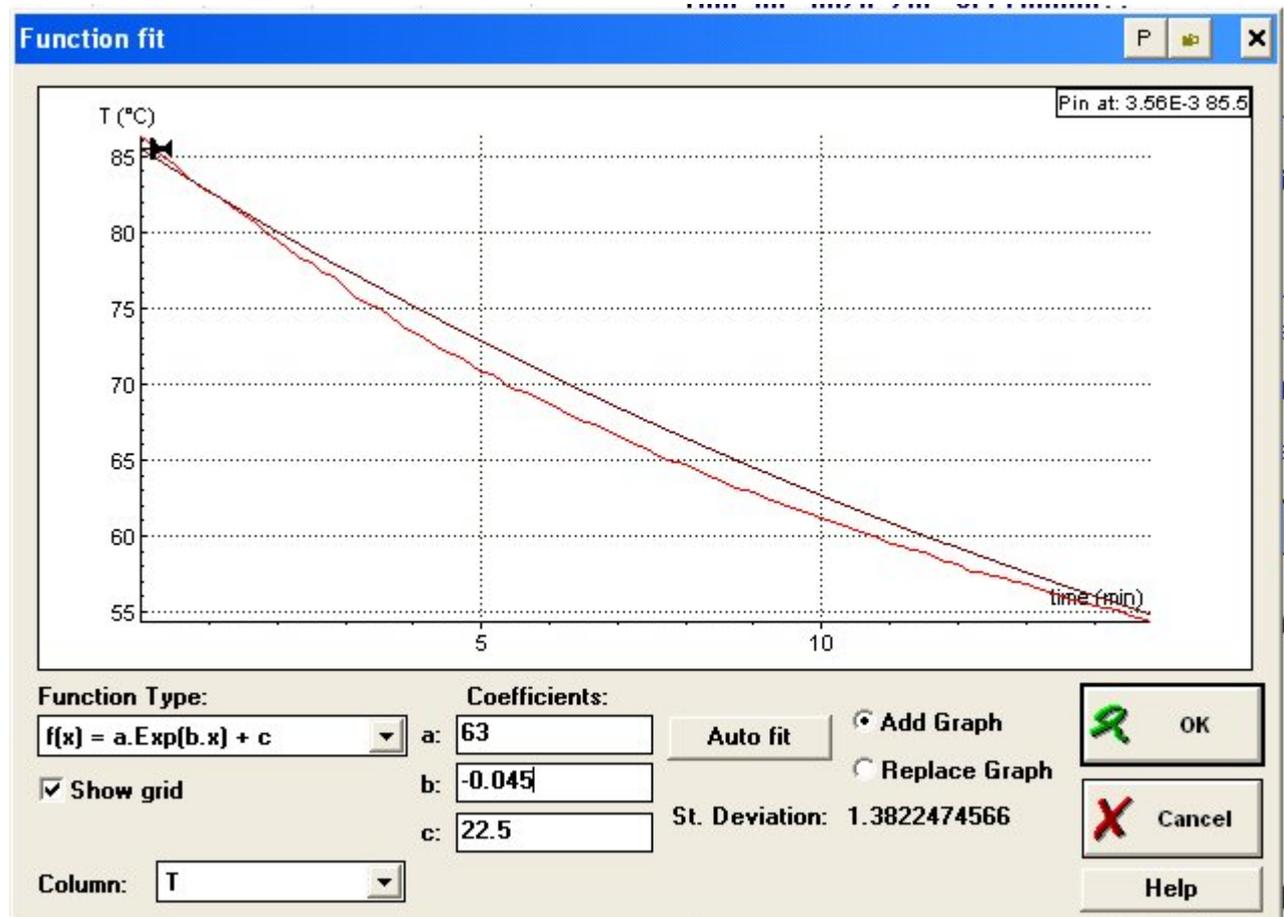
**Material und Sensoren:** „normaler“ Temperatursensor (es gibt auch ein Thermoelementsensoren etwa zur Bestimmung von Temperaturen von Flammen); 200 ml heißes Wasser in einem Becherglas.

