

## Autorenteam der T<sup>3</sup>-Fachgruppe Physik

# Anleitungen zur Datenerfassung und Auswertung mithilfe der TI-Nspire™ Technologie (Betriebssystem TI-Nspire™ 3.x)

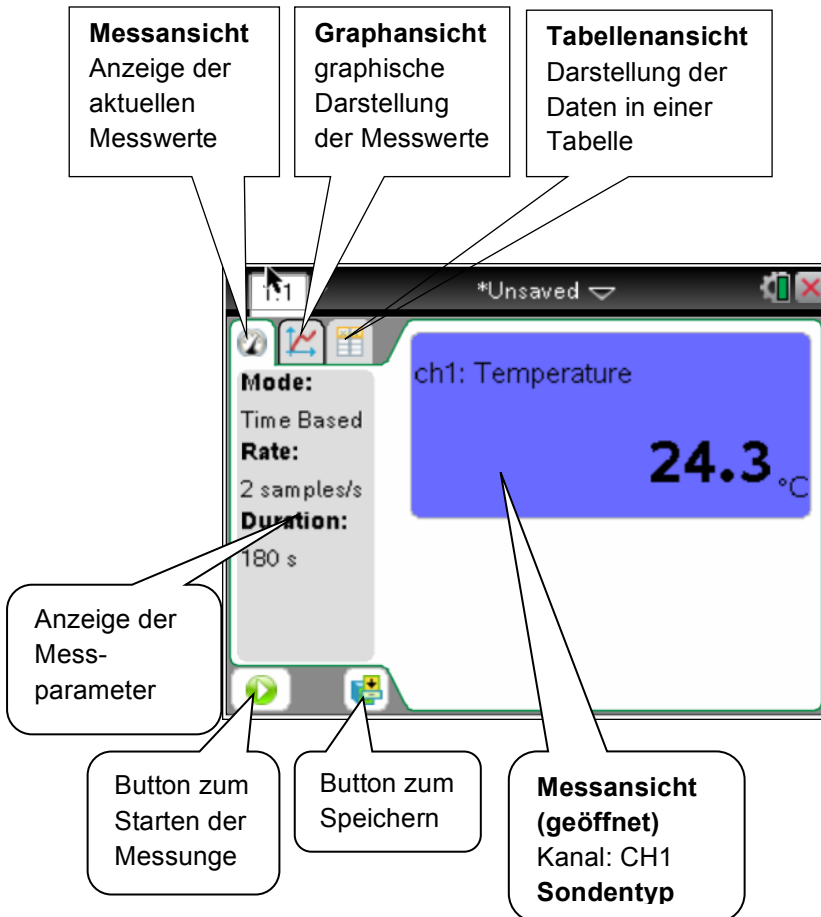
Herausgeber Dr. Karl-Heinz Keunecke und Mirco Tewes

## Inhalt

A1. Datenerfassung mit der TI-Nspire™ Technologie .....	2	A9. Messwerte in anderen Applikationen bearbeiten .....	12
Erste Messung .....	3	(Calculator, Graphs, Lists & Spreadsheet, Data & Statistics)	
A2. Zeitabhängige Messungen .....	4	A10. Daten durch eine Ausgleichsfunktion beschreiben .....	13
A3. Einzelmessungen mit Eingabe .....	5	A11. Daten durch selbstgewählte Funktionen modellieren .....	14
A4. Messungen durchführen, speichern und wiederholen .....	6	A12. Fernerfassung .....	15
A5. Unterschiedliche graphische Darstellungen .....	7	A13. Messwerte aus Graphen ablesen und tabellieren .....	16
A6. Teil des Messintervalls darstellen .....	9	(Applikationen Graphs und Lists & Spreadsheet)	
A7. Triggern .....	10	A14. Geschwindigkeiten dynamisch berechnen .....	18
A8. Einstellungen für Sensoren ändern .....	11	(Applikation Graphs)	
		A15. Modellieren mit Schiebereglern (Applikation Graphs) .....	19
		A16. Numerisch integrieren und differenzieren .....	20
		(Applikation Lists & Spreadsheet)	

### Messwernerfassung mit DataQuest

Dieser Bildschirm erscheint, sowie eine Sonde angeschlossen ist.



### Einkanalmessung

#### 1. Datenerfassung mit TI-Nspire™ CX (Abfragerate bis 0,02 s)

Der Ultraschallsensor CBR 2 oder die Temperatursonde können direkt über USB angeschlossen werden.



#### 2. Datenerfassung mit TI-Nspire™ CX (Abfragerate bis 0,02 s)

Über den Adapter EasyLink können viele der Vernier-Messsonden angeschlossen werden.



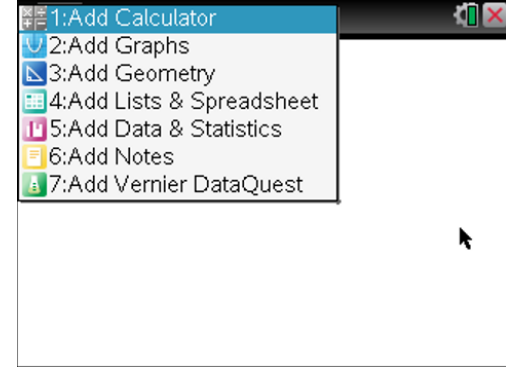
### Mehrkanalmessung

#### Datenerfassung mit Lab Cradle und TI-Nspire™ CX (Universelle Messwernerfassung mit 12 Bit Genauigkeit und einer Abfragerate bis 10<sup>-5</sup> s)

An das Lab Cradle können bis zu drei analoge und zwei digitale (z. B. CBR 2) Sonden angeschlossen werden. Das Lab Cradle erkennt sämtliche Vernier-Sonden automatisch und gibt für jede Messsonde Standardwerte als Messparameter vor. (Z. B. links in der „Anzeige der Messparameter“)

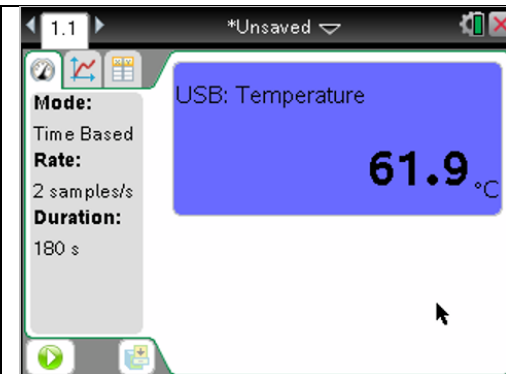


**1**



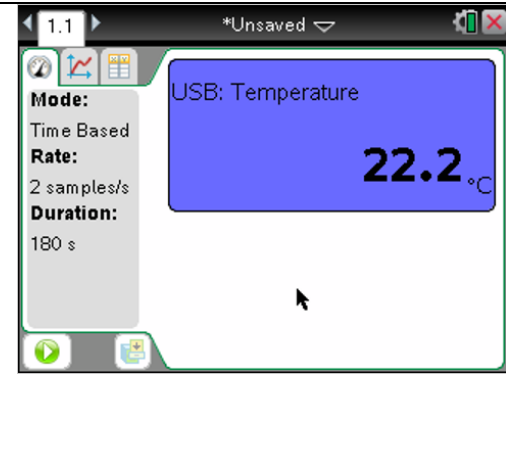
Dieser Bildschirm erscheint, wenn mit einem neuen Dokument begonnen wird. Um die Datenerfassung aufzurufen, ist es am einfachsten, eine Messsonde mit dem Taschencomputer oder mit dem Lab Cradle zu verbinden.

**3**



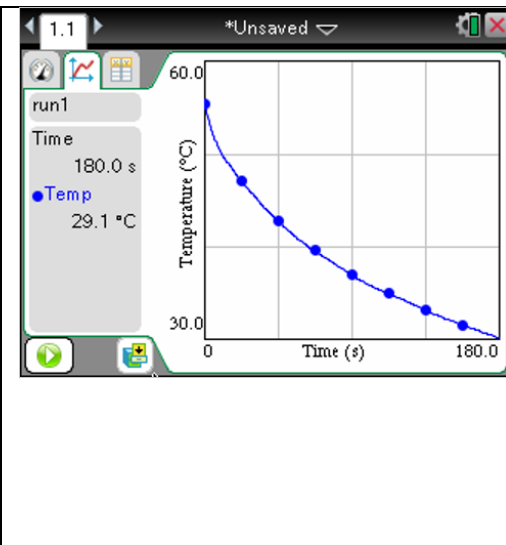
Die Sonde wird in heißes Wasser getaucht, wieder herausgenommen, trocken gewischt und auf den Tisch gelegt. Anschließend startet man die Messung durch Anklicken des Startbuttons.

**2**



Dann wird die Messsonde (Temperatur) automatisch erkannt und der aktuelle Messwert angezeigt. Gleichzeitig werden für eine Temperaturmessung eine Messdauer von 180 s und eine Messrate von 2 Messungen pro Sekunde vorgegeben (s. linkes Feld).

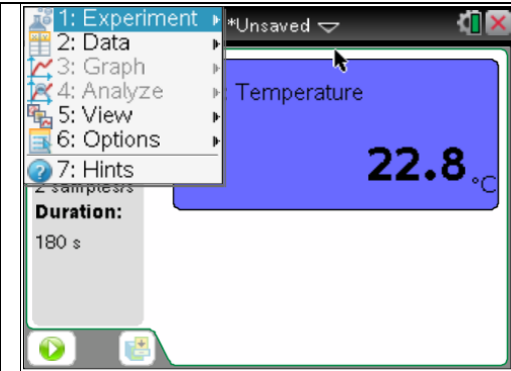
**4**



Nach 180 s ist die Messung beendet. Dann werden die Messwerte in Abhängigkeit von der Zeit angezeigt. Klickt man auf den Speicherbutton, so werden sie unter *run1* (*run1.time* und *run1.temperature*) gespeichert.

Hinweis: Die Punkte im Graphen sind Marker.

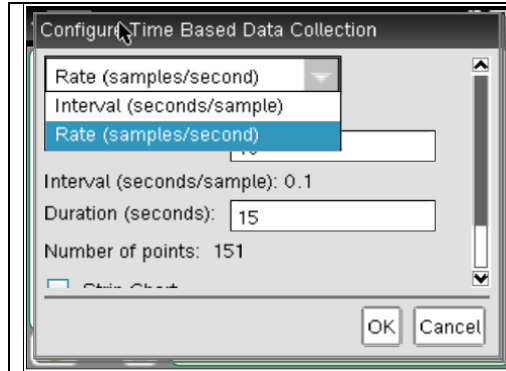
**1**



Nach dem Start der Applikation DataQuest™ und dem Anschließen des Sensors wird automatisch der aktuelle Messwert angezeigt. Die voreingestellten Messparameter können verändert werden.

