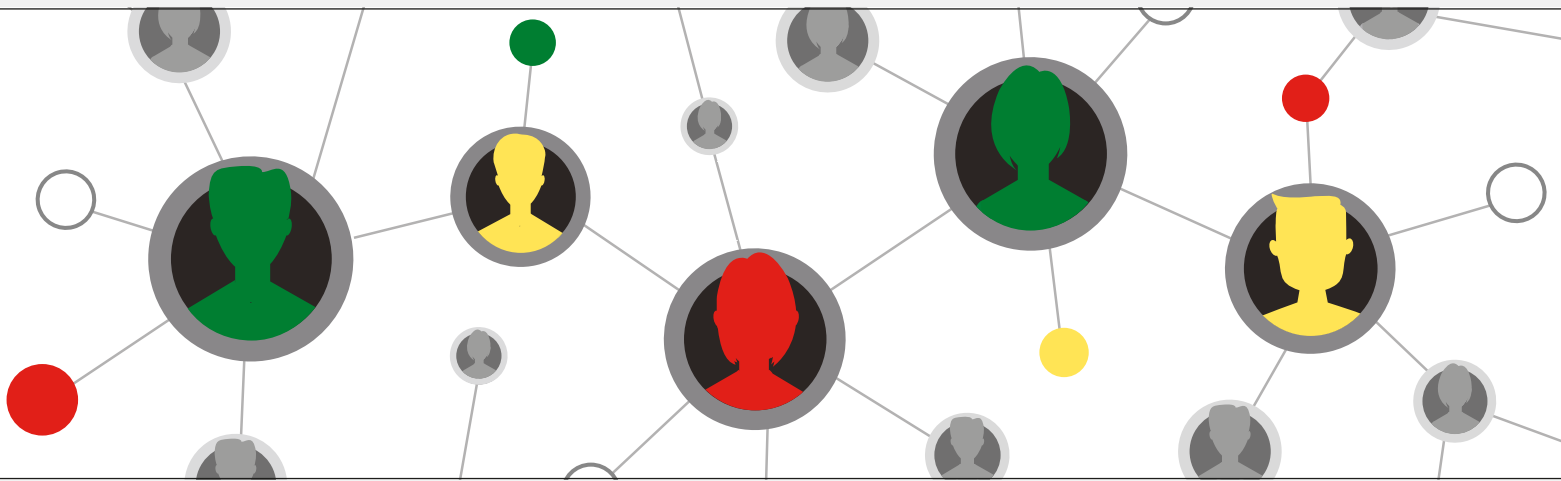


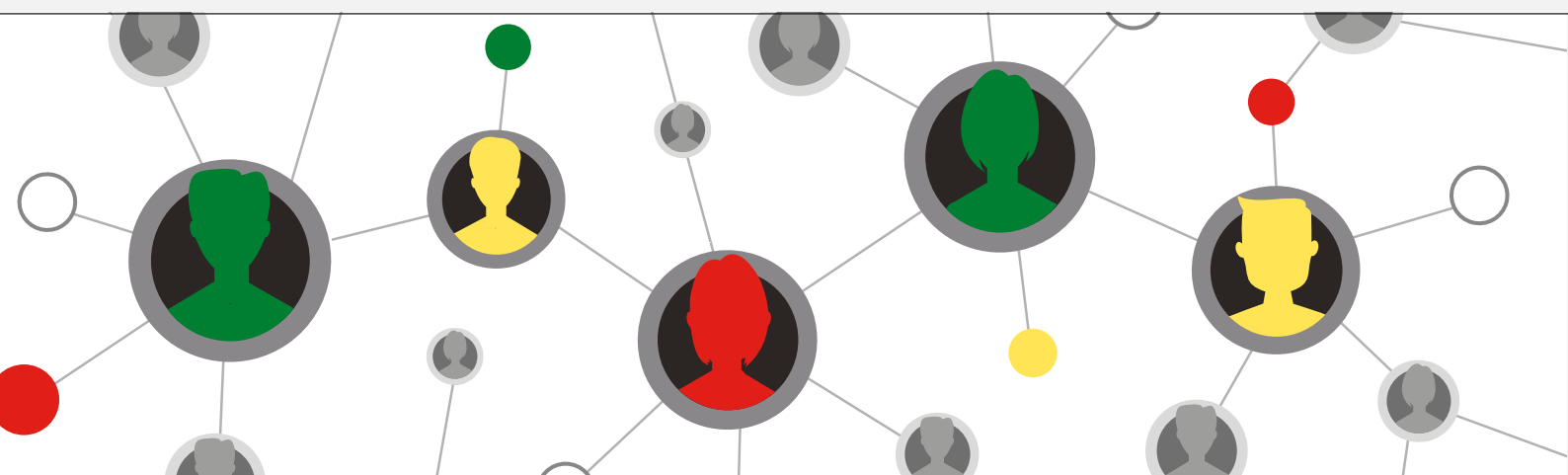
Von der Messwertaufassung bis zur Programmierung

Sensorik mit und ohne TI-Innovator™ mit TI LaunchPad™ Board

– Autorenteam –



Teachers Teaching with Technology™



Herausgeber:
Dr. Hubert Langlotz, Frank Liebner

Autoren:
Veit Berger, Marc Brode, Michael Deittert, Jürgen Enders, Eva Friedrich, Ralph Huste, Melanie Krauß, Hubert Langlotz,
Therese Luethi, Cordula Rahn, Thomas Reiske, Markus Schwarz, Daniel Spieker, Hildegard Urban-Woltron, Christian Zöpfl

Dieses und weiteres Material steht Ihnen zum pdf-Download bereit: www.ti-unterrichtsmaterialien.net

Dieses Werk wurde in der Absicht erarbeitet, Lehrerinnen und Lehrern geeignete Materialien für den Unterricht in die Hand zu geben. Die Anfertigung einer notwendigen Anzahl von Fotokopien für den Einsatz in der Klasse, einer Lehrerfortbildung oder einem Seminar ist daher gestattet. Hierbei ist auf das Copyright von T³-Deutschland hinzuweisen. Jede Verwertung in anderen als den genannten oder den gesetzlich zugelassenen Fällen ist ohne schriftliche Genehmigung von T³ nicht zulässig.

Vorwort

Chancen nutzen, die digitale Werkzeuge für den mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht bieten, bedeutet u. a. neue Wege der Erkenntnisgewinnung zu beschreiben, zu beschreiten und einfache Prozesse des Steuerns und Regelns zu gestalten.

Die Nutzung von z. B. pH-, Leitfähigkeits- und Ultraschallsensoren hat in den letzten Jahren immer mehr Einzug in die tägliche Unterrichtsarbeit insbesondere in den Fächern Biologie, Chemie und Physik gehalten.

Es wurden Möglichkeiten geschaffen, dass Schülerinnen und Schüler den Erkenntnisprozess unter Einbeziehung von realen Messdaten aus Experimenten mehr und mehr selbst gestalten können. Dabei geht es häufig darum, naturwissenschaftliche Phänomene zu untersuchen bzw. fachwissenschaftliche Zusammenhänge zu erkunden, zu verstehen oder zu bestätigen.

Dieses Anliegen greift das vorliegende Material im ersten Teil auf.

Anhand einfacher Experimente, die sowohl für den Fachunterricht als auch für fachübergreifende Projekte nutzbar sind, werden Möglichkeiten angeboten, Schülerinnen und Schülern die Naturwissenschaften und das wissenschaftliche Arbeiten näher zu bringen.

Die durch ein Autorenteam erstellten Anleitungen orientieren sich an sehr praktischen Themen und greifen Phänomene auf, die die Lernenden aus ihrem Alltag kennen.

Im zweiten Teil finden Sie eine umfangreiche Anleitung inklusive ausgewählter Beispiele zur Nutzung des TI-Innovator™ Hub mit TI LaunchPad™, einem schultauglichen Microcontroller.

Schülerinnen und Schüler haben mit diesem Gerät u. a. die Möglichkeit

- die Funktionsweise selbst erstellter Programme mittels des eingebauten Lautsprechers und einer LED sofort zu testen und
- einfache Prozesse des Steuerns und Regelns zu erlernen.

Weiterhin kann der TI-Innovator™ Hub mit verschiedensten Sensoren wie z. B. Temperatur- oder Ultraschallsensor gekoppelt werden, welche eine vielfältige Anwendung ermöglichen und gleichzeitig außergewöhnliche Möglichkeiten des kreativen Arbeitens bieten.

