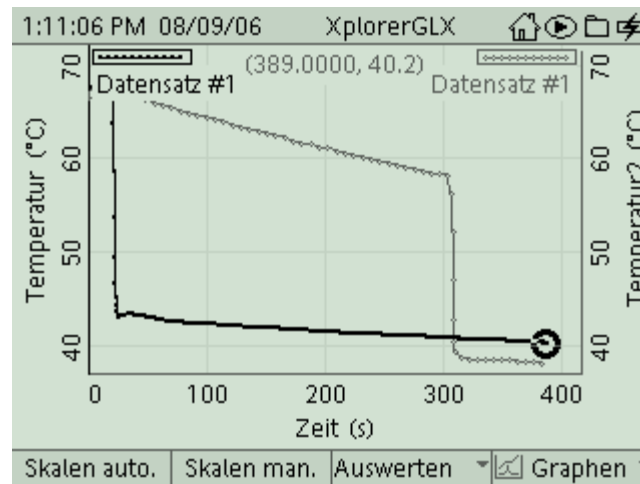


hot coffee cool milk


Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Wärmelehre	Energieabgabe	●●	■	- 0 - 15 Min 45 Min

Lehrziele

- die Schüler erkennen, dass der thermische Energieverlust eines Körpers an seine Umgebung vom Temperaturunterschied zur Umgebung abhängt (fachlicher Inhalt)
- die Schüler führen die Temperaturmessung mit dem Messinterface Xplorer GLX durch (technische Kompetenz)
- die Schüler vergleichen zwei Messdiagramme miteinander (Methodenkompetenz)
- die Schüler werten zwei Messdiagramme aus (Methodenkompetenz)

Einführung

Ausgangspunkt für den Versuch ist eine klassische Fragestellung:

Jemand hat gerade Kaffee eingeschenkt, wird aber noch vom Trinken abgehalten. Um den Effekt des Abkühlens wenigstens zu minimieren, überlegt er, ob er die kalte Milch besser gleich, oder erst wenn er den Kaffee trinkt, in den Kaffee gibt. Macht das überhaupt einen Unterschied für die Trinktemperatur und welches Vorgehen minimiert gegebenenfalls den Temperaturverlust?

Das Experiment modelliert diese Problemstellung mit heißem und kaltem Wasser (Kaffee und Milch). Die Menge an kaltem Wasser ist dabei relativ groß gewählt, um den Effekt möglichst deutlich zu machen. Die zwei Temperaturmesseingänge am GLX ermöglichen die parallele Durchführung des Experiments für beide Handlungsmodelle. Damit lassen sich die zugehörigen Messkurven direkt miteinander vergleichen. Dieses Experiment findet sich auch als Videotutorial

auf der CD, die dem Xplorer GLX beiliegt. Aufgrund des einfachen Versuchsaufbaus eignet sich das Experiment gut für die Einführung in das Arbeiten mit dem Schülerinterface Xplorer GLX. Zudem genügen die Thermosensoren, die bereits in der Grundausstattung enthalten sind. Die quantitative Analyse des Messdiagramms bietet die Chance für ein vertieftes physikalisches Verständnis, zumal der gefundene Zusammenhang im Rahmen der aktuellen Energieproblematik von außerordentlicher Bedeutung ist.

Notwendiges Material

2 Bechergläser 250 ml
1 Becherglas 100 ml
heißes (ca. 70°) und kaltes Wasser
2 Wäscheklammern

Xplorer GLX
2 Thermosensoren

Didaktische und methodische Hinweise

Im Anhang finden sich ein Handbuch sowie ein Schülerarbeitsblatt.

Das Handbuch ist als Lehrsaalexemplar gedacht und sollte jeder Arbeitsgruppe in einem Schnellhefter oder Ordner zur Verfügung stehen, es führt die Schüler step-by-step durch den Versuch und erläutert insbesondere sehr ausführlich die Bedienung des Xplorer GLX. Das Schülerarbeitsblatt enthält eine Kurzfassung von Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung (zur häuslichen Wiederholung) sowie Fragen zur Auswertung der Versuchsergebnisse.