**menu** 1:Experiment

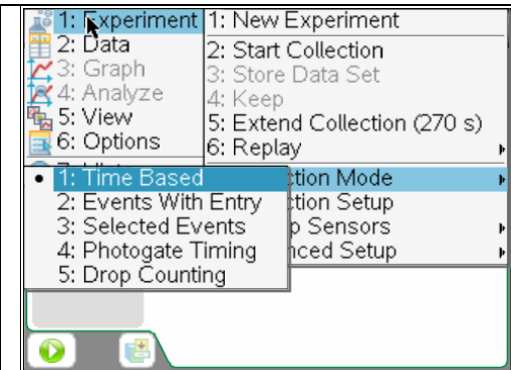
**4**



**Messzeit einstellen**

Nach der Angabe von **Duration in seconds** (Dauer in Sekunden) wird die **Number of points** (Anzahl der Punkte) automatisch ermittelt. Die Einstellungen werden mit **OK** beendet.

**2**

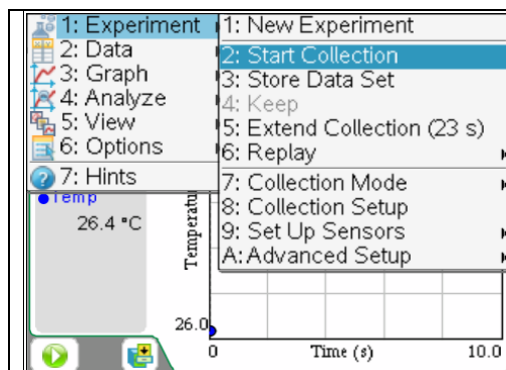


**Modus für Datenerfassung wählen**

Für eine **zeitbasierte** Messung wählt man:


**7:Collection Mode** (Erfassungsmodus),  
**1:Time Based** (Zeitbasiert).

**5**

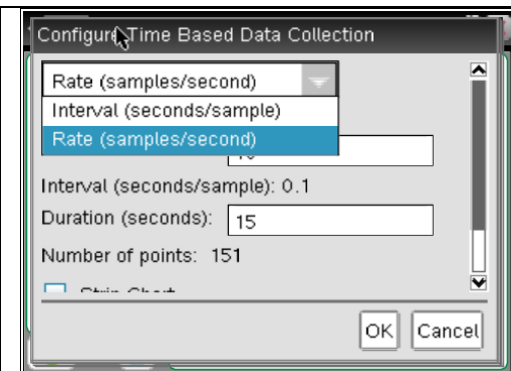


**Starten der Datenerfassung**

**1:Experiment**,  
**2:Start Collection** (Erfassung starten)

oder durch Klicken auf das Symbol 

**3**



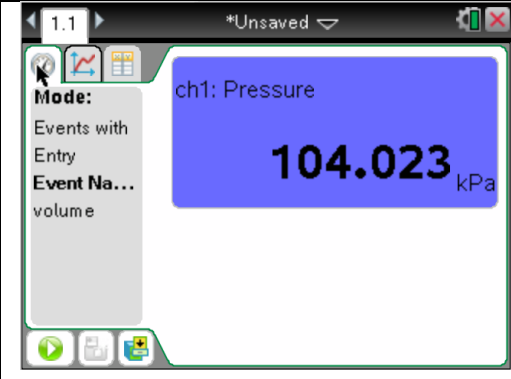
**Abtastrate einstellen**

Es gibt zwei Varianten:

**Rate** in **samples/second** (Geschwindigkeit in Stichproben je Sekunde) oder

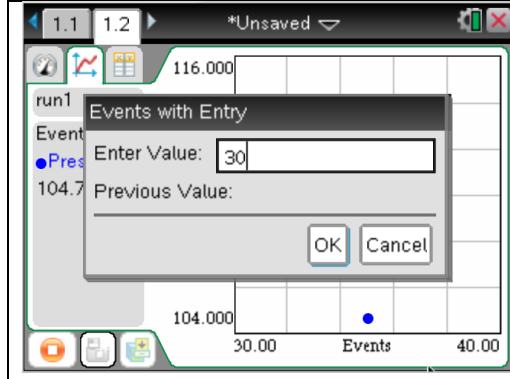
**Interval** in **seconds/sample** (Intervall in Sekunden pro Stichprobe).



**1**



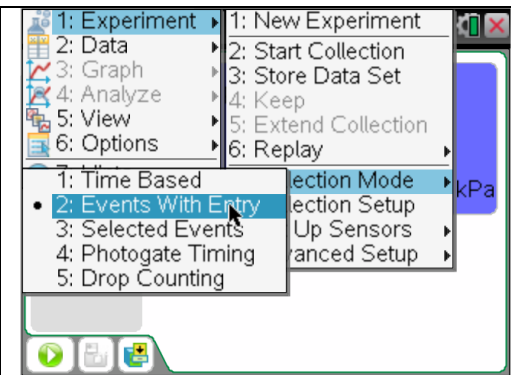
Eine Sonde (Druck) ist angeschlossen worden. Es soll zu einzelnen Messungen ein zweiter Wert (Volumen) von Hand eingegeben, gespeichert und graphisch dargestellt werden.

**4**



Nach Klicken auf den Startbutton  ist die erste Messung durchzuführen. Erst dann wird nach Klicken auf  der Wert der manuell ermittelten Größe (volume) eingegeben. Nach **OK** ist das Wertepaar (volume, Druck) gespeichert und

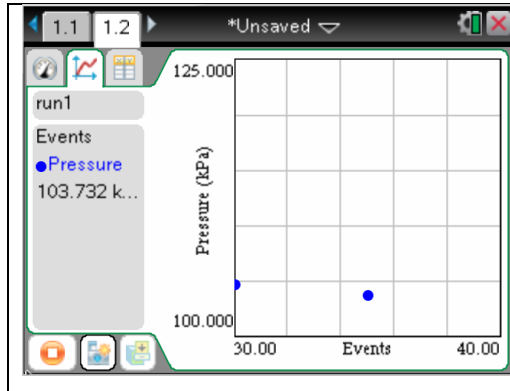
**2**




**Events with Entry:**  
(Einzelmessungen mit zusätzlicher Eingabe)

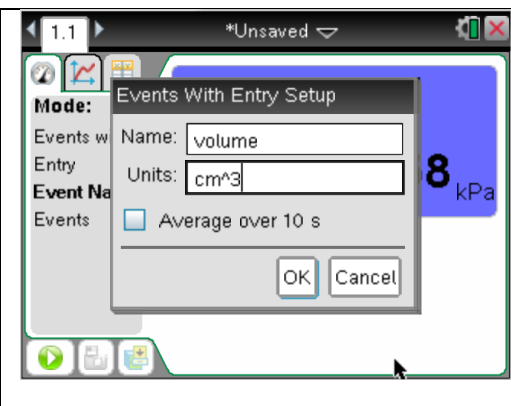
**1: Experiment, 7: Collection Mode**  
(Erfassungsmodus)  
**2: Events with Entry**  
(Ereignisse mit Eingabe)

**5**



graphisch dargestellt. Der Messpunkt ist am linken Rand zu sehen. Der zweite Punkt ist nicht fixiert. Er gibt den aktuellen Druck wieder. Nun wird die nächste Messung durchgeführt. Die Eingabe und Speicherung erfolgt wie in 4 nach Klicken auf .

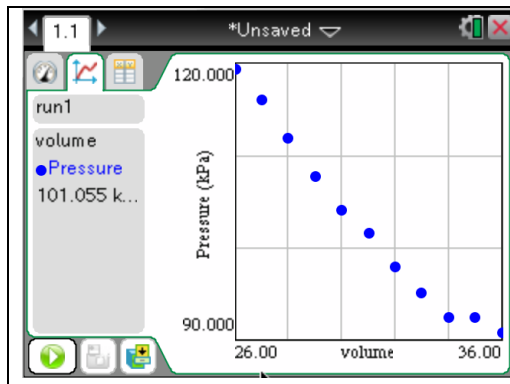
**3**



**Angabe zu den Eingabewerten:**

Der Name und die Einheit der einzugebenden Größe (**volume, cm<sup>3</sup>**) sind einzutragen und die Eingabe durch **OK** abzuschließen.

**6**



Auf diese Weise werden alle gewünschten Messungen durchgeführt. Die Größe des Bildschirmfensters passt sich dabei automatisch den Daten an. Die Messung wird beendet durch Klicken auf den roten Start-/Stoppsbutton (s. 5).

**1**

Nach Anschluss eines Sensors öffnet sich die DataQuest™- Applikation.

Es werden der aktuelle Messwert und die für den Sensor voreingestellten Messparameter angezeigt.

**4**

**Messung speichern**

Nach Klicken auf **Store latest Data Set** (Aktuellsten Datensatz speichern) werden die letzten Messwerte gespeichert. (Betätigt man dagegen nur die Starttaste, so werden die zuvor aufgenommenen Daten überschrieben.)

**2**

**Anzeige der Messung als Graph oder in einer Tabelle**

**5:View** (Ansicht), **2:Graph** oder **3:Table** (Tabelle)

**5**

Betätigt man nun die Starttaste, so werden die neuen Messungen graphisch dargestellt und als ein neuer Datensatz runx gespeichert.

**3**

**Starten der Messung:**

**1:Experiment**, **2:Start Collection** (Erfassung starten) oder Klicken auf das Symbol . Die Messwerte liegen anschließend als **run1** vor.

**6**

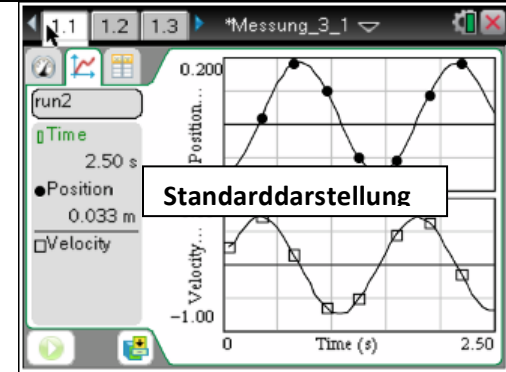
**Ausgewählte Messungen anzeigen**

**3:Graph**, **5: Select Data Set** (Datensatz auswählen)

Im sich dann öffnenden Menü werden alle vorhandenen Messungen (Runs) angezeigt.



1

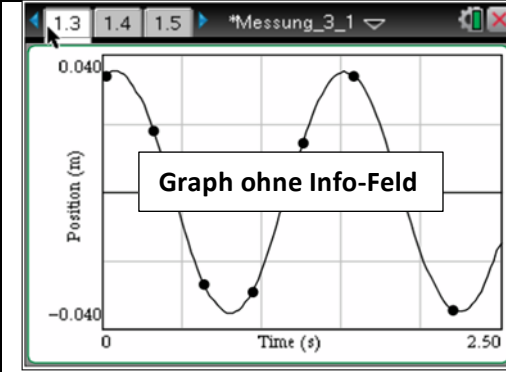


Die Bewegung eines Pendelkörpers ist mit einem Ultraschallsensor aufgezeichnet worden.