Erfahrungen in der Nutzung des zum Einsatz kommenden Gerätes zeigen, dass neben neuen Ansätzen im Informatikunterricht auch naturwissenschaftliche Fragestellungen und Projekte bearbeitet werden können.

Um Ihnen, sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen, den Einstieg in die Arbeit mit dem TI-Innovator™ Hub zu erleichtern, finden Sie in diesem Material neben ausgewählten, einfachen Anwendungsbeispielen auch eine kurze Einführung in die Programmiersprache TI-Basic. Die vorgestellten Programme sind für die Nutzung des TI-Innovator™ Hubs in Verbindung mit dem TI-Nspire™ CX CAS bzw. TI-Nspire™ CX vorgesehen. Für die Anwendung auf dem TI-84 Plus CE-T müssen die vorgestellten Programme leicht modifiziert werden.

Das Autorenteam wünscht allen Nutzern viel Freude und Erfolg beim Experimentieren, Programmieren und Entdecken naturwissenschaftlicher Zusammenhänge.

Wichtige Hinweise

Bei der Erarbeitung der Experimente wurden die derzeit gültigen Sicherheitsbestimmungen im Umgang mit Chemikalien zu Grunde gelegt.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der betreuende Fachlehrer die Verantwortung für den sachgerechten Umgang mit Chemikalien, die Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen und das fachgerechte Entsorgen der Chemikalien trägt.

Alle Anleitungen wurden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen die Herausgeber und Autoren für die Richtigkeit von Aufgaben, deren Lösungen, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung. In den nachfolgenden Anleitungen werden die Bezeichnungen Rechner und Taschenrechner für entsprechende Geräte zur Messwerterfassung bzw. zur Programmierung des TI-Innovators™ Hubs genutzt.

Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Leuchtende und rauschende Brennerflammen im Vergleich Hochtemperatursensor, Lichtsensor | 6 |
| 2 | Musik machen mit Gläsern und Flaschen Mikrofonsensor | 8 |
| 3 | Untersuchungen zur Funktionsweise von Wärmekissen Temperatursensor | 15 |
| 4 | Der Piezoelektrische Effekt Spannungssensor | 18 |
| 5 | Bei welcher Temperatur schmilzt Schokolade? Temperatursensoren | 20 |
| 6 | Klimaerwärmung im Experiment Temperatursensoren | 22 |
| 7 | Schwarz schluckt Strahlungsenergie Temperatursensoren | 24 |
| 8 | Leitfähigkeitsuntersuchung beim Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser Leitfähigkeitssensor | 27 |
| 9 | Kohlenstoffdioxid und Korallenriffe pH- und Temperatursensor | 30 |
| 10 | Mit welcher Schaukel erziele ich mehr Hertz? Bewegungssensor | 34 |
| 11 | Selbsterhitzende Mahlzeiten Temperatursensor | 37 |
| 12 | Entzündungstemperatur eines Streichholzes Hochtemperatursensor | 39 |

Der TI-Innovator™ Hub – Messen, Steuern, Regeln

| | | |
|------|---|----|
| 1 | Einleitung | 42 |
| 2 | Einführung in TI-Basic | 42 |
| 2.1 | Erste Schritte – Ein- und Ausgabe von Daten, lokale Variablen | 42 |
| 2.2 | Schleifen und Verzweigungen | 44 |
| 3 | Programmierung mit dem TI-Innovator™ Hub | 46 |
| 3.1 | Ein erstes Beispiel | 46 |
| 3.2 | Programmierung des TI-Innovators™ Hub mit „Notes“ | 47 |
| 4 | Beispiele zur Nutzung der internen Sensoren | 48 |
| 4.1 | Ein rotes Blinklicht | 48 |
| 4.2 | Automatischer Farbmischer | 49 |
| 4.3 | Helligkeit und Tonfrequenz | 50 |
| 4.4 | Alle meine Entchen – Töne, Farben und Frequenzen | 51 |
| 5 | Weiterführende Beispiele ohne externe Bauelemente | 55 |
| 5.1 | Modell einer Helligkeitsregelung | 55 |
| 5.2 | Morsen | 57 |
| 6 | Weiterführende Beispiele mit externen Bauelementen | 60 |
| 6.1 | Eine einfache Motorsteuerung | 60 |
| 6.2 | Das TIFon | 61 |
| 6.3 | Eine Einparkhilfe | 62 |
| 6.4 | Eine einfache Alarmanlage | 63 |
| 6.5 | Fußgängerampel | 65 |
| 6.6 | Temperaturwarner | 70 |
| 6.7 | Binärzahlen | 71 |
| 6.8 | Das Fadenpendel | 74 |
| 6.9 | Leitfähigkeit von Flüssigkeiten hörbar machen | 75 |
| 6.10 | Eine Rettungsleuchte | 77 |
| | Literaturhinweise | 78 |

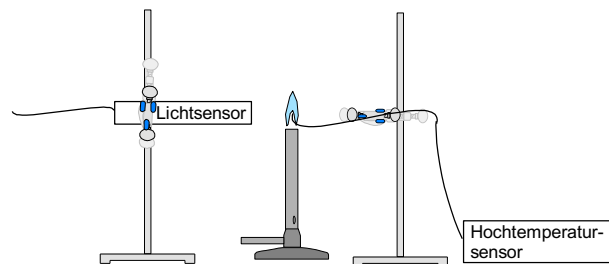
Wettstreit der Brennerflammen

Tina und Pit haben im Chemieunterricht gerade den Bunsenbrenner kennengelernt. Pit prahlt: „Wenn ich meinen Brenner so richtig hochdrehe, kann ich mit der heißen Flamme wie mit einem Laserschwert leuchten!“ Tina ist skeptisch.

Finde mit einem Experiment heraus, ob die „heiße“ Brennerflamme auch wirklich eine helle Flamme ist.

Experiment

Bereite den Rechner mit angeschlossenem Lab Cradle so vor, dass ein Hochtemperatursensor und ein Lichtsensor angeschlossen sind. Sollte kein Lab Cradle zur Verfügung stehen, so kann die Datenaufnahme auch mit zwei Rechnern und den verschiedenen Sensoren gleichzeitig erfolgen.



Entnimm den Versuchsaufbau der nebenstehenden Abbildung.

Achte darauf, dass der Lichtsensor mindestens 10 cm von der Brennerflamme entfernt ist und dass er sich nicht auf gleicher Flammenseite mit dem Hochtemperatursensor befindet.

Miss jeweils die Temperatur und die Lichtintensität der leuchtenden und der rauschenden Flamme.

Auswertung

1 Ergänze nachfolgende Tabelle.

| | Temperatur | Lichtintensität |
|-------------------|------------|-----------------|
| leuchtende Flamme | | |
| rauschende Flamme | | |

2 Formuliere den Zusammenhang zwischen Helligkeit und Temperatur einer Brennerflamme und nimm Stellung zu Pits Prahlerei.

3 Beurteile unter Einbeziehung nachfolgender Aussagen, ob es beim „Wettbewerb“ der leuchtenden und rauschenden Flamme einen Sieger gibt. Begründe.

- „Eine Brennerflamme mit höherer Temperatur hat mehr Energie als eine Brennerflamme mit niedrigerer Temperatur.“
- „Eine Brennerflamme mit höherer Lichtintensität hat mehr Energie als eine Brennerflamme mit geringerer Lichtintensität.“

Wettstreit der Brennerflammen

Lehrermaterial

Geräte

- Brenner
- Stativmaterial

- Hochtemperatursensor (Thermocouple)
- Lichtsensor

Chemikalien

keine

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

Ereignisse mit Eintrag

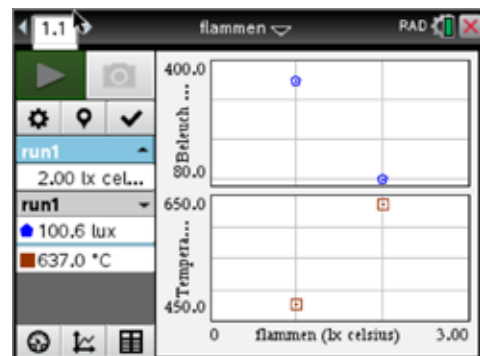
Hinweise zur Versuchsdurchführung

Bei diesem Experiment ist unbedingt darauf zu achten, dass der Hochtemperatursensor (Thermocouple) eingesetzt wird.
 Bei dem Erfassungsmodus wird empfohlen, die Option „Durchschnitt über 10 s“ zu wählen, da auf Grund von Luftbewegungen große Messwert-Schwankungen auftreten können.