**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.

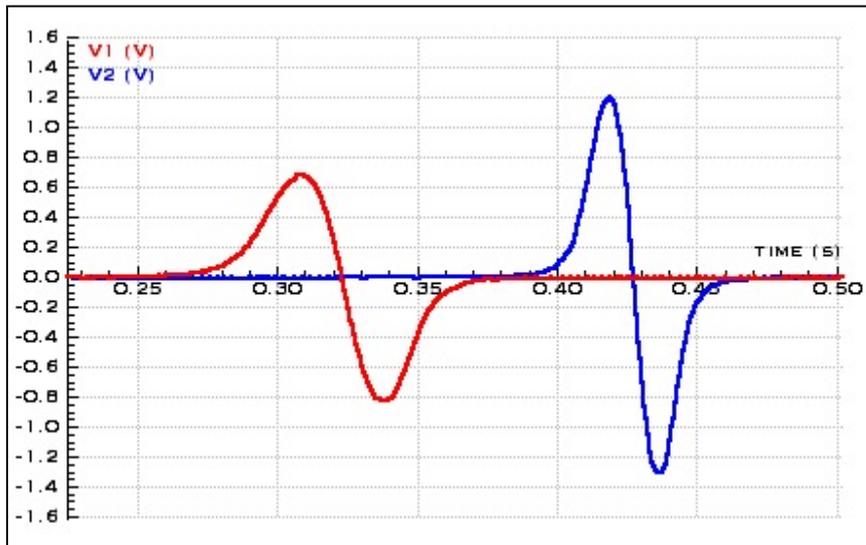
### 3. Elektromagnet. Induktion – Ein Magnet fällt senkrecht durch eine / zwei Spule / n

Dabei werden in beiden Spulen je zwei Spannungstöße (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**.

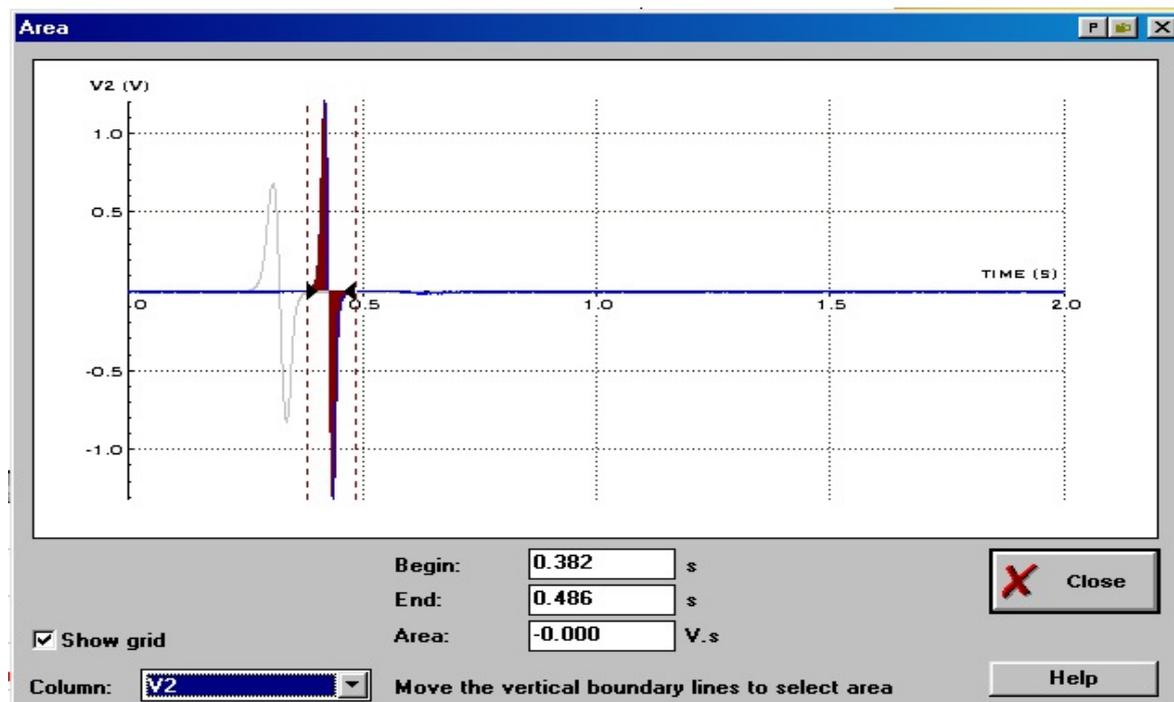
**Messeinstellungen:** Messzeit:  $t = 2\text{s}$  Messfrequenz:  $f = 1000\text{ Hz}$