In der Standarddarstellung sind die Messpunkte miteinander verbunden und durch Marker gekennzeichnet.

**Standarddarstellung**

4

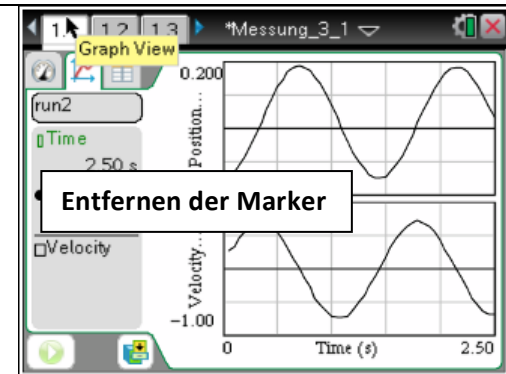


Messdetails (graues Feld) ausblenden:

**6:Options** (Optionen),  
**6:Hide Details** (Details ausblenden)  
 Auf entsprechendem Wege kann man sie wieder einblenden.

**Graph ohne Info-Feld**

2

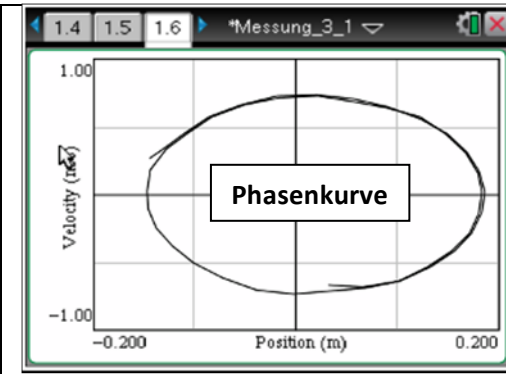


Entfernen der Marker:

**6:Options** (Optionen),  
**1: Point Options** (Punktoptionen)  
 Im folgenden Dialogfeld ersetzt man **Regional** (Bereichsspezifisch) durch **None** (Keiner) und bestätigt mit **OK**.

**Entfernen der Marker**

5

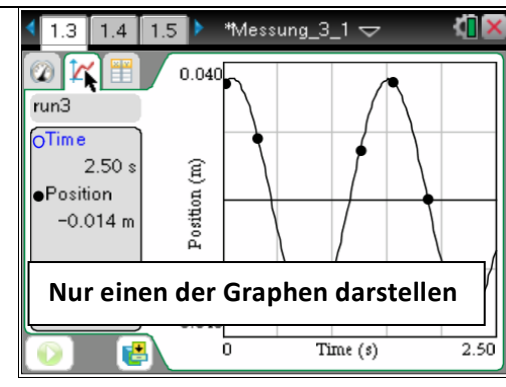


Phasendiagramm:

**3:Graph**,  
**3: Select X-Axis Column** (Spalte für x-Achse aussuchen),  
**2:Position**,  
**4: Select Y-Axis Column** (Spalte für y-Achse aussuchen),  
**3:Velocity**

**Phasenkurve**

3

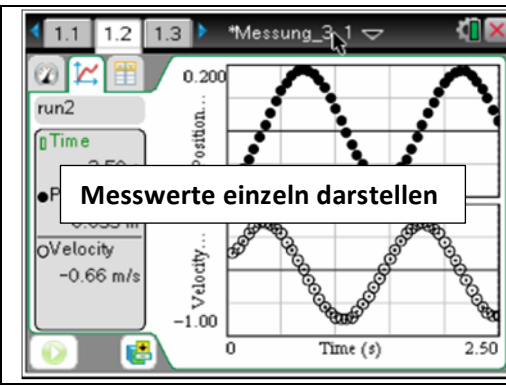


Nur einen der Graphen darstellen:

**3: Graph**,  
**1: Show Graph** (Graph anzeigen)  
 Im Untermenü dann den gewünschten Graphen auswählen

**Nur einen der Graphen darstellen**

6

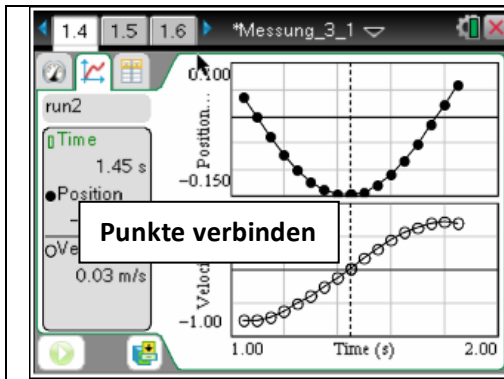


Werte einzeln darstellen:

**6:Options**,  
**1: Point Options** (Punktoptionen),  
**Mark: All** (Markieren: Alles),  
**Connect Data Points** (Datenpunkte verbinden) deaktivieren

**Messwerte einzeln darstellen**

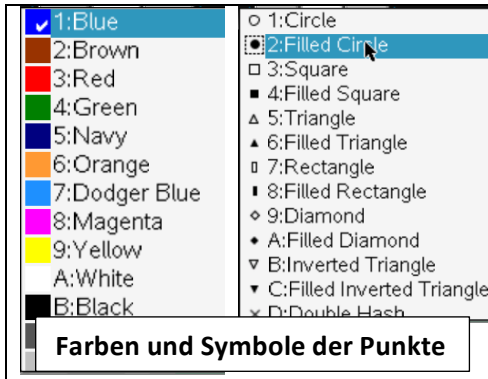
7



Punkte verbinden:

- 6:Options,**
- 1: Point Options**  
(Punktoptionen),
- Connect Data Points**  
(Datenpunkte verbinden)  
auswählen

8



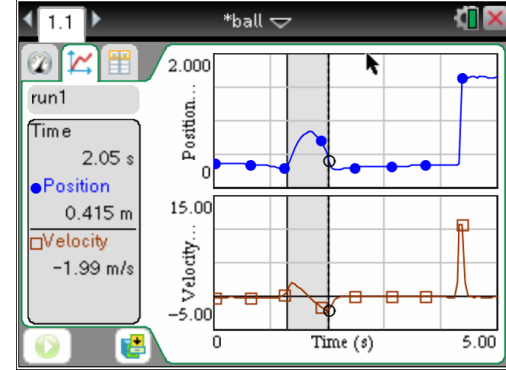
Farben und Symbole wählen:

Der Cursor ist in das Detailfenster zu stellen.

- 2:Colour (Farbe),**
- z.B. 1:run1 Position**  
entsprechend mit:
- 3:Point Markers**  
(Punktsymbol)

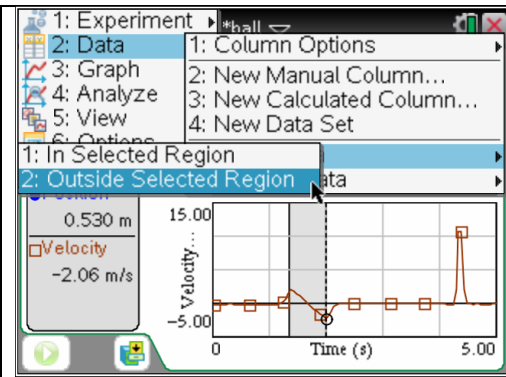


1



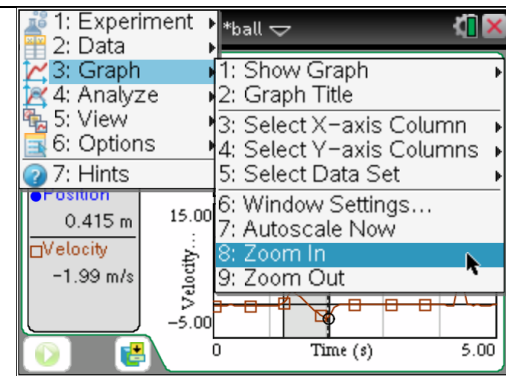
Der interessante Bereich wird am Handheld durch Klicken (1s) des Cursors an der unteren Grenze, Ziehen bis zur oberen Grenze und erneutes Klicken ausgewählt. In der Software wie gewohnt mit der Maus Klicken und Ziehen.

4



Alle Daten sind noch vorhanden, obwohl sie nicht angezeigt werden. Sollen die nicht sichtbaren Daten für eine spätere Auswertung nicht benutzt werden, kann man sie streichen.

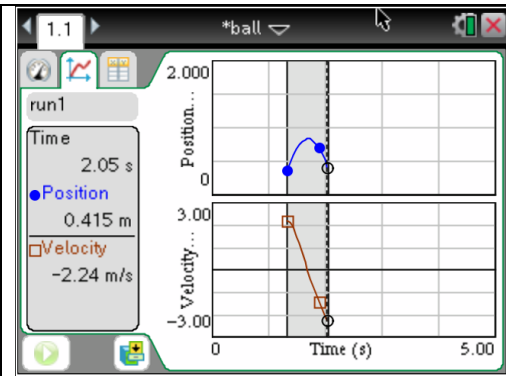
2



Menüauswahl:  
 menu  
**3:Graph,**  
**8:Zoom In** (Vergrößern)

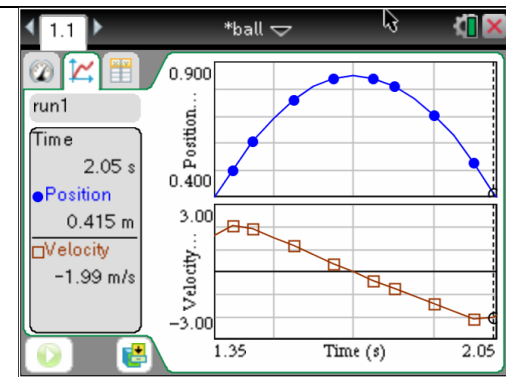
Der Bereich wird optimal dargestellt.