Lösungen

1 In den Schülerlösungen werden konkrete Werte erwartet.

| | Temperatur | Lichtintensität |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| leuchtende Flamme | niedrigere Temperatur | höhere Lichtintensität |
| rauschende Flamme | höhere Temperatur | geringere Lichtintensität |



2 Je höher die Flammentemperatur, desto lichtschwächer ist die Flamme. Pit hat Unrecht.

3 Es gibt keinen klaren Sieger, bei der Lichtintensität gewinnt die leuchtende Flamme, bei der Temperatur gewinnt die rauschende Flamme.

Musik machen mit Gläsern

Überall, wo etwas schwingt, entstehen Töne. Wenn du Gläser mit unterschiedlich viel Wasser füllst, deinen Finger anfeuchtest und langsam am Rand der Gläser entlang fährst, beginnen die Gläser zu „singen“. Alternativ kannst du die Gläser auch vorsichtig mit einem Löffel anschlagen.



Wenn du die Zusammenhänge der Wassermenge und der Tonhöhe kennst, lässt sich so auch eine Tonleiter erzeugen und eine kleine Melodie spielen. Schon ohne Datenerfassung kannst du herausfinden: Je nachdem, wieviel Wasser im Glas ist, gibt es einen anderen Ton. Konkret heißt das: Die Höhe des Tons hängt von der Menge an Wasser im Glas ab. Je weniger Wasser sich im Glas befindet, umso höher ist der Ton.

Experiment 1

Fülle ein dünnwandiges Glas zur Hälfte mit Wasser. Tauche den sauberen Zeigefinger ein und fahre langsam über den Glasrand.

Alternativ kannst du das Glas z. B. auch mit einem Löffel anschlagen. Es entsteht ein Ton. Variiere die Wassermenge und wiederhole den Versuch.

Führe die Versuchsreihe noch einmal durch und nimm nun mit dem Mikrofonsensor die Messdaten auf. Wähle die Einstellung zeitbasiert und verwende zum Starten der Datenerfassung einen Trigger. Halte den Sensor seitlich, möglichst nahe zum Glas.

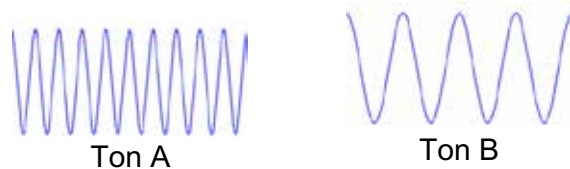
Auswertung

Ergänze die nachfolgenden Aussagen.

1) Je weniger Wasser sich im Glas befindet, desto _____ (tiefer/höher) ist der Ton.

2) Werte die nebenstehenden Abbildungen aus.

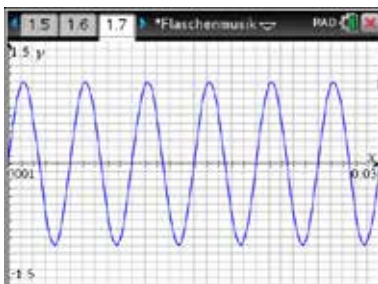
Der Ton A ist _____ (höher / tiefer) als der Ton B.



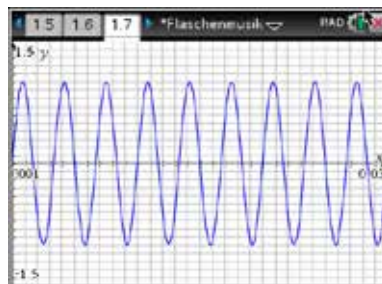
Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde heißt **Frequenz** und wird in **Hertz (Hz)** angegeben.

In den Abbildungen unten ist jeweils auf der x-Achse ein Zeitintervall von 0,03 Sekunden vorgegeben. Ein Teilstrich stellt 0,001 s dar.

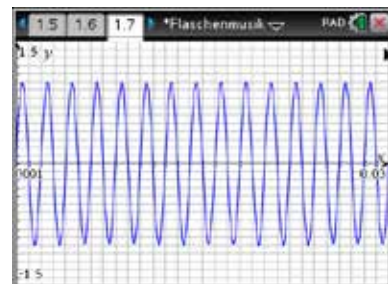
Ermittle aus den Schwingungsbildern die Frequenz der drei verschiedenen hohen Töne.



_____ Hz



_____ Hz



_____ Hz

Musik machen mit Gläsern

Experiment 2

Fülle ein dünnwandiges Glas etwa zur Hälfte mit Wasser, bringe es zum Schwingen und ermittle die Frequenz des Tones mit dem Mikrofonsensor. Halte dabei den Sensor möglichst nahe, seitlich zum Glas, ohne es zu berühren.

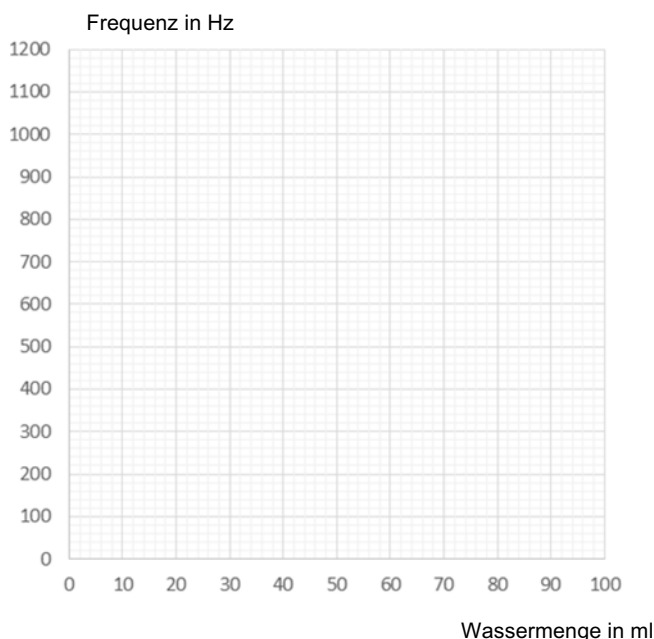
| Ton | Frequenz in Hz | Wassermenge in ml |
|---------------------|----------------|-------------------|
| Ausgangston | | |
| 100 Hz höherer Ton | | |
| 100 Hz tieferer Ton | | |

Versuche dann durch Variation der Wassermenge Töne zu erzeugen, die jeweils eine 100 Hz tiefere bzw. eine 100 Hz höhere Frequenz haben als dein Ausgangston. Trage die Frequenzen der Töne und die dazugehörigen Wassermengen in der Tabelle ein.

Experiment 3

Bringe ein dünnwandiges leeres Glas zum Schwingen und ermittle die Frequenz des Tones mit dem Mikrofonsensor. Füge dann schrittweise jeweils 10 ml Wasser dazu, bringe das Glas wieder zum Schwingen und ermittle die Frequenz des entstehenden Tones. Trage die Frequenzen der Töne und die dazugehörigen Wassermengen in der Tabelle und im Diagramm unten ein.

| Wassermenge in ml | Frequenz in Hz |
|-------------------|----------------|
| 0 | |
| 10 | |
| 20 | |
| 30 | |
| 40 | |
| 50 | |
| 60 | |
| 70 | |
| 80 | |
| 90 | |
| 100 | |



Führe die Experimente nun auch mit anderen Gläsern durch und nimm Stellung zu den folgenden Fragen.

- 1 Welchen Einfluss hat die Wandstärke auf das „Gelingen“ des Experiments?
- 2 Hat die Größe des Glases einen Einfluss auf die Tonhöhe?
- 3 Erkläre, warum dickwandige Gläser für den Versuch eher ungeeignet sind.

Musik machen mit Flaschen

Wenn du über die Öffnung einer Flasche bläst, erklingt ein Ton. Alternativ kannst du Glasflaschen auch z. B. mit einem Löffel anschlagen. Probiere es aus.

Die gleiche Flasche - zur Hälfte mit Wasser gefüllt – klingt jedoch anders: Der Flaschenton wird höher. Warum ist das so?

Wenn du Gläser mit unterschiedlich viel Wasser füllst, deinen Finger anfeuchtest und langsam am Rand der Gläser entlang fährst, beginnen die Gläser zu „singen“.

Diskutiert in einer Gruppe, was bei den Gläsern und bei den Flaschen jeweils schwingt beziehungsweise, wie die Wassermenge die Tonhöhe beeinflusst und dokumentiert eure Diskussionsergebnisse.