Zunächst werden beide großen Bechergläser mit 100 ml heißem Wasser befüllt (die Thermosensoren sind bis 70°C spezifiziert). Dieses wird am einfachsten zentral, z.B. mit einem Wasserkocher bereitgestellt. Nun muss sicher gestellt werden, dass beide Wassermengen genau dieselbe Temperatur haben. Dies ist der schwierigste Teil des Experiments, da sich der Effekt schließlich nur im Bereich von wenigen Grad Temperaturdifferenz bemerkbar macht. Ein größerer Temperaturunterschied zu Beginn macht damit das Versuchsergebnis zunichte. Die aktuellste Firmware-Version des GLX erlaubt eine Darstellung der Messwerte bereits vor dem Start der Messaufnahme. Damit lässt sich sehr genau die Gleichheit der Temperaturen prüfen. Zudem wird hierdurch eine eventuell vorhandene unterschiedliche Kalibrierung der Thermosensoren zumindest für die Ausgangstemperatur kompensiert. Um die Temperaturen in den beiden Bechern gegebenenfalls anzugleichen, rührt man am einfachsten im Gefäß mit dem heißeren Wasser kräftig um. Dadurch bleibt die Menge des Wassers konstant, was für den direkten Vergleich unabdingbar ist. Die Fixierung der kleinen Thermosensoren in den Bechern erfolgt übrigens ebenso einfach wie zuverlässig mit Wäscheklammern.

Zu Beginn der Messung wird nun in einem Becherglas die bereitgestellte Menge an kaltem Wasser zugegeben, was sich aufgrund der Durchmischung sogleich in einem Temperatursturz bemerkbar macht. Im zweiten Becherglas erfolgt die Zugabe erst etwa 5 min später. Die Temperatur des kalten Wassers kann dabei relativ leicht konstant gehalten werden. Am einfachsten entnimmt man es einem Kanister, der im Raum bereitgestellt wird (Zimmertemperatur). Nach der Durchmischung zeigt sich im zweiten Becher eine geringere Temperatur. Schön zu sehen ist die erheblich stärkere Temperaturabnahme beim noch heißen Wasser im

Verlauf des Versuches (größeres Gefälle bei der oberen Messkurve). Im Verlauf der Auswertung quantifizieren die Schüler auch die Steigungen in den beiden Kurven. Die Auswertung kann an den ausgedruckten Kurven per Hand oder an den Datensätzen mit dem Auswertetool **Differenz** erfolgen. Eine Formulierung des physikalischen Zusammenhangs sowie weiterführende Fragen auf dem Schülerblatt runden den Versuch ab.

Die Bedienung des Xplorer GLX ist im Hinblick auf eine erste Benützung des Systems im Handbuch für dieses Experiment sehr ausführlich erklärt, falls die Schüler mit dem Gerät vertraut sind, lässt sich das natürlich abkürzen.

Hinweis zum Zeitbedarf

Dieses Experiment wäre natürlich auch ohne computergestützte Messwertaufnahme möglich. Die zeitgleiche Messung und die direkte Vergleichsmöglichkeit der beiden Messkurven schafft aber einen sehr intuitiven Zugang zum Geschehen. Zudem verringert die automatische Erfassung hier den Messaufwand, was der Interpretation des Messergebnisses zugute kommt. Damit lässt sich das Experiment gut in 45 min durchführen. Gegebenenfalls kann die Auswertung an Hand der ausgedruckten Messkurven problemlos zu Hause durchgeführt werden. Wenn die Schüler die Messtechnik bereits von der Mechanik her kennen, kommt das dem Versuchsablauf natürlich entgegen. Einziger Knackpunkt ist übrigens die gleiche Ausgangstemperatur in den beiden Bechergläsern, die aber wie beschrieben leicht erreicht werden kann.

Arbeitsblatt (-blätter)

- Handbuch für den Experimentierraum (6 Seiten farbig, ein Exemplar pro Gruppe)
- Schülerarbeitsblatt (1 Seite s/w, zum Kopieren für jeden Schüler)

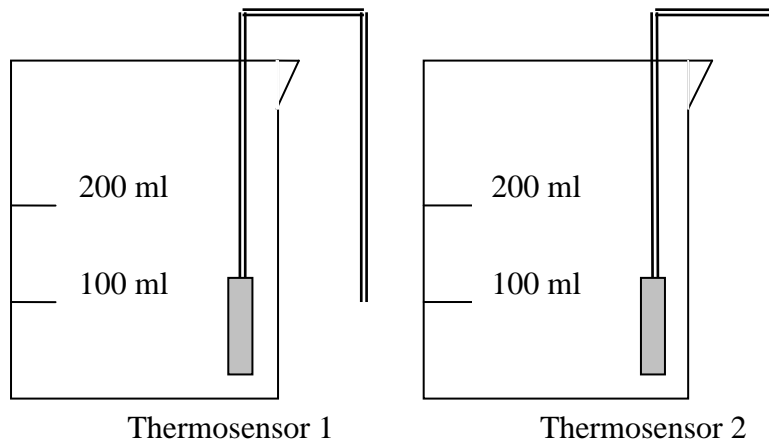
Aufgabe:





Euer Physiklehrer hat im Physikercafe die letzte Tasse Kaffee ergattert. Allerdings muss er zunächst noch im Lehrerzimmer das neue Arbeitsblatt kopieren und muss wohl oder übel akzeptieren, dass in der Zwischenzeit sein Kaffee kälter wird. Um den Effekt wenigstens zu minimieren, überlegt er, ob er die kalte Milch besser gleich oder erst wenn er den Kaffee trinkt in den Kaffee gibt. Macht das überhaupt einen Unterschied für die Trinktemperatur und welches Vorgehen minimiert gegebenenfalls den Temperaturverlust?

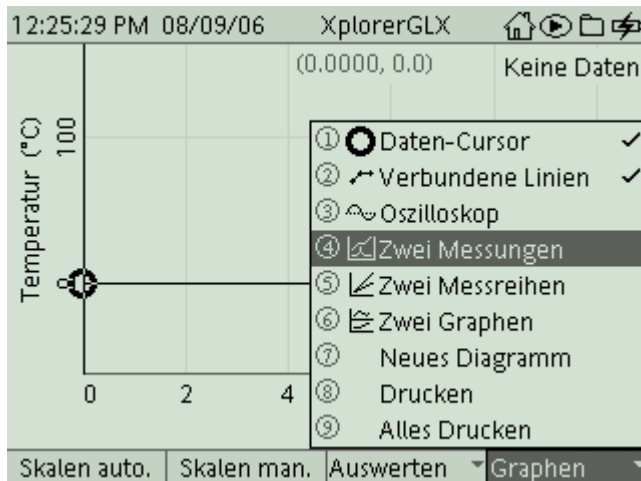
Versuchsaufbau:

Wir stellen die Situation nach, indem wir in zwei Bechergläsern mit heißem Wasser gleichzeitig die Temperatur messen. Im Glas 1 schütten wir zu Beginn der Messung kaltes Wasser hinzu, im Glas 2 erfolgt die Zugabe der gleichen Menge kalten Wassers erst gegen Ende der Messung.

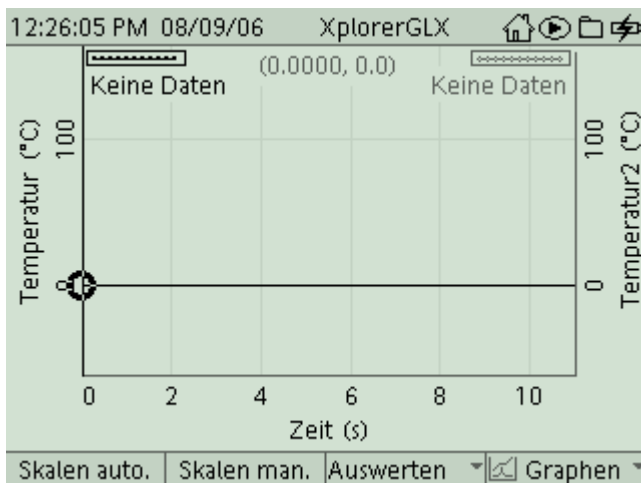
1. Fülle zwei Bechergläser (jeweils 250 ml) mit jeweils ungefähr 100 ml heißem Wasser. Die Wassertemperatur sollte zwischen 60° C und 70 °C betragen und in beiden Bechern gleich groß sein. Auch die Wassermenge muss in beiden Gläsern gleich sein.
2. Stelle den kleinen Becher mit 100 ml kaltem Wasser bereit.