5



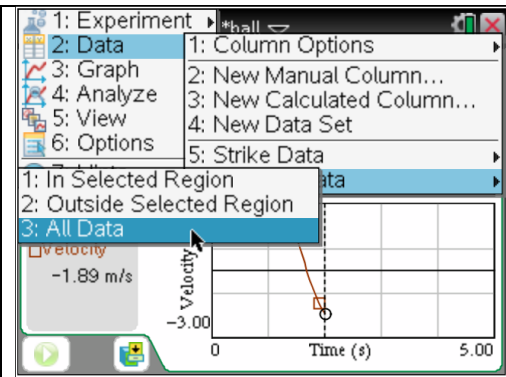
Menüauswahl:  
 menu  
**2:Data** (Daten),  
**5:Strike Data** (Daten streichen),  
**2: Outside selected Region** (Außerhalb des ausgewählten Bereichs)

3



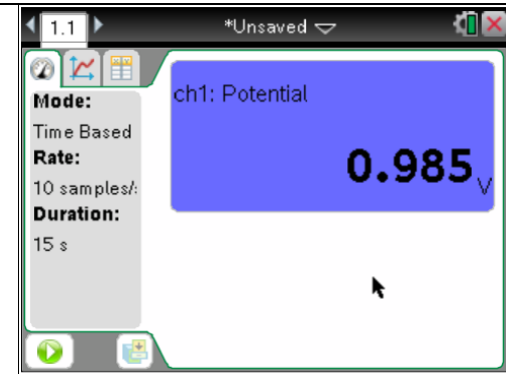
Bei falscher Auswahl lässt man automatisch skalieren und beginnt neu:  
 Menüauswahl:  
 menu  
**3:Graph,**  
**7:Autoscale Now** (Jetzt automatisch skalieren)

6



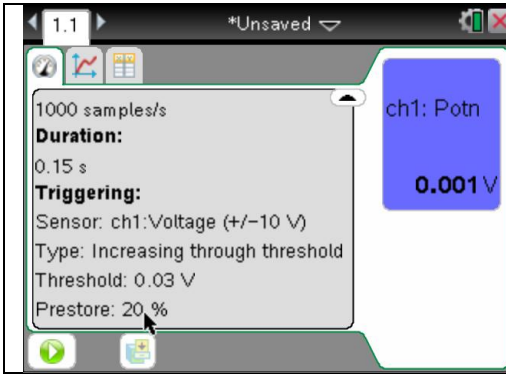
Die Daten lassen sich auch wiederherstellen:  
 Menüauswahl:  
 menu  
**2:Data** (Daten),  
**6:Restore Data** (Daten wiederherstellen),  
**3:All Data** (Alle Daten)

**1**



Das Lab Cradle wird mit dem Handheld oder PC verbunden. Es muss mindestens ein Sensor angeschlossen sein. Zunächst sind Abfrage rate und Messzeit (Anleitung 2) einzustellen.

**4**

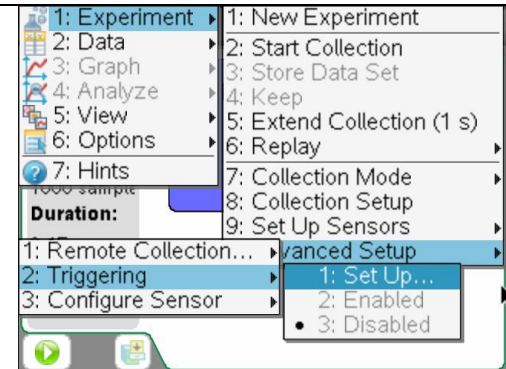


Nach Drücken von **OK** werden im Anzeigemodus die eingestellten Parameter dargestellt.

Nun wird die **Starttaste** gedrückt.

Die Anzeige wechselt in den Graphmodus.

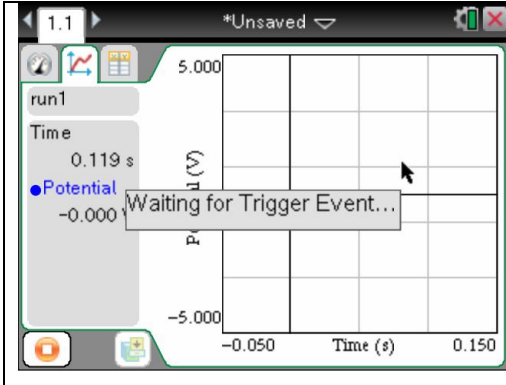
**2**



Menüauswahl:

**1:Experiment, A:Advanced Setup** (Erweiterte Einrichtung), **2:Triggering** (Triggern), **1:Set Up** (Einrichtung)

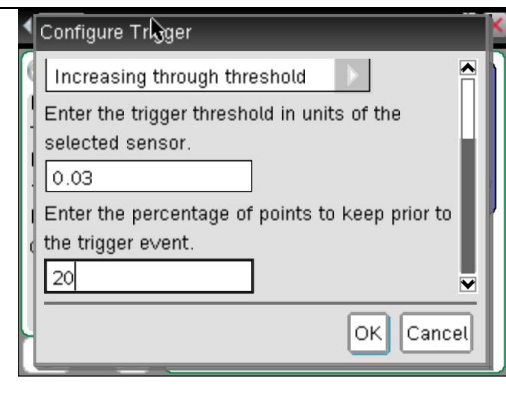
**5**



Zunächst erscheint: **Warten auf das Auslöseereignis...** (Waiting for Trigger Event ...).

Die Messung beginnt, sobald die Triggerschwelle über- bzw. unterschritten wird. (Wenn keine Triggerung erfolgt, so kann man durch Anklicken des (roten) Startbuttons neu beginnen.)

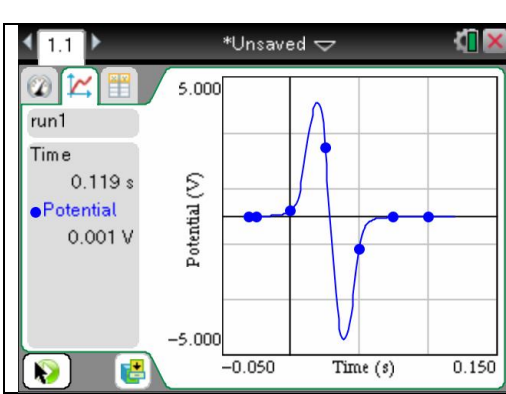
**3**



Auszuwählen sind:

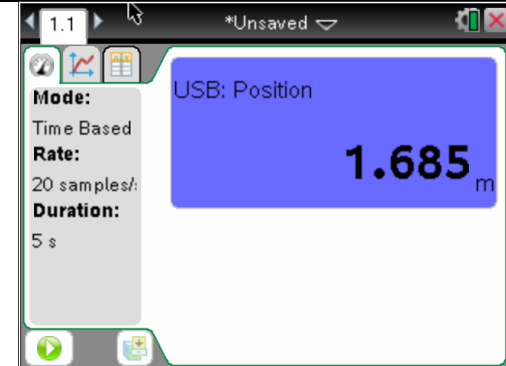
**Sensor** für das Auslösen, **Type of trigger** (Art der Auslösung): **increasing / decreasing** (Auslöseschwelle übersteigen / unterschreiten), **Trigger Threshold** (Auslöseschwelle), **Percentage of Points** (Vorspeicherung in Prozent)

**6**



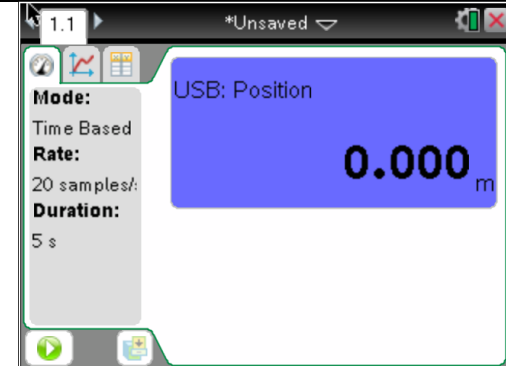
Nach Beendigung der Messung werden die Messdaten (einschließlich Vorspeicherung) vom LabCradle zum Rechner übertragen und graphisch dargestellt.

**1**



In der DataQuest™-Applikation können abhängig vom Sensor die Einstellungen verändert werden. Sind mehrere Sensoren angeschlossen wird jeweils gefragt, für welchen Sensor die Veränderungen gelten sollen.

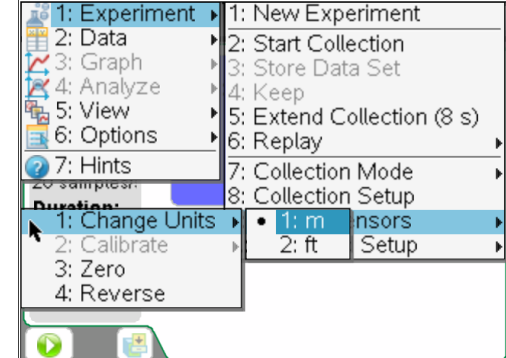
**4**



**Nullpunkt festlegen:**

**1:Experiment, 9:Set Up Sensors** (Sensoren Einrichten), **3:Zero** (Null)  
Hinweis: Es muss dann der Messwert Null (ev. mit kleinen Abweichungen) angezeigt werden. Andernfalls ist die Einstellung zu wiederholen.

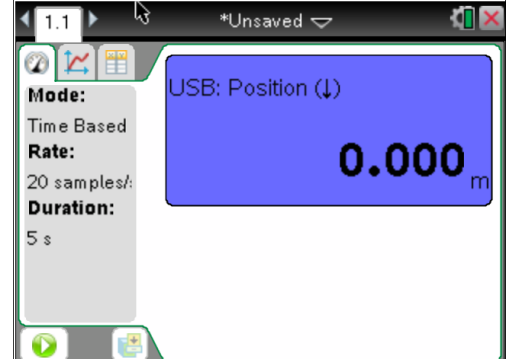
**2**



**Einheiten ändern:**

**1:Experiment, 9:Set Up Sensors** (Sensoren Einrichten), **1:Change Units** (Einheiten ändern)

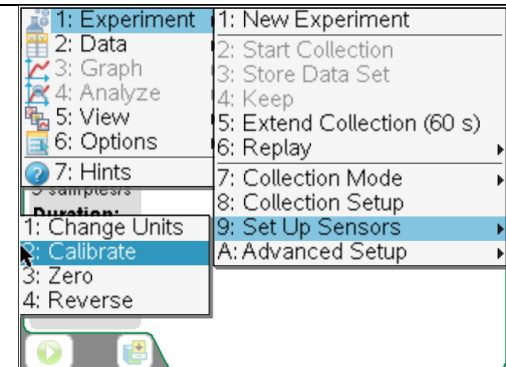
**5**



**Vorzeichen umkehren:**

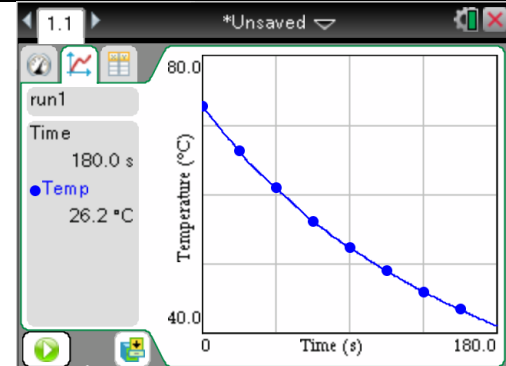
**1:Experiment, 9:Set Up Sensors** (Sensoren Einrichten), **4:Reverse** (Vorzeichen Umkehren)

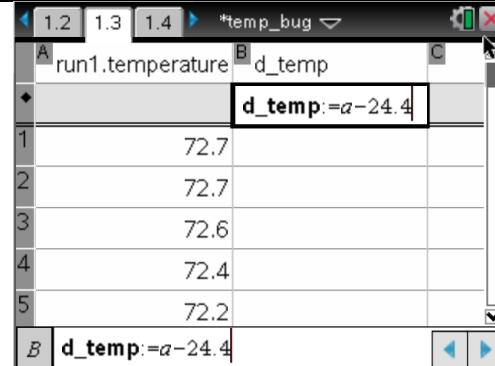
**3**



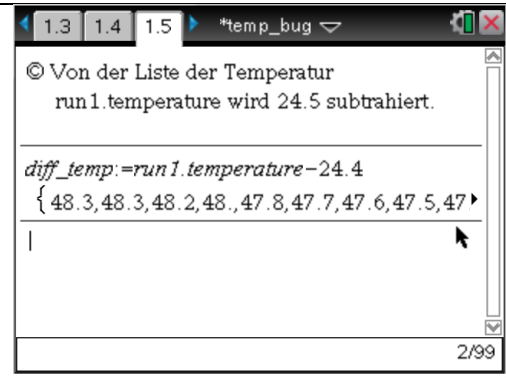
**Sensor kalibrieren:**

**1:Experiment, 9:Set Up Sensors** (Sensoren Einrichten), **2:Calibrate** (Kalibrieren)

1  Es wurde die Abkühlung der Temperatursonde in Luft gemessen. Die Messdaten sind in einzelnen Listen gespeichert, die mit *run* beginnen. In einigen Fällen ist es erforderlich, diese in anderen Applikationen darzustellen und zu bearbeiten.