Experiment 1

Fülle mehrere Glasflaschen unterschiedlich hoch mit Wasser und puste dann über die Öffnung der Flaschen. Sortiere schließlich die Flaschen entsprechend ihrer Tonhöhe.

Was stellst du fest?

Ergänze nachfolgenden Text.

Durch das Pusten entstehen Schallwellen unterschiedlicher _____.

Je voller die Flasche, desto _____ (höher/tiefer) ist der Ton.

Experiment 2

Schlage als nächstes vorsichtig jede der Glasflaschen mit einem Teelöffel an. Welche Flasche macht jetzt den höchsten Ton? Puste noch einmal zum Vergleich. Was gefällt dir besser, pusten oder schlagen? Probiere aus, ob du eine Melodie mit den Flaschen spielen kannst.

Experiment 3

Fülle mehrere gleich große Glas- oder Plastikflaschen unterschiedlich hoch mit Wasser und puste dann über die Öffnung der Flaschen. Nimm nun mit dem Mikrofonsensor z. B. bei einer Messdauer von 0,03 Sekunden die Messdaten für verschiedene Wassermengen auf.

Betrachte die Schwingungsbilder genau. Halte den Sensor möglichst nahe an die Flaschenöffnung.

Ergänze nachfolgenden Text.

Je weniger Wasser sich im Glas befindet, desto _____ (mehr/weniger)

Schwingungen sind für das Zeitintervall von 0,03 s auf dem Bildschirm zu sehen.

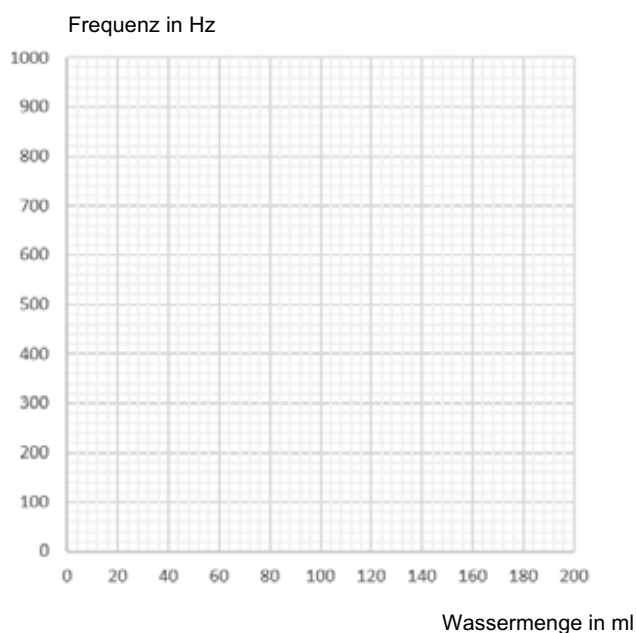
Je _____ (mehr/weniger) Schwingungen auf dem Bildschirm zu sehen sind,

desto _____ (höher/niedriger) ist der dazugehörige Ton.

Experiment 4

Bringe die Luft in einer leeren Glas- oder Plastikflasche durch Pusten zum Schwingen und ermittle die Frequenz des Tones mit dem Mikrofonsensor. Füge dann schrittweise jeweils 20 ml Wasser dazu, bringe die Luft in der Flasche wieder zum Schwingen und ermittle die Frequenz des entstehenden Tones. Trage die Frequenzen der Töne und die dazugehörigen Wassermengen in die Tabelle und in des Diagramm unten ein. Wähle die Einstellung zeitbasiert und verwende zum Starten der Datenerfassung einen Trigger. Halte den Sensor seitlich, möglichst nahe zum Glas.

| Wassermenge in ml | Frequenz in Hz |
|----------------------|-------------------|
| 0 | |
| 20 | |
| 40 | |
| 60 | |
| 80 | |
| 100 | |
| 120 | |
| 140 | |
| 160 | |
| 180 | |
| 200 | |



Experiment 5

Führe die Experimente nun auch mit anderen Flaschen durch und beantworte nachfolgende Fragen.

- 1 Welchen Einfluss hat die Flaschengröße auf das „Gelingen“ des Experiments?
- 2 Erzeugen größere Flaschen höhere oder tiefere Töne?
- 3 Spielt die Wandstärke der Flaschen eine Rolle für das „Gelingen“ des Experiments?

Musik machen mit Gläsern und Flaschen

Lehrermaterial

Geräte

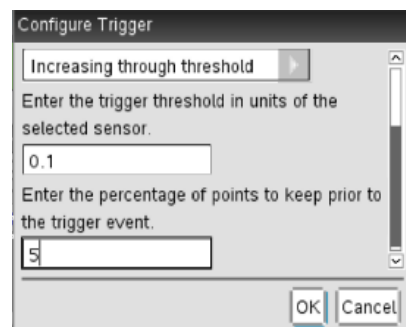
- mehrere gleiche (dünnwandige) Gläser in verschiedenen Größen
- mehrere Gläser unterschiedlicher Größe und Wandstärke
- mehrere Glasflaschen in unterschiedlichen Größen
- Teelöffel
- Messzylinder ($V = 25 \text{ ml}$)
- Wasser

- Mikrofonsensor
- LabCradle (oder Mikrophone mit USB-Anschluss)

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 0,03

- Triggereung (Increasing through threshold, 0.1/5)



Hinweise zur Versuchsdurchführung

Schülerinnen und Schüler sollen durch Anschlagen oder durch Reibung mit einem Finger ein dünnwandiges Glas in Schwingungen versetzen und/oder über die Öffnung von (leeren und unterschiedlich hoch mit Wasser gefüllten) Flaschen blasen und dabei Luftwirbel erzeugen, die die Luft in der Flasche in Schwingung versetzen und dadurch einen Ton erzeugen. Glasflaschen können zum Beispiel mit Teelöffeln angeschlagen werden.

Es soll explorativ – zuerst auch ohne Messung – eine Vermutung entwickelt werden, wie die Höhe des Tons von der Größe der Flasche oder des Glases und von der Höhe des Wasserstandes abhängt.

Die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler soll auf die Höhe der über dem Wasser in der Flasche befindlichen Luftsäule gelenkt werden.

Beim schwingenden Glas ist der Sachverhalt anders: Bei ihm schwingt nicht die Luftsäule, sondern das Glas selbst. Das Glas mit Wasser ist schwerer als ohne Wasser – und bei den Schwingungen muss das Wasser immer mitbewegt werden. Dadurch wird das Glas teilweise gedämpft – es vibriert langsamer. Das ergibt eine niedrigere Frequenz und der Ton ist tiefer.

Zu diesen Phänomenen sollen die Schülerinnen und Schüler mehrere Messungen durchführen und aus dem angezeigten „Schwingungsbild“ Unterschiede und Abhängigkeiten erkennen.

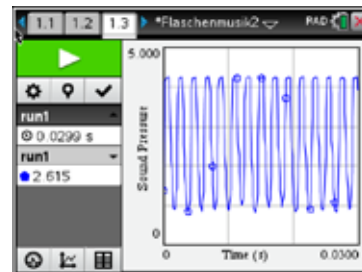
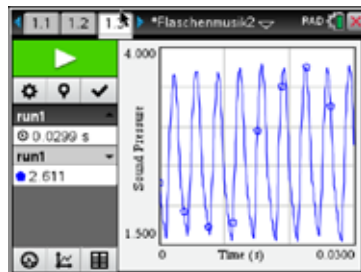
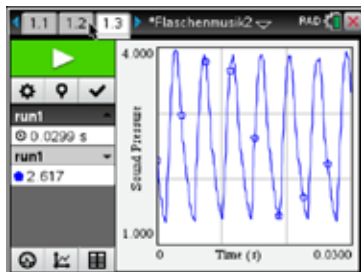
In der Oberstufe werden die Messergebnisse vor dem fachlichen Hintergrund der stehenden Welle diskutiert und interpretiert.

Lösungen

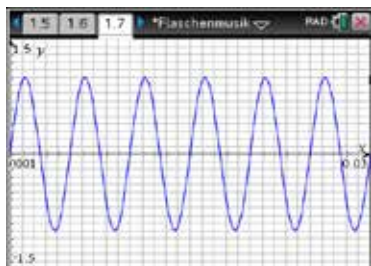
Musik machen mit Gläsern

Experiment 1

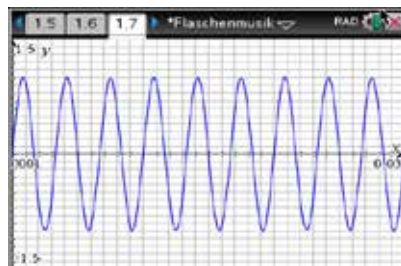
Die angegebenen Musterlösungen beziehen sich auf folgende Versuchsbedingungen: Glasflasche 0,25 Liter, leer, zur Hälfte und zu etwa zwei Drittel mit Wasser gefüllt.