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

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

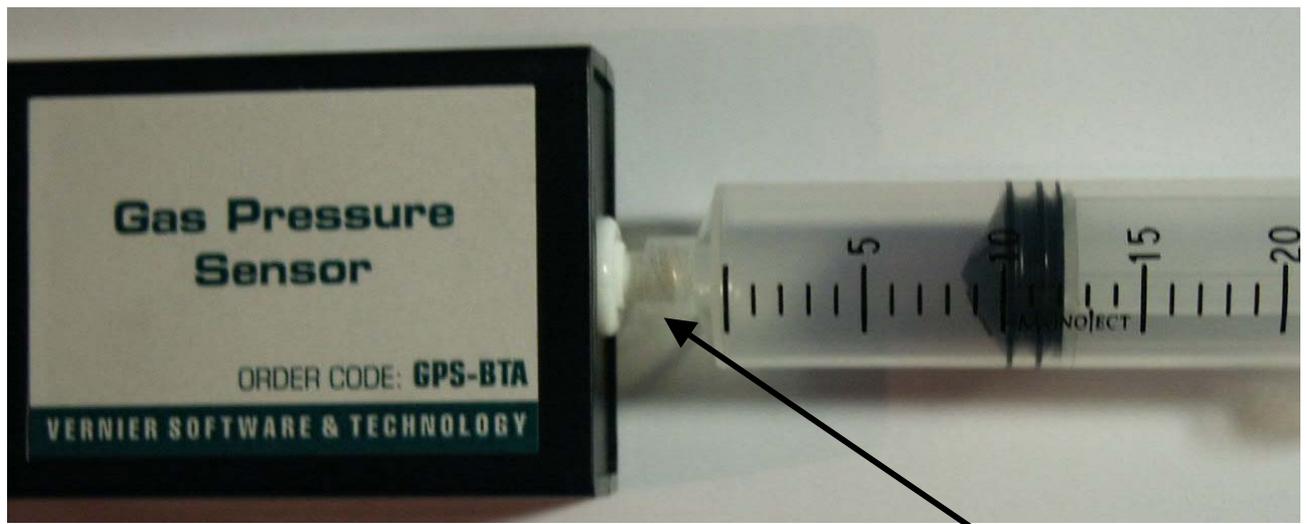
Diagramm-Kontextmenü: **Analyse / Area** → die numerische Integration der beiden entgegengesetzten Spannungstöße der selben Spule sollte bekanntlich (exakt) Null sein !



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\*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:



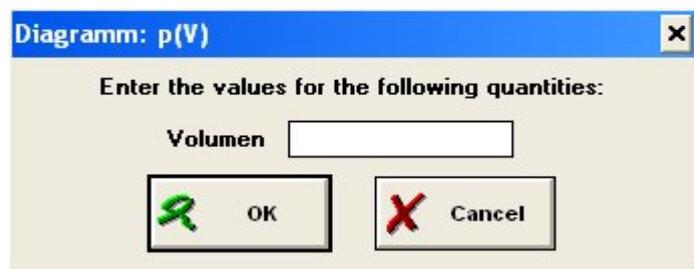
wird bei manueller Eingab

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



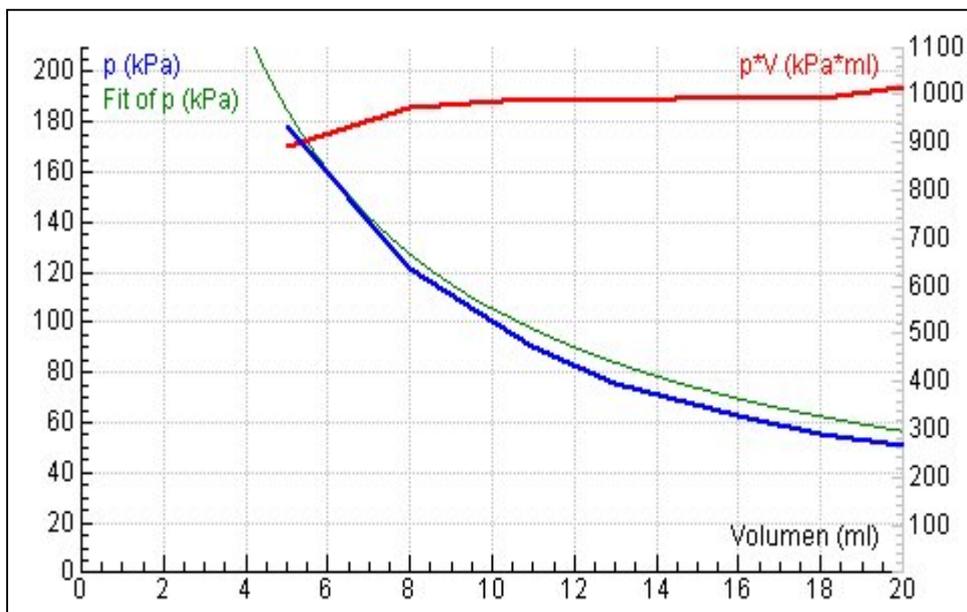
grün

rot



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.

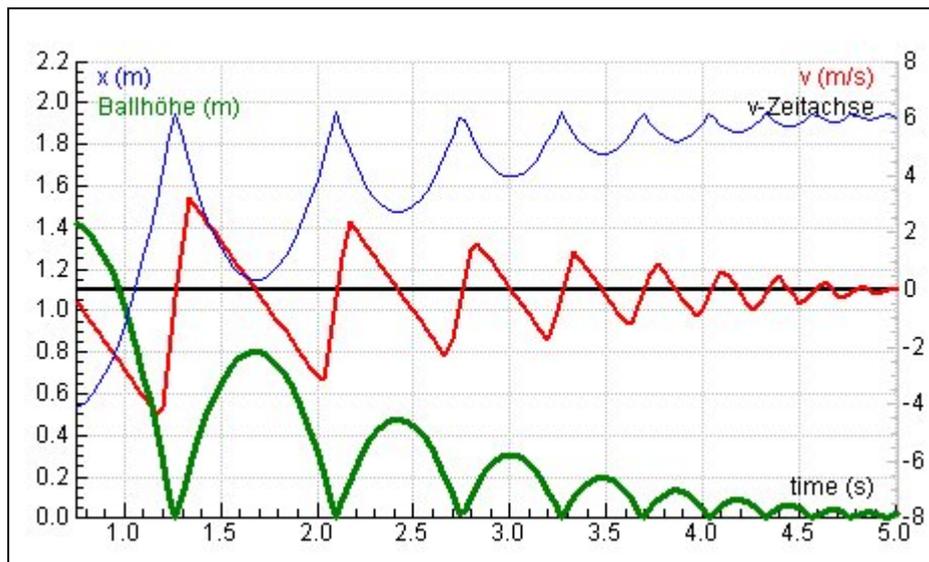
### 5. Der hüpfende Basketball - Beispiel für den Einsatz des Ultraschall-Entfernungsmessers

**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 hüpft 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.

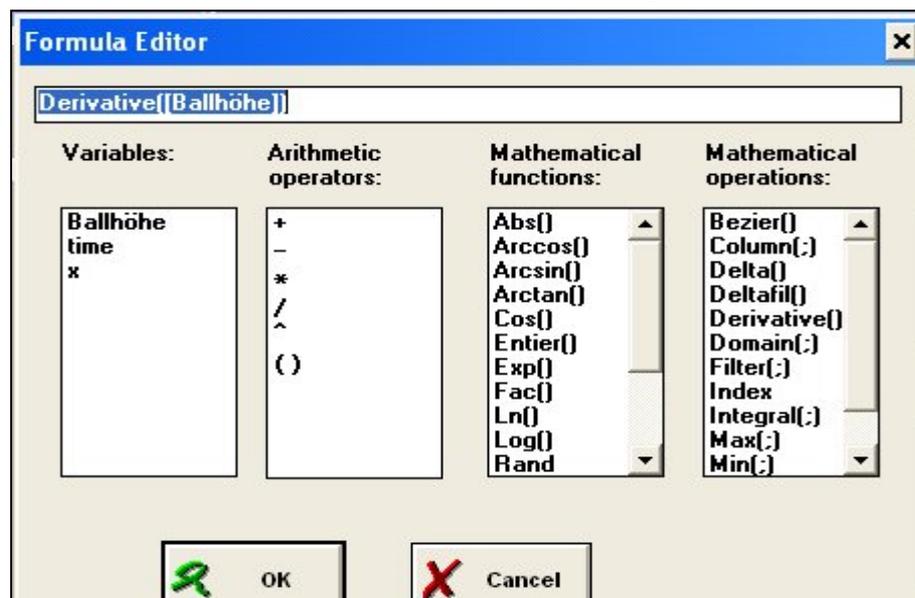
**Activity options:** time-based measurement, oneline-Messung.