4  Von allen Temperaturwerten in Spalte **A** soll 24,4 subtrahiert werden. Spalte **B** erhält zunächst den Namen *d\_temp*. Dann wird die Programmzelle von **B** zweimal angeklickt und in der untersten Zeile **a - 24.4** eingegeben. Nach **OK** werden die Werte berechnet.

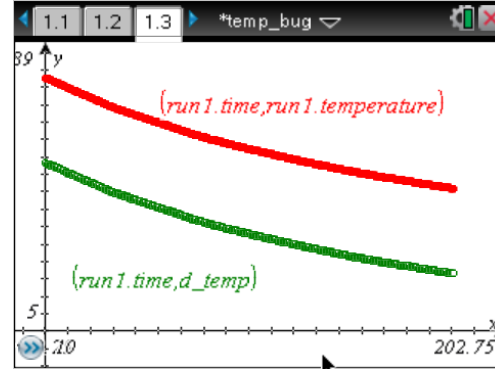
	A	B
	run1.temperature	d_temp
1	72.7	d_temp:=a-24.4
2	72.7	
3	72.6	
4	72.4	
5	72.2	
B	d_temp:=a-24.4	

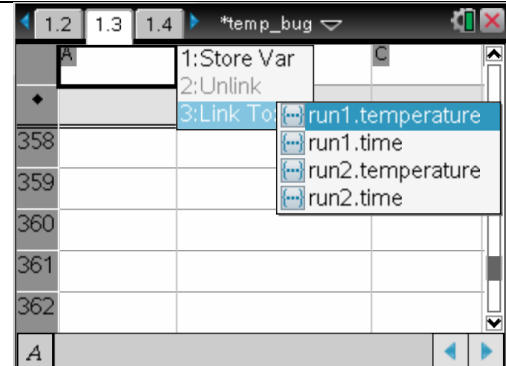
2  **Calculator:** Die Temperatur der Sonde nähert sich im Laufe der Zeit der Umgebungstemperatur an. Mit **run1.temperature - 24.4** wird von jedem Element der Liste 24,4 abgezogen. Diese Werte nähern sich 0 an. (Graph siehe 5 und 6)

© Von der Liste der Temperatur run1.temperature wird 24.5 subtrahiert.

$diff\_temp := run1.temperature - 24.4$

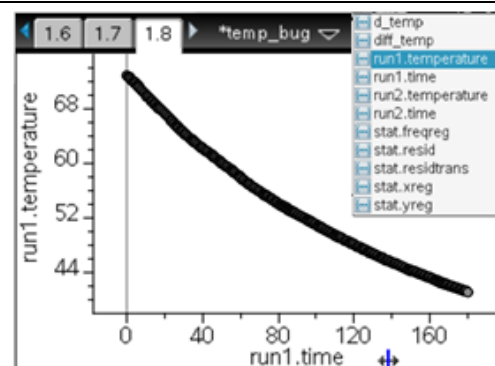
{ 48.3, 48.3, 48.2, 48., 47.8, 47.7, 47.6, 47.5, 47 }

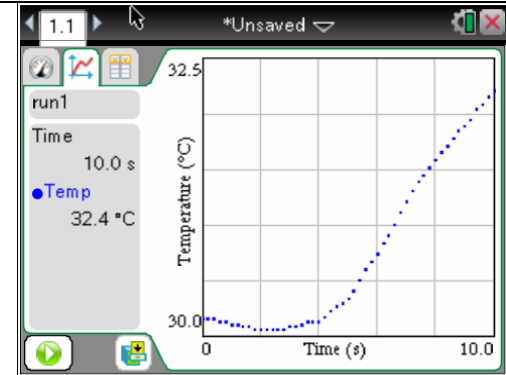
5  **Graphs:** Es wird als Graphiktyp **Scatter Plot** gewählt. In der Eingabezeile wird mit **var** die Variablenliste aufgerufen, bei **s1** für **x,y** **run1.time, run1.temperatur** und bei **s2** **run1.time, run1.d\_temp** eingegeben.

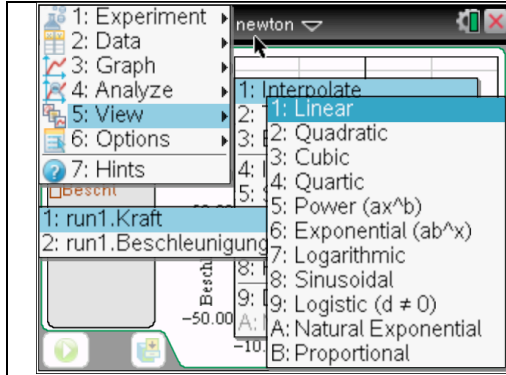
3  **Lists & Spreadsheet:** In der Tabellenkalkulation sollen die Temperaturdaten eingelesen werden. Dazu wird die Namenszelle von A angeklickt und **var** aufgerufen. Nach Aufruf von **1:Link To** wird die Datenliste gewählt.

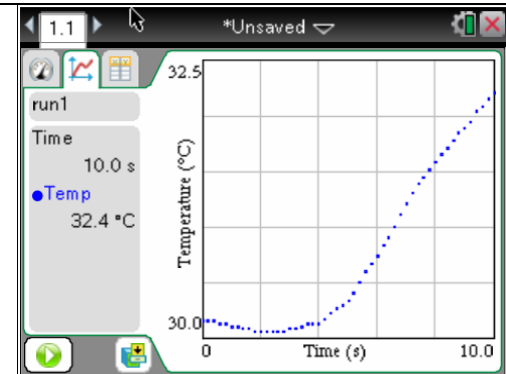
1:Store Var  
2:Unlink  
3:Link To

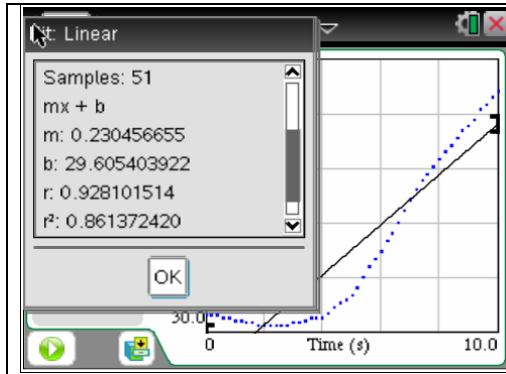
- run1.temperature
- run1.time
- run2.temperature
- run2.time

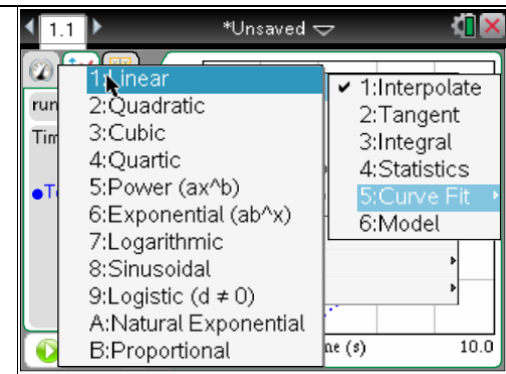
6  **Data & Statistics:** Klickt man in das anfangs leere Kästchen unter der x-Achse, so öffnet sich das gezeigte Menü, aus dem **run1.time** gewählt wird. Das wird für die y-Achse (**run1.temperature**) wiederholt.

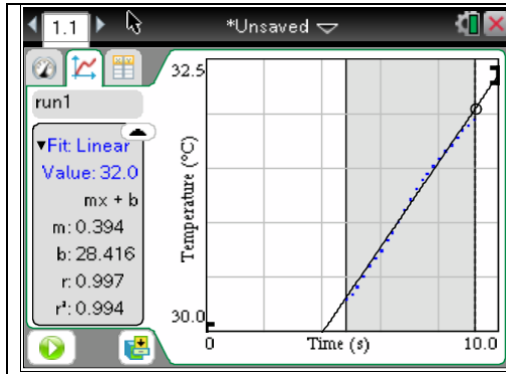
1  Ein Teil einer Messkurve soll durch eine Ausgleichsfunktion beschrieben werden. Es wird die automatische Kurvenanpassung genutzt. (Vergleiche als Alternative A11.)

4  **Hinweis:** Wurden mit mehreren Sensoren gleichzeitig gemessen, muss vor der Wahl des Funktionstyps noch angegeben werden, für welche Größe die Kurvenanpassung erfolgen soll.

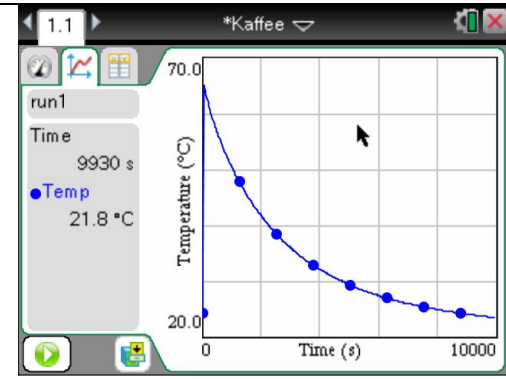
2  Der durch eine Ausgleichsfunktion zu beschreibende Teil der Messung wird später ausgewählt. Die Eingrenzung kann aber auch schon hier erfolgen. (Vergleiche A6.)

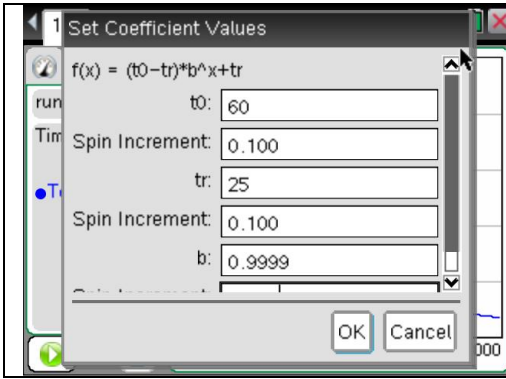
5  Nun wird nach Bestätigung mit **OK** automatisch eine Funktion erstellt, die die Messdaten beschreibt. Standardmäßig werden für die Regression alle Daten verwendet. Man sieht, dass die ermittelte lineare Funktion hier nicht sehr gut passt.