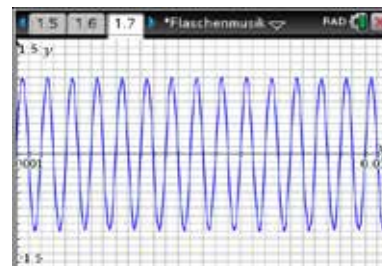
- 1 Je weniger Wasser sich im Glas befindet, desto höher ist der Ton.
- 2 Der Ton A ist höher als der Ton B.



200 Hz



300 Hz



500 Hz

Experiment 2

Aufgrund der Vielzahl von möglichen Versuchsdurchführungen wird auf die Angabe einer Musterlösung verzichtet.

Experiment 3

Aufgrund der Vielzahl von möglichen Versuchsdurchführungen wird auf die Angabe einer Musterlösung verzichtet.

Je weniger Wasser sich im Glas befindet, desto mehr Schwingungen sind für das Zeitintervall 0,03 s auf dem Bildschirm zu sehen.

Je mehr Schwingungen auf dem Bildschirm zu sehen sind, desto höher ist der dazugehörige Ton.

Je weniger Schwingungen auf dem Bildschirm zu sehen sind, desto niedriger ist der dazugehörige Ton.

- 1 Je dünner die Glaswand ist, desto leichter lässt sich das Glas in Schwingungen versetzen.
- 2 Die Größe des Glases, vor allem die Masse hat Einfluss auf die Tonhöhe. Je mehr Masse das Glas hat, desto tiefer ist der Ton.
- 3 Dickwandige Gläser lassen sich sehr schwer in Schwingungen versetzen.

Musik machen mit Flaschen

Experiment 1

Durch das Pusten entstehen Schallwellen unterschiedlicher Frequenz beziehungsweise Tonhöhe.

Je voller die Flasche, desto höher ist der Ton.

Experiment 2

Aufgrund der Vielzahl von möglichen Versuchsdurchführungen wird auf die Angabe einer Musterlösung verzichtet.

Experiment 3

Je weniger Wasser sich im Glas befindet, desto weniger Schwingungen für das Zeitintervall 0,03 s sind auf dem Bildschirm zu sehen.

Je weniger Schwingungen auf dem Bildschirm zu sehen sind, desto tiefer ist der dazugehörige Ton.

Experiment 4

Aufgrund der Vielzahl von möglichen Versuchsdurchführungen wird auf die Angabe einer Musterlösung verzichtet.

Experiment 5

- 1 Die Flaschengröße ist nicht die maßgebliche Größe für das grundsätzliche Gelingen des Experiments.
- 2 Mit höheren Flaschen erzielt man tiefere Töne.
- 3 Mit dickwandigen Glasflaschen erhält man aufgrund des größeren Resonanzkörpers eine größere Lautstärke und vollere Töne.

Untersuchungen zur Funktionsweise von Wärmekissen

Eigentlich wollten Tina und Pit den Abend auf dem Weihnachtsmarkt verbringen, aber nun hat Tina kalte Finger und möchte ins Warme.

Mit einem Lächeln reicht Pit seiner Freundin ein kleines, mit einer geheimnisvollen Flüssigkeit gefülltes Kissen, das wie von Zauberhand in kurzer Zeit für wohlige Wärme in Tinas Jackentasche sorgt. Der abendliche Gang über den Weihnachtsmarkt ist gerettet.

„Wie funktioniert das nur?“, fragt sich Tina am nächsten Morgen und blickt interessiert auf den nun festen Inhalt des Kissens.



Experiment

Bereite ein Wasserbad mit einer Wassertemperatur von ca. 90 °C vor.

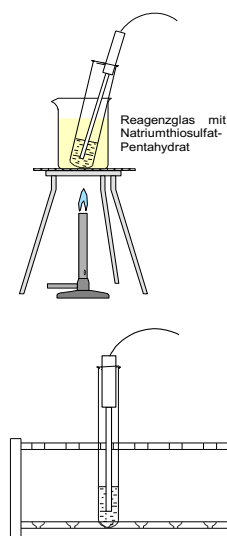
Schließe einen Temperatursensor an den Rechner an und bereite eine Datenaufnahme so vor, dass pro Sekunde ein Messwert über einen Gesamtzeitraum von 20 Minuten aufgenommen wird.

Gib 5 Gramm Natriumthiosulfat-Pentahydrat in ein Reagenzglas. Stelle dieses Reagenzglas mit dem Temperatursensor in das Wasserbad und starte die Temperaturmessung.

Nimm das Reagenzglas mit Temperatursensor nach dem Schmelzen der festen Substanz aus dem Wasserbad und stelle es vorsichtig (ohne Schütteln und Rühren) in ein Becherglas mit Eiswasser.

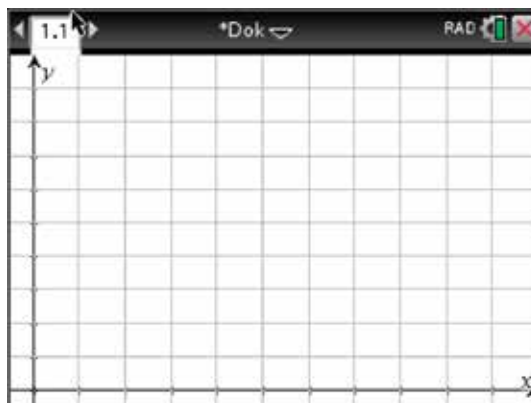
Wenn die Temperatur in dem Reagenzglas auf unter 20°C gesunken ist, nimm das Reagenzglas aus dem Eisbad und stelle es in einen Reagenzglasständer. Kratze mit dem Temperaturfühler ein paar Mal am Reagenzglasrand, um die Kristallisation auszulösen.

Nach dem Auskristallisieren der Substanz ist die Temperaturmessung zu beenden.



Auswertung

- 1 Skizziere den Temperaturverlauf während des Experimentes in nebenstehendes Koordinatensystem.
Ordne deine Beobachtungen bezüglich der Veränderungen des Natriumthiosulfat-Pentahydrats einzelnen Kurvenabschnitten zu.
- 2 Erkläre die auftretenden Aggregatzustandsänderungen mithilfe des Teilchenmodells (ohne Beachtung des Kristallwasseranteils).



Untersuchungen zur Funktionsweise von Wärmekissen Lehrermaterial

Geräte

- Wasserbad (Becherglas V = 400 ml, Gasbrenner und Dreifuß)
- Reagenzglas
- Reagenzglasständer

- Temperatursensor

Chemikalien

- 5 g Natriumthiosulfat-Pentahydrat

Hinweise zum Experiment

Latentwärmespeicherkissen enthalten in der Regel Natriumacetat-Trihydrat.

Dieses liegt im "geladenen Zustand" in einer übersättigten Lösung vor.

Bei vorsichtiger Handhabung bleibt die Kristallisation des Salzes über einen weiten Temperaturbereich aus. Man kann den Zustand tagelang erhalten.

Erst durch "Anstoßen" wird der Zustand gestört; das Natriumacetat-Trihydrat kristallisiert schlagartig aus und gibt die im System gespeicherte Wärme ("latente Wärme") frei.

Diesen Zustand nennt man "metastabil".



Die Natrium- und Acetat-Ionen bauen beim Abkühlen ab 58 °C zunächst nur das Ionengitter des wasserfreien Natriumacetats auf. Die Wassermoleküle bewegen sich weiterhin im Ionengitter herum. Bei sinkender Temperatur nehmen sie nach und nach ihre Plätze in den Zwischenräumen des Ionengitters ein. Dabei richten sich ihre Dipole räumlich exakt aus, was zu einer Minimierung der potentiellen Energie, das heißt zur Wärmeabgabe führt. Die Wassermoleküle bilden ein Molekülgitter im Ionengitter.

Man kann den beschriebenen Versuch auch mit Natriumacetat-Trihydrat durchführen. Dabei verändert man die beschriebene Durchführung dahingehend, dass:

- 5 g Natriumacetat-Trihydrat werden in einem Reagenzglas mit ca. 2 ml destilliertem Wasser versetzt.
- Die Kristallisation wird durch Zugabe eines Natriumacetat-Trihydrat-Kristalls ausgelöst. (Der Temperatursensor wird hierzu kurz aus der Lösung genommen und DIREKT wieder in die Lösung gegeben.).