**Versuchsdurchführung (Bedienung des GLX):**

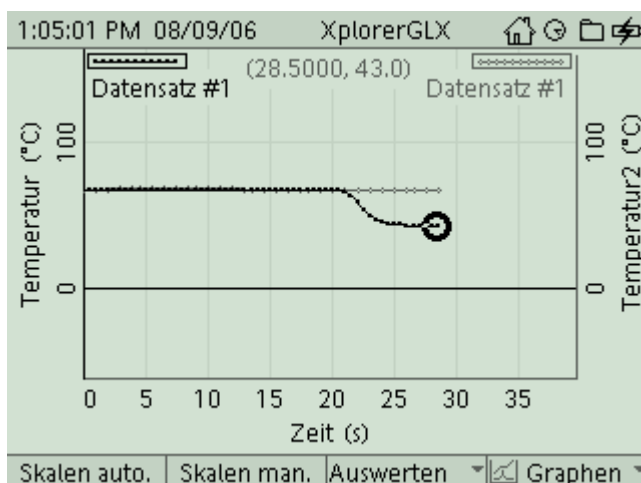
1. Schließe den Netzadapter am GLX an oder schalte den GLX mit  ein.
2. Stecke den ersten Thermosensor links am GLX im Port *Temperatur 1* an. Dadurch öffnet sich automatisch ein Grafikenster für die Temperaturmessung.
3. Stecke den zweiten Thermosensor links am GLX im Port *Temperatur 2* an. Um beide Messungen gleichzeitig anzuzeigen, wechselst Du mit  in das Menü *Graphen* und wählst dort mit  und  oder mit der passenden Nummerntaste den Modus **Zwei Messungen** aus:



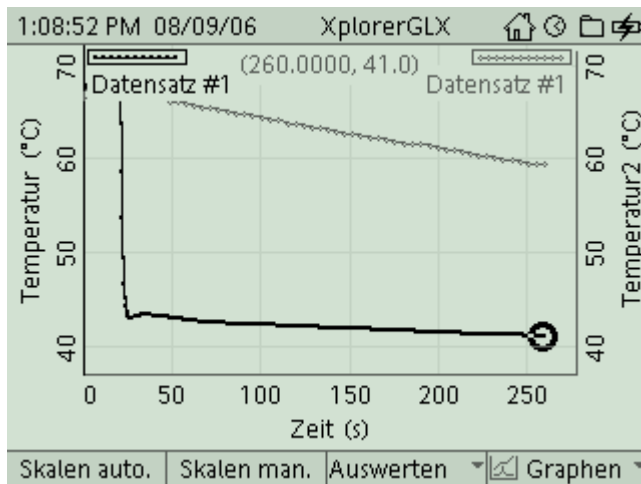
- Es erscheint ein Diagramm zur Darstellung von zwei Graphen gleichzeitig, wobei die linke Hochachse für Temperatur 1 und die rechte Hochachse für Temperatur 2 steht:




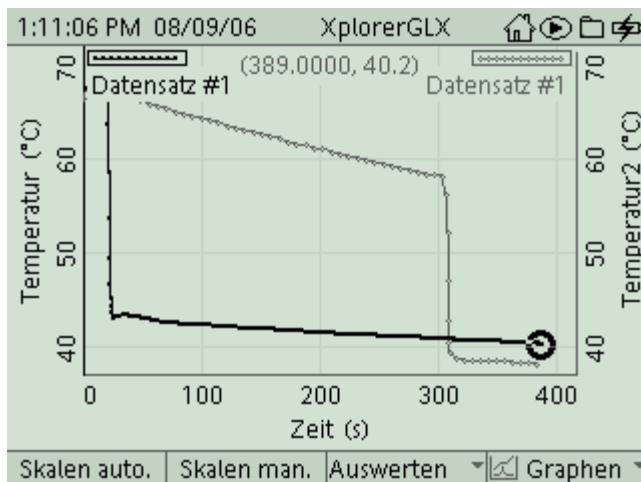
- Hänge Thermosensor 1 in Becherglas 1 und Thermosensor 2 in Becherglas 2 und trage dafür Sorge, dass die Sensoren nicht unbeabsichtigt aus den Bechern rutschen können.
- Starte die Messung mit . Die beiden Messkurven sollten eine gemeinsame Linie bilden (bei gleicher Ausgangstemperatur). Schütte gleich das kalte Wasser (100 ml) in das Becherglas 1. Die Temperaturkurve von Sensor 1 sollte jetzt deutlich absinken:




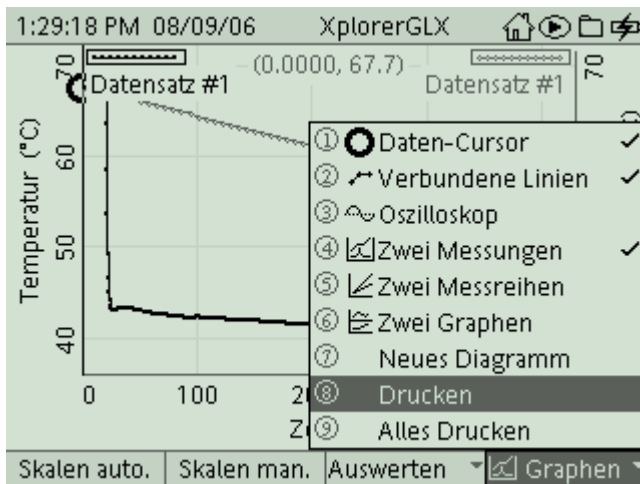
7. Verwende die Taste **F1** (skalieren automatisch), um die Temperaturachse zu strecken (dabei wird auch der Nullpunkt verschoben, so dass die Messkurven möglichst groß auf dem Display zu sehen sind):



8. Stelle nochmals 100 ml kaltes Wasser im Becher bereit (bei Entnahme aus dem Kanister hat es nach wie vor Raumtemperatur). Warte, bis der aktuelle Messpunkt die Marke 300 s überschritten hat, dann schütte das kalte Wasser in Becher 2. Lasse die Messung noch ein wenig laufen und beende sie dann mit .

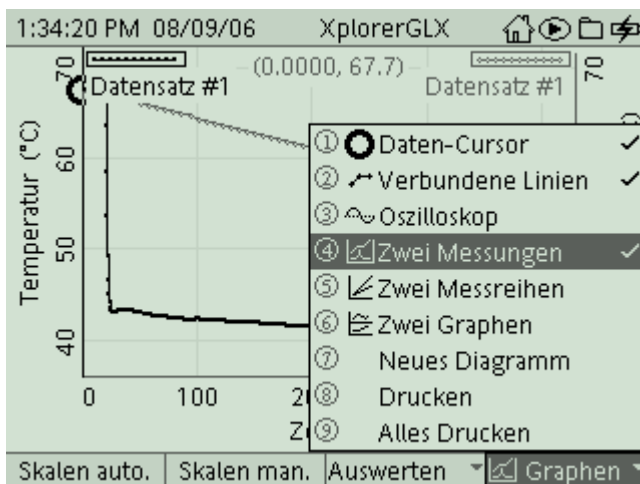


9. Damit bist Du zunächst am Ziel unseres Experiments gelangt. Du kannst Deinem Physiklehrer jetzt sicher bei seinem Kaffee-Problem helfen. Drucke aber zunächst Deine Messkurve mit **F4** und **Drucken**  aus, bevor Du die Fragen auf Deinem Arbeitsblatt an Hand der ausgedruckten Messkurve beantwortest.

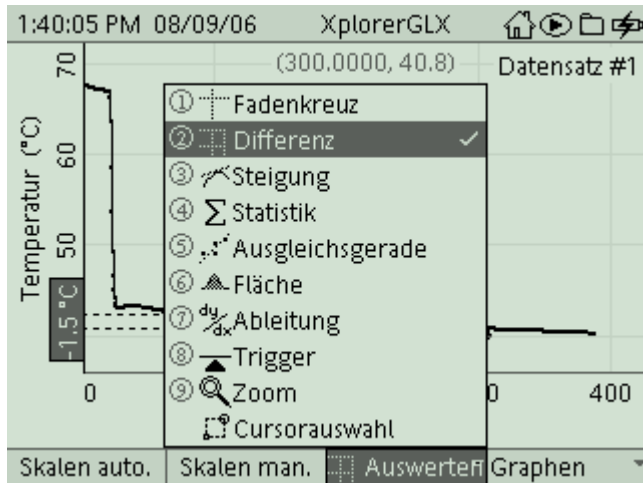



Im den Schritten 10 bis 14 wird Dir noch erklärt, wie Du das Tool **Differenz** geschickt zur Auswertung der Messkurve nutzen kannst. Du kannst es zur Beantwortung der Fragen auf Deinem Arbeitsblatt verwenden, falls Du die Auswertung im Praktikum durchführst oder falls Du den Datensatz mit USB-Stick nach Hause nimmst und dort mit der entsprechenden Software bearbeitest (unter pasco.com/glx kannst Du Dir eine entsprechende Messsoftware downloaden inklusive einem Programm, das den GLX auf Deinem Computerbildschirm simuliert).