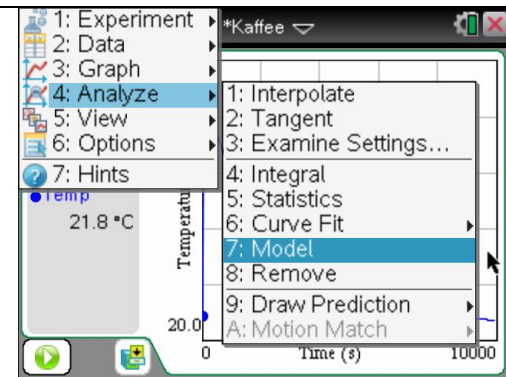
3  Hier soll ein Teil des Graphen durch eine lineare Funktion beschrieben werden:  
**4:Analyze** (Analysieren),  
**6:Curve Fit** (Kurvenanpassung),  
**1:Linear**

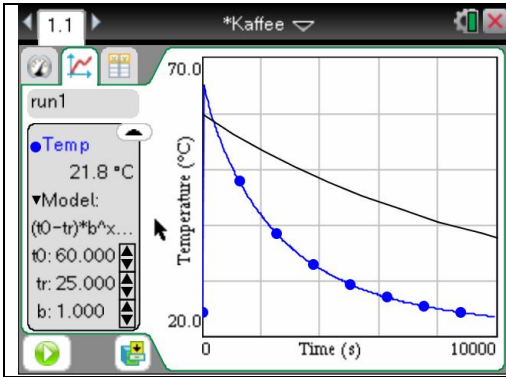

6  Durch die Wahl eines geeigneten Intervalls (A6) erfolgt eine Kurvenanpassung für die ausgewählten Datenpunkte. Mit **menu**,  
**4:Analyze** (Analysieren),  
**8:Remove** (Entfernen) kann die Modellfunktion wieder entfernt werden.

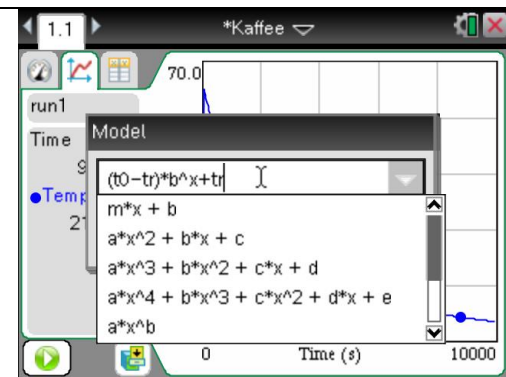


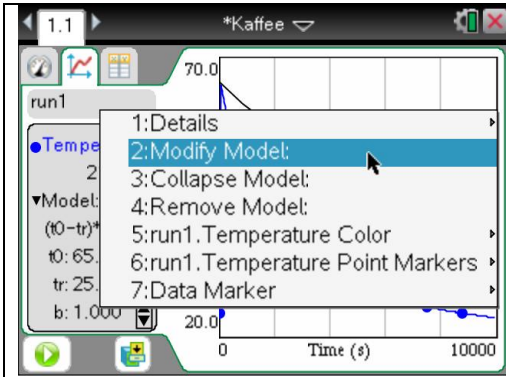
1  Die Zeit-Temperatur-Messung eines auf die Umgebungstemperatur abkühlenden Getränks soll modelliert werden. Im Menüpunkt *Curve Fit* (Kurvenanpassung) steht keine passende Funktion zur Verfügung.

4  Nach **OK** kann der Startwert und die Schrittweite (Spin Increment) für den jeweiligen Parameter für die Modellierung vorgegeben werden. Mit **OK** wird die Eingabe abgeschlossen.

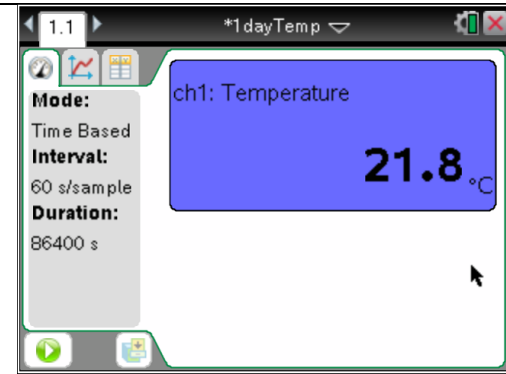
2  Hier können nun die Gleichung der Funktion selbst festgelegt und die notwendige Parameter variiert werden. Menüauswahl: **4:Analyze** (Analysieren), **7:Model** (Modell)

5  Das Anpassen jedes Parameters erfolgt mit einem Taster: . Mit dem oberen Pfeil werden die Werte vergrößert, mit dem unteren verkleinert.

3  DataQuest™ bietet einige Funktionen an. Die Eingabe eigener Funktionen ist möglich (hier  $(t_0 - tr) \cdot b^x + tr$ ). Die Variablen in dem Term außer x werden als Parameter erkannt.

6  Feinanpassung für Startwert und Schrittweite der Parameter: **2: Modify Model** (Ändern Modell), wie Schritt 4. Anzeige der Parameterwerte zum Abschluss: **1: Details**, **4: Model**

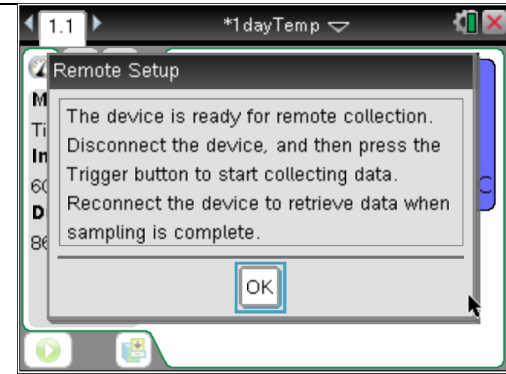
1



Messungen können mit dem Lab Cradle auch ohne angeschlossenen Rechner durchgeführt werden.

Dazu müssen allerdings die Messparameter zuvor mit dem Rechner eingestellt worden sein (A2).

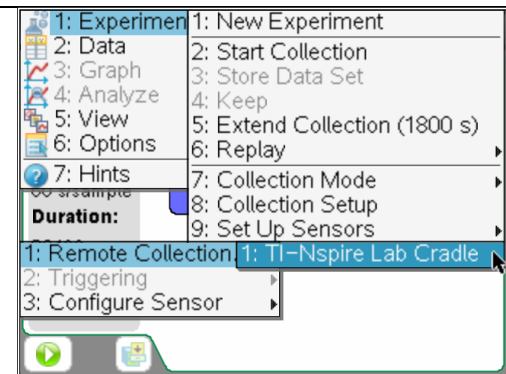
4



Das Lab Cradle kann jetzt vom Rechner getrennt werden.

Die Messung startet mit Drücken der grünen Taste (**trigger**) am Lab Cradle oder nach der vorher eingestellten Verzögerungszeit.

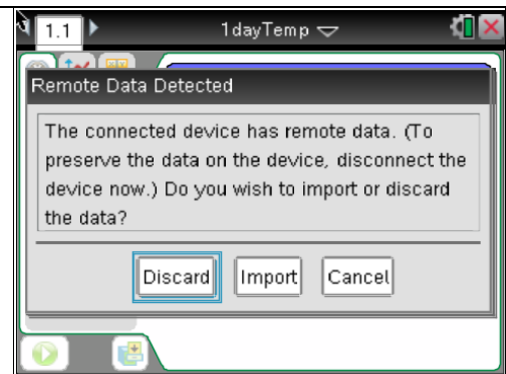
2



Menüauswahl:

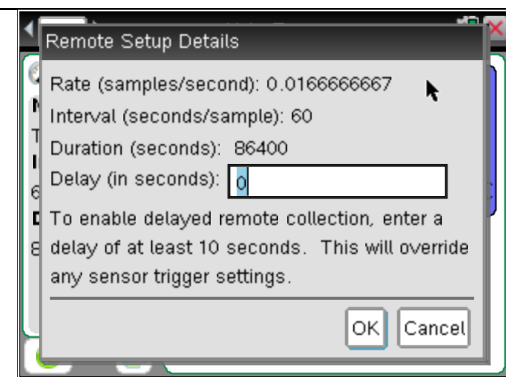
**1: Experiment, A: Advanced Setup (Erweiterte Einrichtung), 1: Remote Collection (Fernerfassung), 1: TI-Nspire Lab Cradle**

5



Nach Ablauf der Messzeit wird das Lab Cradle wieder angeschlossen. Durch Drücken der **Import** Schaltfläche werden die Daten übertragen und graphisch dargestellt.

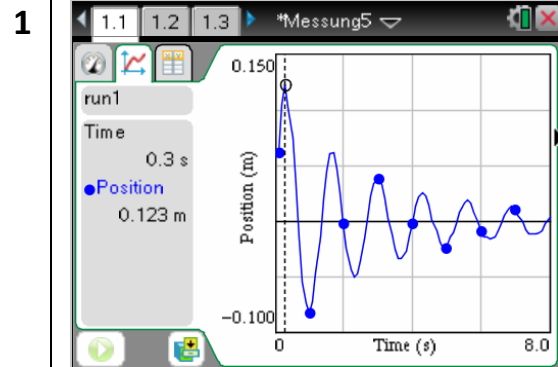
3



Nun kann eine Verzögerungszeit (**Delay**) für den Start der Messung eingegeben werden. Mit **OK** beginnt der Countdown.

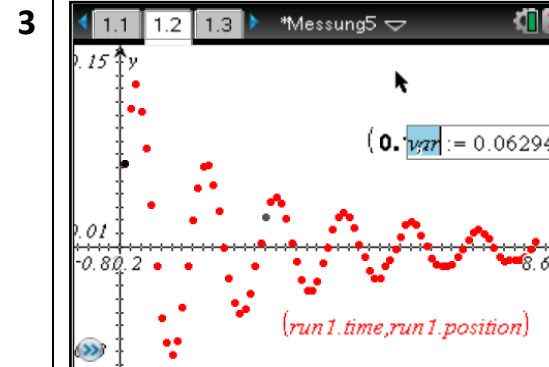
Achtung: Dieser Modus wird nur aktiviert, wenn hier mindestens 10 s eingegeben werden.



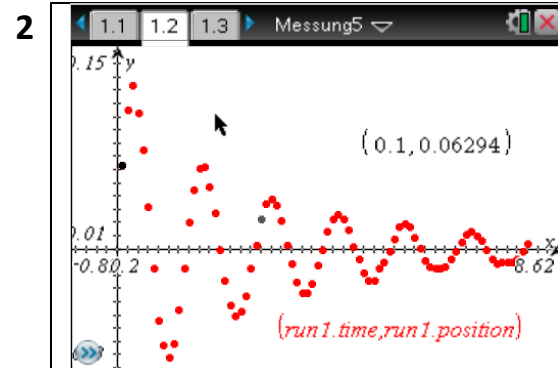


Für weitere Untersuchungen des Graphen sollen die Koordinaten einzelner Messpunkte in eine Tabelle übernommen werden.