Während bei der Durchführung mit Natriumthiosulfat-Pentahydrat in der Regel keinerlei Schwierigkeiten auftreten, tritt beim Abkühlen der Natriumacetatlösung regelmäßig eine Trübung auf, die von den Schülerinnen und Schülern bereits für die beginnende Kristallisation gehalten werden kann.

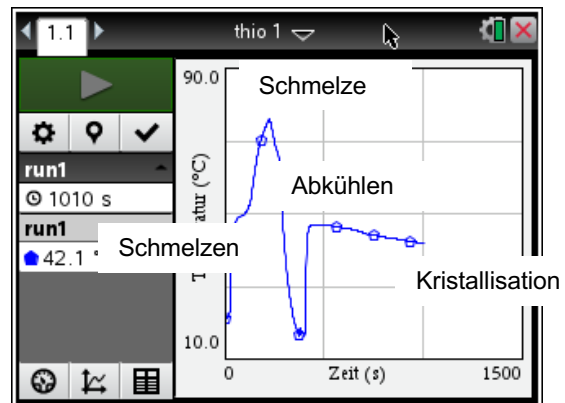
Statt der starken Abkühlung im Eisbad kann das Reagenzglas auch an der Luft im Reagenzglasständer abgekühlt werden. Die Abkühlung dauert dann zwar länger und wird im Rahmen einer vertretbaren Dauer nur bis deutlich oberhalb der Raumtemperatur erfolgen. Dafür fällt die Temperatursteigerung im Rahmen der Auskristallisation aber deutlicher aus.

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 1 Dauer (Sekunden): 1200

Lösungen

- 1 Messung mit einer Kühlung der Schmelze durch Eiswasser.



- 2 Beim Schmelzen wird das Kristallgitter des Salzes durch die Zufuhr von Wärmeenergie aufgelöst. Die Gitterenergie wird dabei überwunden. Zusätzlich gewinnen die Teilchen an Bewegungsenergie.
Beim Abkühlen verlieren die Teilchen zunächst nur Bewegungsenergie und es kommt zur Ausbildung einer unterkühlten Schmelze, wenn sich das Gitter beim Schmelzpunkt nicht aufbaut.
Löst man die Kristallisation aus, dann wird die Gitterenergie beim Aufbau des Kristallgitters wieder frei. Das System erhitzt sich hierbei bis zu seinem Schmelzpunkt.

Der Piezoelektrische Effekt

PIERRE und JACQUES CURIE entdeckten bei ihren Experimenten mit verschiedenen Kristallen, dass bei der Deformation der Stoffproben eine Spannung messbar ist. Diesen Effekt benannten Sie nach dem griechischen Wort *piezein* (drücken) Piezo-Effekt.

GABRIEL LIPPMANN sagte mit Hilfe mathematischer Ableitungen einen zum Piezo-Effekt inversen Effekt voraus. Die Gebrüder CURIE konnten diesen Umkehr-Piezo-Effekt dann experimentell nachweisen. Dabei beobachteten sie eine Verformung des Körpers nach Anlegen einer Spannung.

Vorüberlegungen

- 1 Erkläre die Funktionsweise eines Gasanzünders oder Feuerzeuges, welche mit einem Piezo-Element ausgestattet sind.
- 2 Erkläre die Nutzung des Umkehr-Piezo-Effektes am Beispiel von Tintenstrahldruckern.

Experiment

Untersuche in nachfolgendem Experiment die Entstehung einer Spannung beim Drücken auf einen Kristall.

Vorbereitung

Sollten keine Seignette-Salz-Kristalle zur Verfügung stehen, so können diese nach folgender Anleitung selbst gezüchtet werden.

Gib ca. 75 g Kaliumnatriumtartrat-Tetrahydrat in 100 ml destilliertes Wasser und erwärme das Stoffgemisch. Filtriere anschließend die Lösung in ein Becherglas und lasse sie bis zur Kristallbildung stehen.

Hinweis: Löslichkeit von Kaliumnatriumtartrat: $l = 630 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$

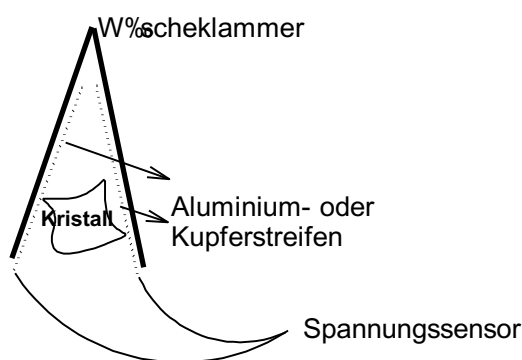
Messung von Spannungssignalen

Bereite den Rechner mit angeschlossenem Spannungssensor zur Messwerterfassung so vor, dass über einen Zeitraum von 10 Sekunden alle

0,2 Sekunden ein Messwert aufgenommen wird.

Der zum Einsatz kommende Kristall ist so vorzubereiten, dass der Sensor an zwei unterschiedlichen Stellen leitend mit dem Kristall verbunden ist. Dies kann u. a. mit einer Wäscheklammer, die mit Aluminiumfolie oder Kupferstreifen präpariert wurde geschehen.

Nach dem Starten der Messung musst du kurzzeitig den Kristall zusammendrücken und wieder loslassen. Wiederhole diesen Vorgang mehrmals.



Auswertung

- 1 Skizziere die Versuchsergebnisse in ein Koordinatensystem. Interpretiere die graphische Darstellung.
- 2* Erkläre das Entstehen der Spannung im untersuchten Kristall.

Der Piezoelektrische Effekt

Lehrermaterial

Geräte

Kristallzuchtung

Für die Kristallzuchtung werden 2 – 5 Tage benötigt.

- 2 Bechergläser ($V = 150 \text{ ml}$)
- Heizplatte
- Glasrührstab

Messung des Piezoelektrischen Effekts

- Aluminium- oder Kupferstreifen
- Wäscheklammer

- Spannungssensor

Chemikalien

- Kaliumnatriumtetrat-Tetrahydrat
- destilliertes Wasser

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 0.2 Dauer (Sekunden): 10

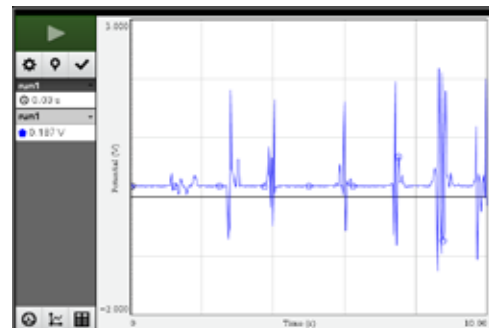
Lösungen

Vorüberlegungen

- 1 Durch Druck auf den Piezo-Kristall, welcher sich in dem Feuerzeug befindet, entsteht eine hohe Spannung und ein Funke, der das aus dem Behälter ausströmende Gas entzündet.
- 2 Die Tinte wird durch feine Düsen, die über ein Piezoelement gesteuert werden, auf das Papier gespritzt.
Wird Spannung auf das Piezoelement gegeben, verformt es sich und drückt die Tinte aus dem Düsenkopf.

Experiment

- 1 Beim jeweiligen Drücken auf den Kristall ist eine Spannung messbar.



- 2* Übt man auf die gegenüberliegenden Seiten eines piezoelektronischen Materials einen Druck aus, so kommt es zur Verschiebung der Ladungsträger innerhalb der Kristallstruktur.
Dadurch bilden sich mikroskopische Dipole, die Aufsummierung über das damit verbundene elektrische Feld in allen Elementarzellen des Kristalls führt zu einer messbaren elektrischen Spannung.

Bei welcher Temperatur schmilzt Schokolade?

Tina, Pit und Pipette wollen Erdbeeren, Bananen und Äpfel mit geschmolzener Schokolade überziehen. In einem Backbuch lesen sie, wie man Schokolade schmelzen kann. Hierzu soll eine Schale mit Schokoladenstücken in ein kochendes Wasserbad gestellt werden, bis die Schokolade geschmolzen ist.



Bei der praktischen Durchführung spritzt Wasser in die Schale und die drei verbrennen sich die Finger.