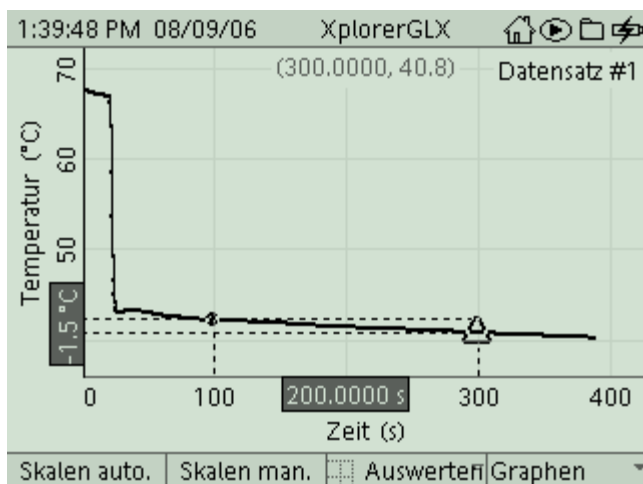
10. Öffne mit **F4** das Auswahlm Menü *Graphen*, wähle den Menüpunkt **Zwei Messungen** an und hebe den Modus **Zwei Messungen** durch **✓** auf:



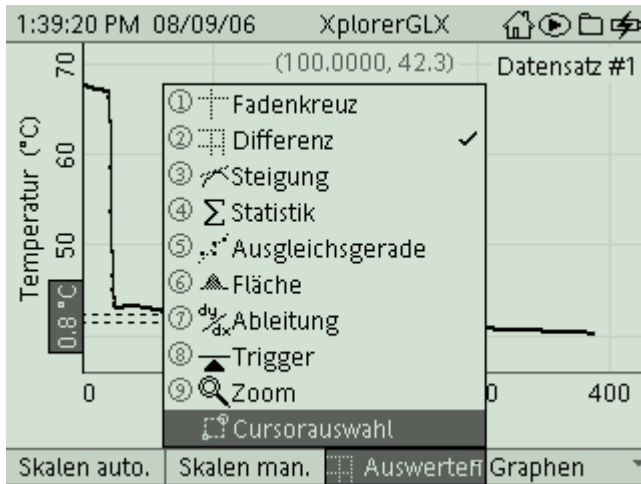
11. Bringe den Daten-Cursor mit **>** auf dem Graphen an die Position 100s (die Koordinaten des aktuellen Messpunktes siehst Du in runden Klammern in der Mitte direkt unter der Statusleiste des Bildschirms). Wähle dann über **F3** (*Auswerten*) das Tool **Differenz**.



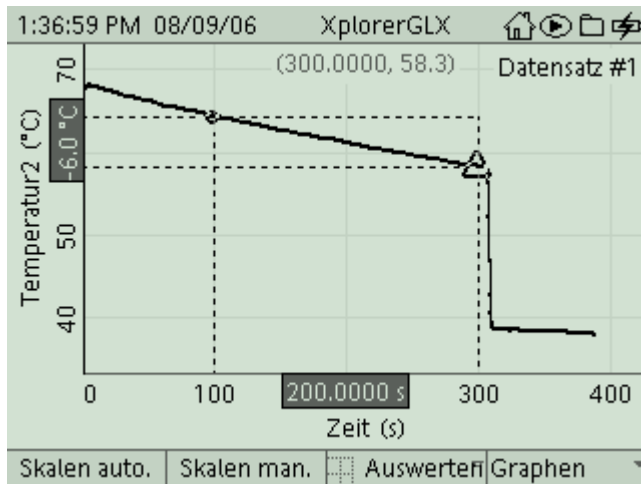
12. Durch Verschieben des aktiven Datencursors mit  ziehst Du dann ein Rechteck auf der Messkurve auf, mit dem Du Abstände sowohl in x- wie in y-Richtung vermessen kannst. Ziehe das Rechteck bis 300s auf und lies ab, um wie viel °C sich die Temperatur in der Zeit von 100s bis 300s ändert:



13. Das Auswerteprogramm misst die Unterschiede immer vom feststehenden Cursorpunkt (in der Graphik kleiner Kreis) zum beweglichen Cursorpunkt (in der Graphik Dreieck). Die Reihenfolge lässt sich im Menü *Auswerten* unter dem Punkt **Cursorauswahl** vertauschen.