**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.

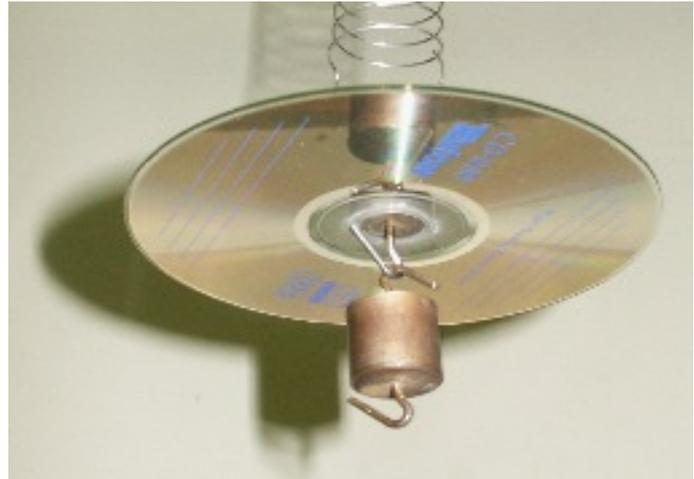
Die Beschleunigungen wollen wir an interessanten Stellen des Diagrammes bzw der Bewegung dadurch ermitteln, indem wir in der Diagramm-Kontextmenü-Option **Analyse** die Option **Slope** (= Steigung) anwählen. Die Beschleunigung a ist bekanntlich im v-t-Diagramm die Steigung !

## 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.



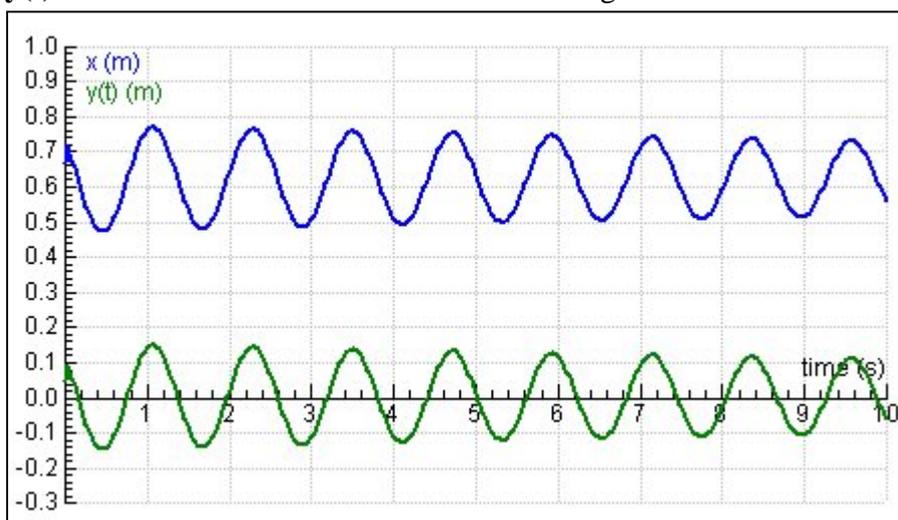
**Material und Sensoren:** Ultraschallsensor; Schraubenfeder, 2 Massenstücke (1x mit angeklebter CD); besonders spannend wird es, wenn man gleichzeitig auch einen Kraftsensor einsetzt.

**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 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.