

Das Problem des Reisenden (Newtonsches Abkühlungsgesetz)

Versuchsziele

- Klärung: unter welchen Bedingungen ist (zu) heißer Kaffee eher trinkbar: Milch sofort oder erst nach einigen Minuten zufügen?
- Untersuchung der Abkühlung von Flüssigkeiten

Rechnerinfo

Sensoren: 2 Temperatursensoren

Messmodus: zeitbasiert

weiteres: Messung mit 2 Sensoren, Kurvenbereich auswählen Analyse von Kurven

Physik- und Messinfo:

Durch die Physikbücher geistert das folgende Problem: ein Reisender möchte auf dem Bahnhof eine Tasse Kaffee trinken, hat aber bis zur Abfahrt seines Zuges nur einige Minuten Zeit. Der Kaffee ist zu heiß zum Trinken. Unter welchen Bedingungen kühlt sich der Kaffee schneller ab und wird in der vorgegebenen Zeit trinkbar: Soll der Reisende die kalte Milch sofort zufügen oder erst einige Zeit später?

Antwort: da die Temperaturänderung bei der Abkühlung proportional zur Temperaturdifferenz zur Umgebung ist (Newtonsches Abkühlungsgesetz), ist es günstiger, den Kaffee möglichst lange ohne die kalte Milch abkühlen zu lassen und erst kurz vor dem Trinken die Milch zuzufügen, was die Temperatur dann sprunghaft absinken lässt. Dieses lässt sich durch Messung mit 2 Temperatursensoren hervorragend nachweisen.

Das Newtonsche Abkühlungsgesetz ($T \sim e^{-kT}$) kann man natürlich auch mit nur einem Temperatursensor messen. Wenn man die eventuell mit gemessene Aufwärmphase des Sensors durch Auswahl des Kurvenbereichs abschneidet (oder die Messung nicht direkt nach Eintauchen des Sensors sondern etwas später startet) kann man eine e-Funktion an die Messung anpassen. Ist die Temperaturdifferenz zur Umgebung nicht mehr sehr groß, verläuft die weitere Abkühlung praktisch linear. Schneidet man den Anfangsbereich der Abkühlungsmessung ab, so lässt sich auch eine Gerade hervorragend anpassen.

Versuchsaufbau und Durchführung der Messung:

Benötigt werden:

2 gleiche Gefäße (Kaffeepötte oder Bechergläser) mit etwa 250 ml Fassungsvermögen

2 Messbecher mit kaltem Leitungswasser (Menge identisch, 30 - 50 ml ist o. k.)

2 Temperatursensoren

Wasserkocher o. ä.

- Wasser wird zum Kochen gebracht. In jedes der beiden Gefäße wird ein Temperatursensor (verbunden mit Lab-Cradle und Rechner) gesteckt. Die beiden Gefäße werden mit 200 ml heißem Wasser gefüllt, in eins kommt zusätzlich das kalte Wasser aus einem der Messbecher.
- Messung starten
- nach einigen Minuten wird auch dem zweiten Gefäß das kalte Wasser zugesetzt.

Rechnereinstellungen (siehe auch Kurzbeschreibung):

Menu

1: Experiment

7: Erfassungsmodus
zeitbasiert

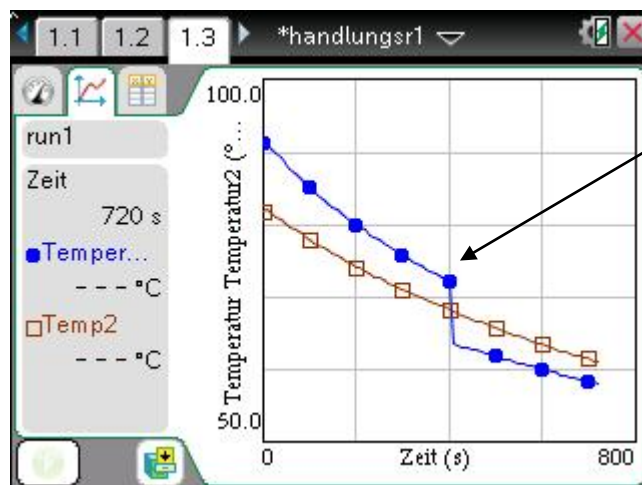
8: Erfassung einrichten

Messparameter: 0.1 Stichproben/s (oder 10 s / Stichprobe), ca. 600 s Messzeit.

Falls im Graphmodus dann nur eine Messzeit von 180 s an der horizontalen Achse steht:
5: Erfassung erweitern – so oft bedienen bis ausreichend große Messzeit angezeigt wird.

Anregung zu diesem Experiment: H.-J. Claas [12].

Messbeispiel



Kaltes Wasser zugegeben.

200 ml heißes Wasser, 30 ml kaltes Wasser

$\Delta t = 10$ s, 720 s Messzeit

Anfitten von Kurven an die Abkühlungsmessung

Vorgehensweise wie bei „Analyse von Messkurven“ beschrieben:

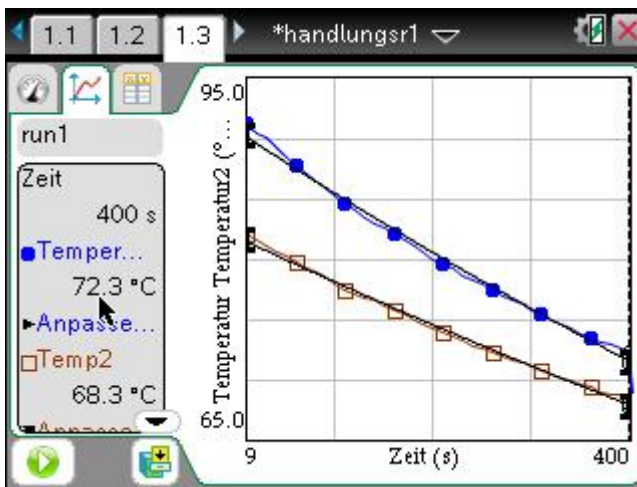
- mit „ctrl o.k.“ zu fittenden Bereich auswählen

Menu:

- 3: Graph
- 8: vergrößern
- 4: Analyse
- 6: Kurvenanpassung
- A: e-Funktion

Falls man mit mehreren Sensoren gemessen hat, wird auch noch abgefragt, welche Kurve analysiert werden soll.

Beispiel:



Die schwarzen Kurven sind die angefit-
ten e-Funktionen.