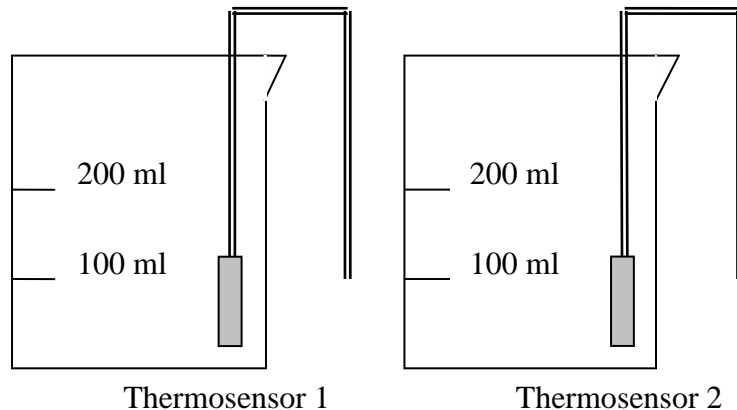


14. Wechsle nun die Anzeige in der Hochachse auf **Temperatur 2** (das geht genauso wie schon früher mit den Tasten , , und) und miss auch hier die Temperaturabnahme zwischen 100s und 300s.



Aufgabe:

Euer Physiklehrer hat im Physikercafe die letzte Tasse Kaffee ergattert. Allerdings muss er zunächst noch im Lehrerzimmer das neue Arbeitsblatt kopieren und muss wohl oder übel akzeptieren, dass in der Zwischenzeit sein Kaffee kälter wird. Um den Effekt wenigstens zu minimieren, überlegt er, ob er die kalte Milch besser gleich oder erst wenn er den Kaffee trinkt in den Kaffee gibt. Macht das überhaupt einen Unterschied für die Trinktemperatur und welches Vorgehen minimiert gegebenenfalls den Temperaturverlust?



Aufbau und Durchführung:

Eine ausführliche Anleitung findest Du im „Experimentierhandbuch Explorer GLX“ unter der Nummer 2.

1. Fülle in zwei Bechergläser jeweils 100 ml heißes Wasser von gleicher Temperatur (dies soll jeweils der Kaffee sein).
2. Miss im folgenden den Temperaturverlauf in beiden Gläsern mit zwei Thermosensoren und dem GLX.
3. Schütte jeweils 100 ml kaltes Wasser (dies soll die kalte Milch sein) in das Becherglas 1 sofort, in das Becherglas 2 erst nach 5 min.

Fragen zum Graphen:

1. Macht es einen Unterschied, ob man die kalte Milch sofort in den heißen Kaffee schüttet oder erst nach 5 min ? o ja o nein
2. Bei welchem Verfahren kann Dein Physiklehrer den Kaffee heißer genießen?
 - o wenn er die kalte Milch sofort in den Kaffee gibt
 - o wenn er die kalte Milch erst nach der Wartezeit in den Kaffee gibt
3. Wie groß ist der Temperaturunterschied zwischen den beiden Verfahren in unserem Beispiel ungefähr?
4. Vergleiche die beiden Messkurven im Zeitraum zwischen 100s und 300s, fällt Dir etwas auf? Um wie viel °C (eigentlich K) hat sich in diesem Zeitraum der heiße Kaffee ohne Milch bzw. der lauwarme Kaffee mit Milch jeweils abgekühlt?
 - heißer Kaffee: Abkühlung um in 200s
 - lauwarmer Kaffee: Abkühlung um in 200s

Ergebnis aus dem Experiment:

Wovon hängt der Verlust an Temperatur und damit an Wärme offenbar wesentlich ab? Ergänze das folgende Ergebnis!

Ein Körper verliert in einer bestimmten Zeit umso mehr Wärme, je im Vergleich zur Umgebung ist.

weiterführende Fragen:

1. Nicht alle Physiklehrer mischen Kaffee und Milch im Verhältnis 1 : 1, wie wir das gemacht haben. Wie wird der Temperaturunterschied in der Praxis ausfallen?
 - o kleiner o gleich o größer als im Experiment
2. Als Tipp zum Energiesparen hört man häufig, man solle die Zimmertemperatur besser 1 bis 2 Grad niedriger wählen, als man das gewohnt ist. Welcher Zusammenhang besteht zwischen diesem Tipp und unserem Experiment?

.....

.....

.....