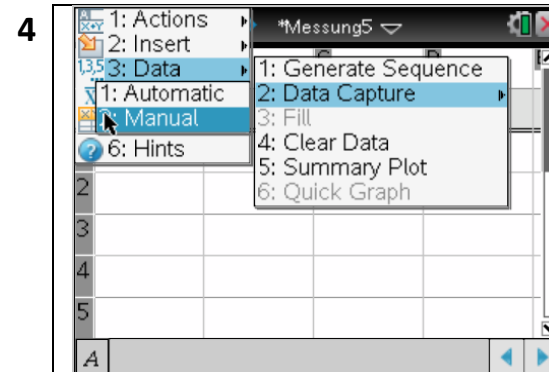
Dazu werden die Messdaten in der Applikation **Graphs** dargestellt.



Den Koordinaten werden Variablennamen zugewiesen. Dazu wird die erste Koordinate markiert und dann die Taste `var` gedrückt und anschließend `var` (blau) mit dem Namen (`zeit`) überschrieben. Ebenso erhält die zweite Koordinate einen Namen (`mwert`).



**Graphs:**  
`menu`, **3:Graph Type** (Graphiktyp),  
**4: Scatter Plot** (Streudiagramm),  
 Koordinaten eines Messpunktes anzeigen:  
`menu`, **7:Points & Lines** (Punkte und Geraden)  
**2 Point on** (Punkt auf)  
 Mit einem Klick wird ein Datenpunkt markiert und mit einem zweiten werden die Koordinaten angezeigt.



**Lists & Spreadsheet:**  
 Übertragung ausgewählter Koordinaten in eine Tabelle:  
`menu`  
**3:Data** (Daten)  
**2:Data Capture** (Datenerfassung),  
**2:Manual** (Mit **1:Automatic** werden alle ausgewählten Punkte automatisch übertragen.)

5

Die Formelzelle wird angeklickt, anschließend die Taste `var` gedrückt und dann der Name der ersten Koordinate (*zeit*) anstelle von *var* (blau) eingegeben. Der Vorgang wird in der nächsten Spalte Für die zweite Variable wiederholt.

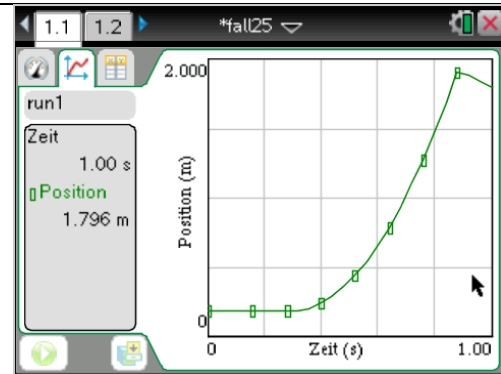
6

Nun ist die Tabelle für die Eingabe der Koordinaten ausgewählter Punkte vorbereitet. Für eine graphische Darstellung ist es erforderlich, den Spalten einen Variablennamen zu geben (*xwert,ywert*).

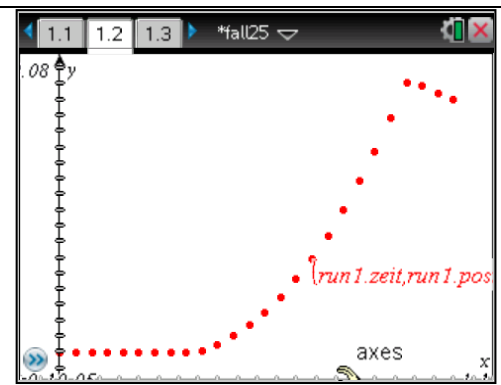
7

Nun geht man in **Graphs** zurück und verschiebt den Punkt (*zeit,xwert*) auf den ersten Messpunkt, der in die Tabelle übertragen werden soll. Mit `ctrl` `.` erfolgt dann die Übertragung, usw.

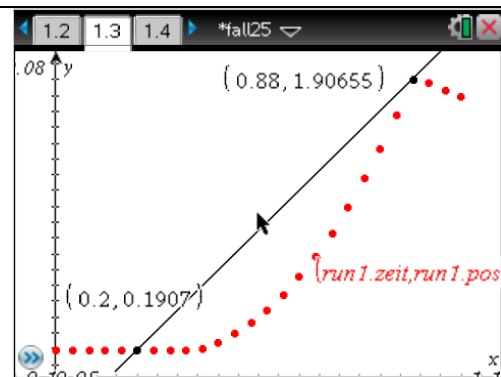
	xwert	ywert
1	0.3	0.123453
2	1.7	0.061746
3	3.	0.038178
4	4.3	0.026307
5	5.6	0.018953

**1**  **DataQuest:**

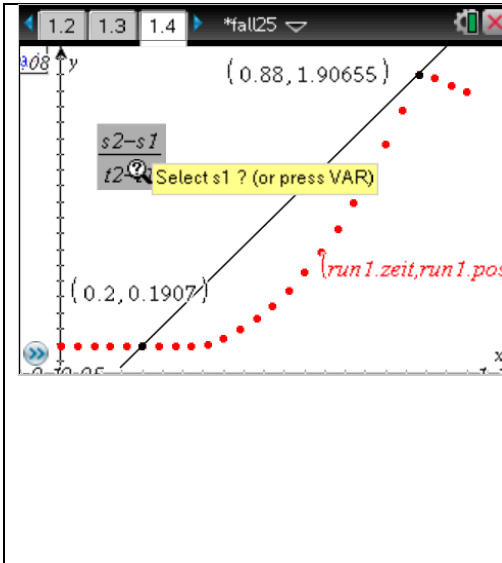
Zu diesem Graphen der Position eines Balles während eines Falles sollen die Geschwindigkeiten des fallenden Balles in vorgegebenen Intervallen bestimmt werden.

**2**  **Graphs:**

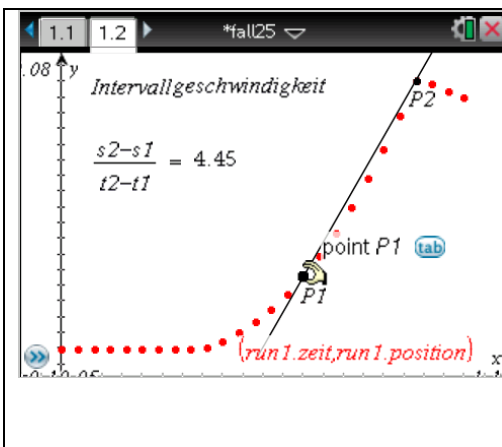
**Messpunkte zeichnen:**  
**3:Graph Type** (Graphiktyp)  
**4:Scatter Plot** (Streudiagr.)  
 Für  $x$  und  $y$  `run1.zeit` und `run1.position` eingegeben. (`[var]`: Liste der Variablen)  
**[menu]**, **4:Window** (Fenster)  
**9:Zoom Data**

**3**  **Randpunkte bestimmen:**

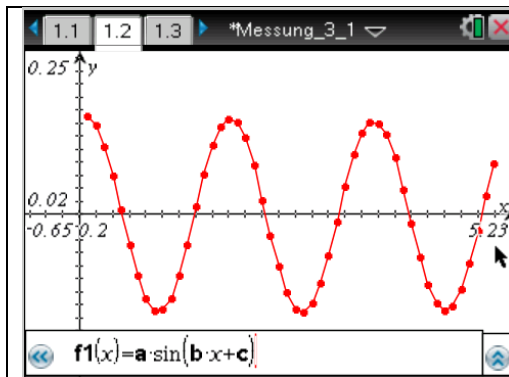
**[menu]**, **7:Points & Lines**  
**2:Point On** (Punkt auf)  
 Dann die Randpunkte mit dem Cursor auswählen.  
**Sekante zeichnen:**  
**[menu]**, **7:Points & Lines**  
**4:Line** (Gerade)  
 Gerade durch die Punkte zeichnen.

**4**  **Intervallgeschwindigkeit**

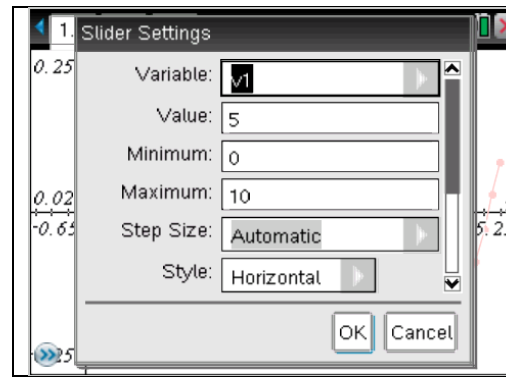
**[menu]**, **1:Actions** (Aktionen), **2:Text**  
 Mit Klick ein Textfeld öffnen und  $(s2-s1)/(t2-t1)$  eingeben.  
**[menu]**, **1:Actions** (Aktionen), **2:Calculate** (Berechnen)  
 Mit dem Cursor auf das Textfeld gehen und  $s1$ ,  $t1$ ,  $s2$  und  $t2$  aus den Koordinaten der Punkte mit dem Cursor wählen. Das Ergebnis hinter das Textfeld platzieren.

**5**  **Intervallgeschwindigkeit**

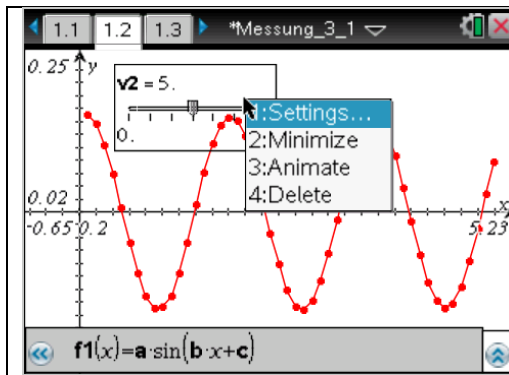
Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, werden die Koordinaten ausgeblendet und die Punkte mit P1 und P2 bezeichnet. Mit der Greifhand können nun Punkte auf dem Graphen verschoben werden. Die aktuelle Intervallsteigung wird stets angezeigt. Sie kann in eine Tabelle übernommen werden (A 13).