„Könnte man die Schale nicht einfach in den Backofen stellen?“, fragt Tina, die am liebsten weiße Schokolade mag. „Aber welche Temperatur sollten wir denn einstellen“, fragt Pipette, der am liebsten Vollmilchschokolade isst.“ „Messen wir das doch einfach“, schlägt Pit vor, der am liebsten zartbittere Schokolade mag.

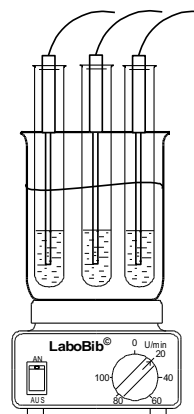
Experiment

Schneide Vollmilchschokolade so klein, dass die Krümel gut in ein Reagenzglas passen. Fülle das erste Reagenzglas mit dieser Schokolade und stecke den ersten Temperatursensor ebenfalls in das Reagenzglas. Achte darauf, dass der Sensor in der Schokolade steckt und nicht unten „herausguckt“.

Bereite zwei weitere Reagenzgläser mit weißer und Zartbitterschokolade in der gleichen Art und Weise vor.

Stelle die Reagenzgläser in das vorbereitete Wasserbad mit Magnetrührer.

Schließe die Temperatursensoren an ein LabCradle, welches mit dem Taschenrechner verbunden ist, an und bereite eine Messung so vor, dass alle 5 Sekunden über einen Zeitraum von 600 Sekunden Messwerte aufgenommen werden.

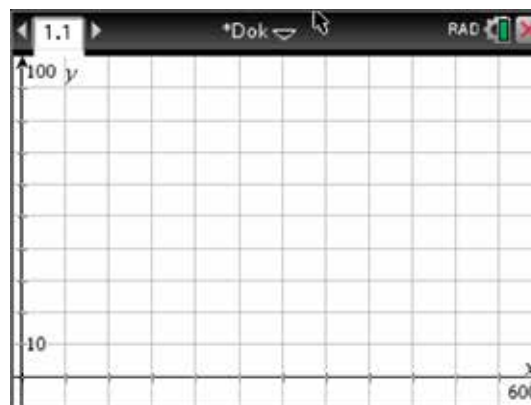


Beginne mit der Erwärmung des Wasserbades und starte gleichzeitig die Temperaturmessung.

Hinweis: Steht kein LabCradle zur Verfügung, können auch drei einzelne Taschenrechner für dieses Experiment verwendet werden. Die aufgenommenen Temperaturkurven sind dann auszutauschen.

Auswertung

- 1 Stelle die Temperaturen in Abhängigkeit von der Zeit für alle drei Schokoladensorten im nebenstehenden Diagramm dar.
- 2 Markiere die Temperaturen, an denen die jeweiligen Schokoladensorten zu schmelzen begannen.
- 3 Vergleiche die Graphen und gib mögliche Ursachen für auftretende Unterschiede an.



- 4* Erkläre, warum Köchen angeraten wird, die Schokolade für Schokoladenüberzüge mindestens auf 50°C im Wasserbad zu erhitzen. Nutze deine Versuchsergebnisse.

Bei welcher Temperatur schmilzt Schokolade?

Lehrermaterial

Geräte

- Wasserbad (z.B. Heizplatte mit Magnetrührer, Becherglas ($V = 250 \text{ ml}$))
 - Stativmaterial
 - 3 Reagenzgläser
 - Messer
 - Unterlage zum Schneiden von Schokolade
 - weiße Schokolade oder Kougertüre
 - Vollmilchschokolade oder Kougertüre
 - Zartbitterschokolade oder Kougertüre
-
- 3 Temperatursensoren
 - LabCradle, wenn vorhanden

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

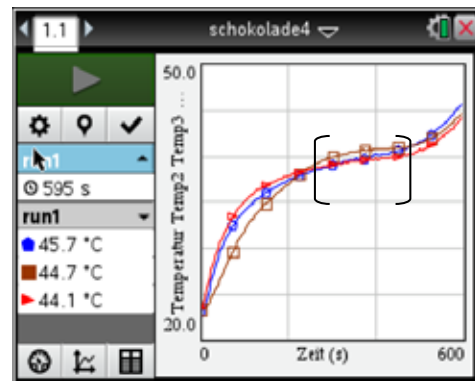
- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 5
- Dauer (Sekunden): 600

Lösungen

- 1 Beispiel für eine Messreihe (graphische Darstellung)

Blauer Graph: Vollmilchschokolade
Roter Graph: Zartbitterschokolade mit Kakaoanteil >50%
Oranger Graph: weiße Schokolade

- 2 Etwa in dem mit Klammern gekennzeichneten Bereich findet der Schmelzvorgang sichtbar statt.



- 3 Die Temperatur steigt bei allen drei Schokoladensorten zu Beginn unterschiedlich schnell an. Am langsamsten erwärmt sich die weiße Schokolade, am schnellsten die Zartbitterschokolade.
Nach etwa zweihundert Sekunden ändert sich die Temperatur für etwa fünfzig Sekunden in allen drei Schokoladen relativ wenig. Vollmilch- und Zartbitterschokolade erreichen den konstanten Temperaturbereich etwas früher als die weiße Schokolade. Die beinahe konstante Temperatur ist bei der weißen Schokolade etwas höher als bei der Vollmilch- und Zartbitterschokolade, die eine ähnliche Schmelztemperatur aufweisen.
- 4* Obwohl die Schmelztemperaturen der untersuchten Schokoladen zwischen 30 und 40°C liegen, soll die für Überzüge verwendete Schokolade auf ca. 50°C erhitzt werden. Während des Versuches konnte beobachtet werden, dass die Viskosität der Schokolade bei höheren Temperaturen geringer wird. Dadurch wird es leichter, dünne Schokoladenüberzüge zu schaffen, was beim Schokolieren von z. B. Früchten erwünscht ist.

Literaturhinweise

- Eisenbrand, G., & Schreier, P. (2006). RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie (S. 1042 - 1045). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Roth, K. (2007). Von Vollmilch bis Bitter, edelste Polymorphie. In K. Roth, Chemische Delikatessen (S. 2 - 13). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Vilgis, T. (2013). Schokoladenverführung. In T. Vilgis, Die Molekül-Küche (S. 195 - 196). Stuttgart: S. Hirzel Verlag.

Klimaerwärmung im Experiment

Tina und Pit überlegen, ob ein Auto mit Benzinmotor wirklich den Treibhauseffekt verstärkt. Sie wissen, dass bei einem solchen Auto viel Kohlenstoffdioxid im Abgas ist und wollen nun untersuchen, welche Auswirkungen dieser Stoff auf das Klima hat.

Experiment

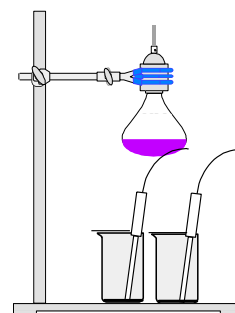
Stelle eine Schreibtischlampe (mindestens 60 Watt), zwei Bechergläser ($V = 250 \text{ ml}$) und zwei Uhrglasschalen oder Glasplatten zum Abdecken der Bechergläser bereit.

Schneide aus schwarzem Papier zwei Scheiben so aus, dass diese genau auf den Boden des Becherglases passen. Lege die zwei Scheiben auf den Boden der Bechergläser und stelle jeweils einen Temperatursensor in ein Becherglas. Schließe die Sensoren an ein LabCradle an.

Bereite den Rechner zur Datenaufnahme so vor, dass alle 10 Sekunden über einen Zeitraum von 400 Sekunden Messwerte aufgenommen werden.

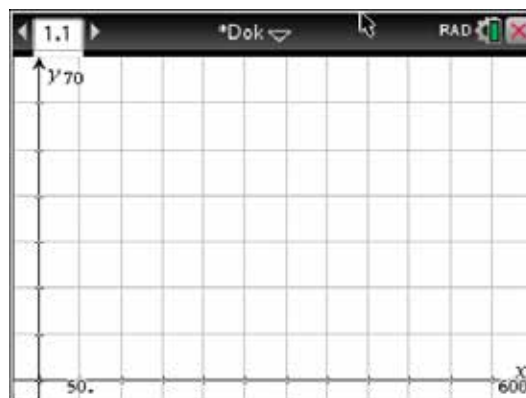
Befülle eines der Bechergläser mit Kohlenstoffdioxid und decke beide Gläser mit jeweils einer Uhrglasschale oder Glasplatte ab. Schalte die Lampe ein und starte die Datenaufnahme.