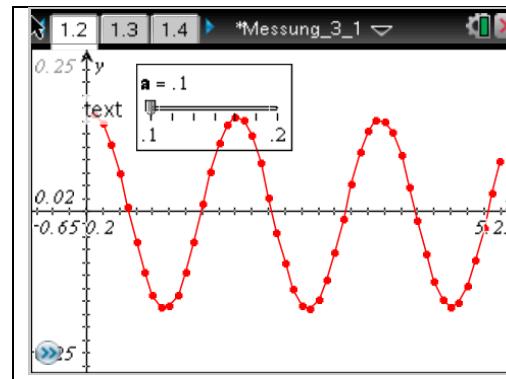
Die Messdaten werden in **Graphs** gezeichnet mit: **3:Graph Type** (Graphiktyp)  
**4:Scatter Plot** (Streudiagr.)  
**x: run1.time**  
**y: run1.position.**  
**4:Window** (Fenster)  
**9:Zoom Data** (Zoom Stat)  
 Anschließend wird der Term in der Eingabezeile eingegeben, durch den die Daten modelliert werden sollen. Der Graph kann erst gezeichnet werden, wenn  $a$ ,  $b$ ,  $c$  Werte zugewiesen worden sind.



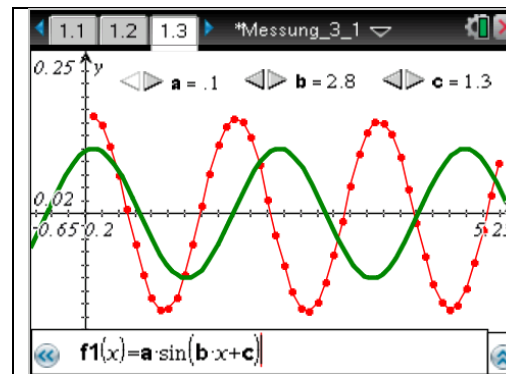
Nun ist der Name des Parameters und dessen Bereich anzugeben ( $a$ , Anfangswert:  $0.1$ , Min.:  $0.1$  und Max.:  $0.2$ ). Dieser sollte möglichst gut im Voraus bestimmt werden, damit der Datenverlauf und der Funktionsgraph sich nicht zu sehr unterscheiden.



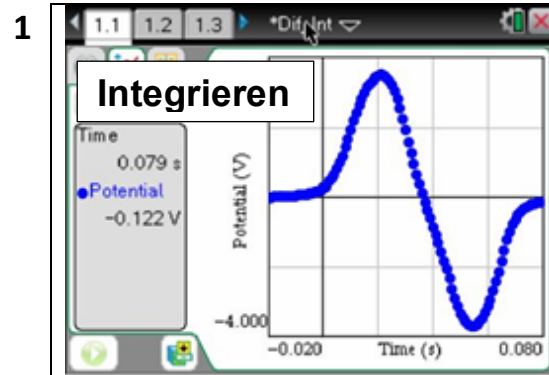
Die Parameter  $a$ ,  $b$ ,  $c$  in  $f_1(x)$  sind durch Schieberegler so einzustellen, dass die Graphen von Daten und Funktion übereinstimmen.  
**1:Actions** (Aktionen)  
**A:Insert Slider** (Schieberegler einfügen), mit **ctrl**, **menu**  
**1:Settings** (Einstellungen) das Einstellungsmenü aufrufen.



Mit **enter** wird der Schieberegler angezeigt. Für die Parameter  $b$  und  $c$  werden die Schieberegler ebenso eingerichtet. Wenn mehrere Regler benötigt werden, so sollten sie verkleinert werden mit **ctrl**, **menu**  
**1:Settings**  
**2:Minimize**



Nachdem für alle Parameter Schieberegler erstellt worden sind, wird auch die Funktion  $f_1(x)$  graphisch dargestellt. Nun sind die Regler so einzustellen, dass der Unterschied zwischen Daten und Funktionsgraph möglichst gering wird.



Zum Graphen der Induktionsspannung  $u(t_i)$  soll näherungsweise eine Integralfunktion mithilfe von Summationen konstruiert werden. Dazu ist für jedes  $i$  zu berechnen:

$$s(t_i) = \sum_{k=0}^i u(t_k) \cdot \Delta t$$

	run1.potential	int_potential
1	0.012304	0.000123
2	0.017916	0.000302
3	0.023528	
4	0.02914	
5	0.02914	

**Lists & Spreadsheet:**  
Die Daten *run1.potential* werden in Spalte A eingetragen. In B erfolgt die Summation ( $\Delta t = 0.01s$ ):  
 $b1 = a1 \cdot \Delta t$   
 $b2 = b1 + a2 \cdot \Delta t$   
-----  
 $b101 = b100 + a101 \cdot \Delta t$

	run1.potential	int_potential
99	-0.167276	
100	-0.144828	
101	-0.12238	
102		
103		

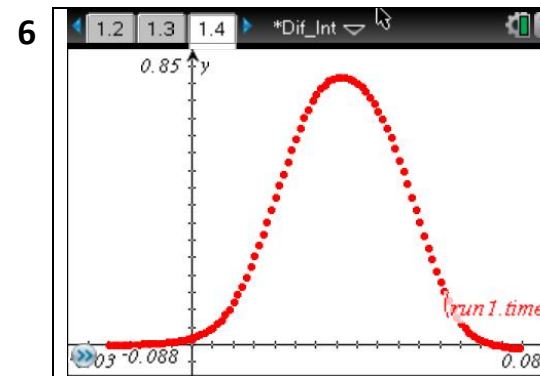
... den Cursor nach unten bis zur letzten Zeile ziehen.

	run1.potential	int_potential
97	-0.223395	-0.003722
98	-0.195335	-0.005675
99	-0.167276	-0.007348
100	-0.144828	-0.008796
101	-0.12238	-0.01002

Dann werden die Summationen bis zur letzten Zeile berechnet.  
Für eine graphische Darstellung ist der Spalte B in der obersten Zeile ein Variablenname zuzuweisen (*int\_potential*).

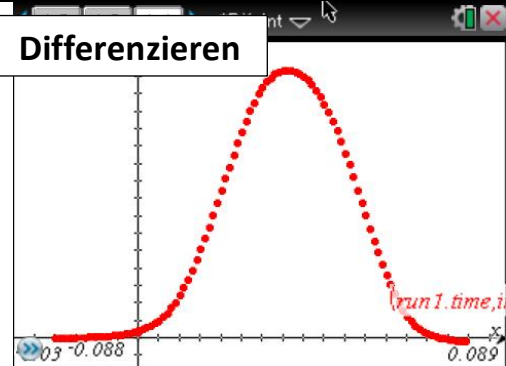
	run1.potential	int_potential
2	0.017916	
3	0.023528	
4	0.02914	
5	0.02914	

Es brauchen nur die Formeln für die Zellen B1 und B2 eingegeben werden. Die weiteren Berechnungen erfolgen dann durch den Rechner:  
**[menu], 3: Data**  
**3: Fill (Ausfüllen)**  
aufrufen, auf die Zelle B2 klicken und ...



**Graphs:**  
**[menu], 3: Graph Type** (Graphiktyp)  
**4: Scatter Plot** (Streudiagramm)  
In der Eingabezeile mit **[var]** die Variablenliste aufrufen und für **x** *run1.time* und für **y** *int\_potential* eingeben.

**1** **Differenzieren**



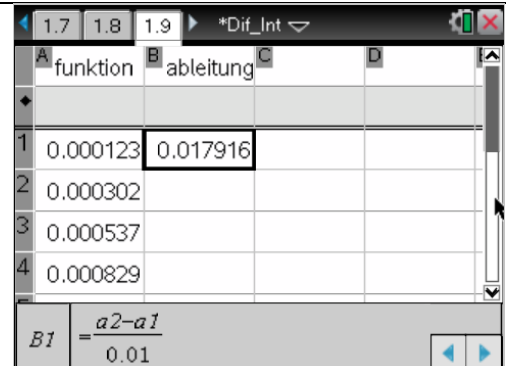
Zu diesem Graphen soll näherungsweise die Ableitungsfunktion mithilfe der Änderungsraten in den Messintervallen  $\Delta t$  konstruiert werden. Dazu sind die Differenzenquotienten  $\frac{f(x_{i+1})-f(x_i)}{\Delta t}$  für jedes Intervall zu bestimmen.

**4**



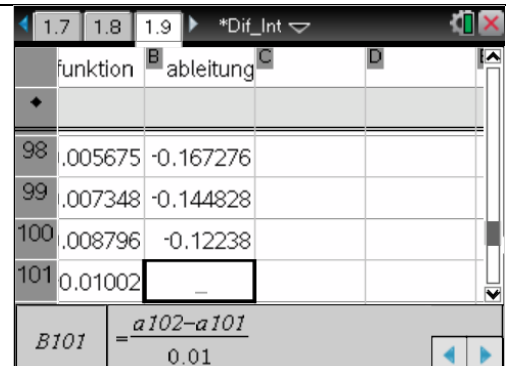
... den Cursor nach unten bis zur letzten Zeile (101) ziehen.

**2**



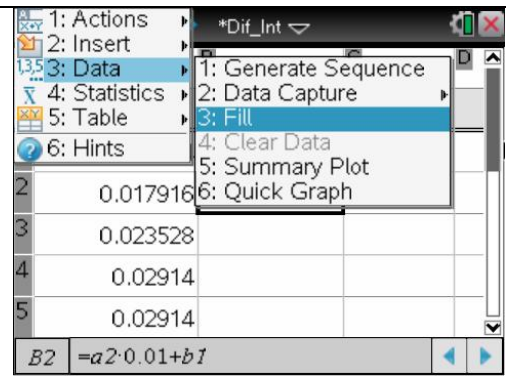
**Lists & Spreadsheet:**  
Die Daten (*int\_potential*) werden in Spalte A eingetragen. In B erfolgt die Differenzbildung ( $\Delta t = 0.01s$ ):  
 $b1 = (a2 - a1)/\Delta t$   
-----  
 $b101 = (a101 - a100)/\Delta t$

**5**



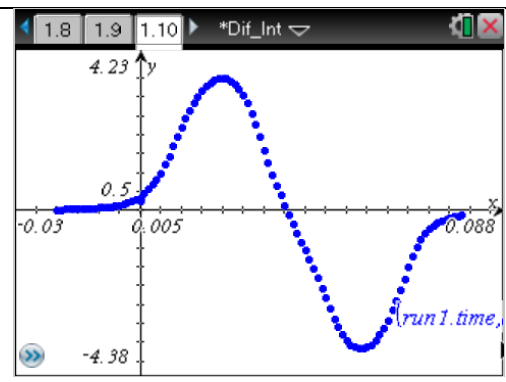
Dann werden die Differenzenquotienten bis zur letzten Zeile berechnet. Für eine graphische Darstellung ist der Spalte B in der obersten Zeile ein Variablenname zuzuweisen (*ableitung*).

**3**



Es braucht nur die Formel für die Zelle B1 eingegeben werden. Die Berechnungen können dann durch den Rechner erfolgen:  
Auf die Zelle B1 klicken  
**[menu]**, **3: Data**  
**3: Fill** (Ausfüllen) aufrufen und ...

**6**



**Graphs:**  
**[menu]**, **3: Graph Type** (Graphiktyp)  
**4: Scatter Plot** (Streudiagramm)  
In der Eingabezeile mit **[var]** die Variablenliste aufrufen und für **x** *run1.time* und für **y** *int\_potential* eingeben.