Hinweis: Steht kein LabCradle zur Verfügung, können auch zwei einzelne Taschenrechner für dieses Experiment verwendet werden. Die aufgenommenen Temperaturkurven sind dann auszutauschen.



Auswertung

- 1 Skizziere die Versuchsergebnisse in ein Koordinatensystem. Interpretiere die graphische Darstellung.
- 2 Erkläre, was unter natürlichem und anthropogenen (durch den Menschen verursachten) Treibhauseffekt zu verstehen ist.
- 3 Beschreibe, wie durch dieses Modellexperiment das Wirken des Treibhauseffektes wiedergegeben wird.
- 4 Nenne verschiedene Auswirkungen des Treibhauseffektes.



Klimaerwärmung im Experiment

Lehrermaterial

Geräte

- 2 Bechergläser ($V = 250 \text{ ml}$)
- 2 Uhrgläser zum Abdecken der Bechergläser
- Stativmaterial
- Schreibtischlampe (mind. 60 W)
- schwarzes Papier, Schere

- 2 Temperatursensoren
- LabCradle, wenn vorhanden

Chemikalien

- Kohlenstoffdioxid

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

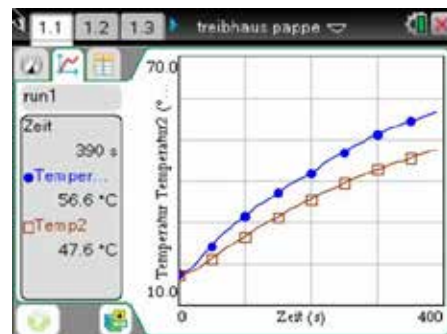
- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 10 Dauer (Sekunden): 400

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Es ist darauf zu achten, dass die Ausgangstemperaturen in den beiden Bechergläsern gleich sind.

Lösungen

- 1 Die Temperatur steigt in beiden Gefäßen an. Ein deutlich stärkerer Temperaturanstieg ist in dem mit Kohlenstoffdioxid gefüllten Becherglas zu beobachten.



- 2 Natürlicher Treibhauseffekt:
Die durch Wasserdampf und den natürlichen Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre verursachte Wärmeabsorption ist für die Entstehung und Entwicklung des Lebens notwendig.
Anthropogener Treibhauseffekt:
Durch die Industrialisierung kommt es u. a. zum Anstieg des Kohlenstoffdioxidgehaltes in der Atmosphäre und somit zur Verstärkung des Treibhauseffektes.
- 3 Das mit Kohlenstoffdioxid gefüllte Becherglas stellt modellhaft den anthropogenen Treibhauseffekt dar. In diesem ist eine deutliche Temperaturzunahme zu beobachten.
- 4 Die Folgen des Treibhauseffektes sind u. a.:
 - Der Anstieg des Meeresspiegels durch Abschmelzen der Polkappen.
 - Das Austrocknen von Flüssen.
 - Das Aussterben von verschiedenen Pflanzen- und Tierarten.
 - Das Auftreten von Dürren und Hungersnöten.

Schwarz schluckt Strahlungsenergie

Eigene Erfahrungen aus dem Alltag zeigen dir:

Bei strahlendem Sonnenschein in dunklen Kleidern wird dir viel schneller heiß als in hellen. Kühlwagen und Kühlschränke haben meistens weiße, glatte Oberflächen. Manche Tiere (Rehe, Hirsche, ...) haben ein helleres Sommer- und ein dunkleres Winterfell.

Wann ist eine Oberfläche schwarz? Sie ist dann schwarz, wenn sie das Licht, das auf sie fällt, vollständig absorbiert („schluckt“) und damit von dieser Oberfläche kein Licht mehr in unser Auge kommt. Im Unterschied dazu reflektieren weiße Oberflächen einen Großteil des Lichts und geben damit die Energie wieder ab. In der Physik bezeichnet man eine Oberfläche oder einen Körper dann als schwarz, wenn die gesamte Strahlung (u. a. Licht und Wärme) und damit die darin enthaltene Energie vollständig absorbiert werden.

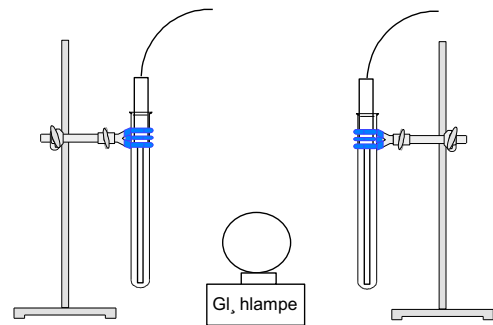
Experiment

Umwickle zwei gleichgroße Reagenzgläser mit schwarzem bzw. weißem Papier. Stelle die beiden vorbereiteten Reagenzgläser so auf, dass sie den gleichen Abstand zu der in der Mitte stehenden Lampe haben.

Stecke in jedes Reagenzglas einen Temperatursensor und schließe diese an ein LabCradle an. Um einen Wärmeaustausch der Luft innerhalb der Reagenzgläser mit der Umgebung zu verhindern, sind diese mit Watte oder Knetmasse zu verdichten.

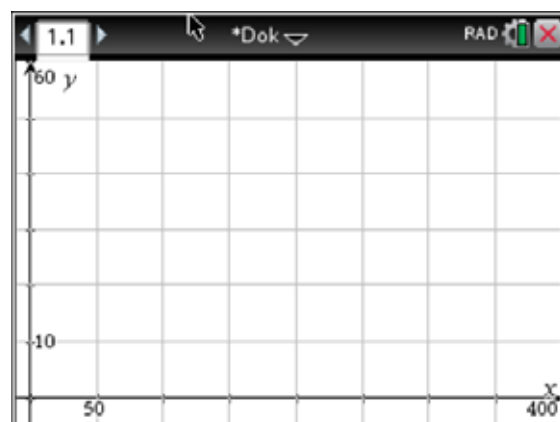
Bereite den Rechner zur Datenaufnahme so vor, dass alle 10 Sekunden über einen Zeitraum von 400 Sekunden Messwerte aufgenommen werden. Schalte die Lampe ein und starte die Messung.

Hinweis: Steht kein LabCradle zur Verfügung, können auch zwei einzelne Taschenrechner für dieses Experiment verwendet werden. Die aufgenommenen Temperaturkurven sind dann auszutauschen.



Auswertung

- 1 Skizziere die Versuchsergebnisse in ein Koordinatensystem. Interpretiere die graphische Darstellung.
- 2 Trage in das Diagramm den erwarteten Temperaturverlauf für ein Experiment mit einem mit Aluminiumfolie umwickelten Reagenzglas ein. Begründe deine Vermutung.
- 3 Erkläre, warum das weiße Fell der Eisbären aus biologischer Sicht Vor- und Nachteile hat. Informiere dich, wie der Eisbär die Sonnenstrahlung nutzt.



4 Für weitere Experimente können nachfolgende Bedingungen geschaffen werden.

Was ändert sich an den Temperaturverläufen, wenn du

- A ... das erste Experiment mit zwei größeren Reagenzgläsern durchführst?
- B ... zwei Plastikflaschen mit weißem bzw. schwarzem Papier umwickelst?
- C ... zwei Glasflaschen mit weißem bzw. schwarzem Papier umwickelst?
- D ... eine Plastik- und eine Glasflasche mit schwarzem Papier umwickelst?
- E ... eine Plastik- und eine Glasflasche mit weißem Papier umwickelst?

Formuliere eine jeweilige Voraussage zum Temperaturverlauf.
Überprüfe mindestens zwei deiner Voraussagen experimentell.
Protokolliere die Messergebnisse.

5* Stelle für die nachfolgend beschriebenen Experimente eine Vermutung über die zu erwartenden Beobachtungen auf.
Überprüfe die Voraussagen experimentell. Protokolliere die Messergebnisse.
Erkläre die Versuchsergebnisse.

- A Welche Veränderungen im Temperaturverlauf treten auf, wenn du in die Behälter (Reagenzgläser oder Flaschen) Wasser oder Öl füllst?
- B Welche Veränderungen im Temperaturverlauf treten auf, wenn du die Behälter mit Papier unterschiedlicher Farbe umwickelst?

Schwarz schluckt Strahlungsenergie

Lehrermaterial

Materialien und Geräte

Experiment

- 2 Reagenzgläser mit passendem, durchbohrten Stopfen, Knetmasse oder Watte zum Abdichten
- schwarzes und weißes Papier zum Umwickeln der Reagenzgläser
- Gummiband zum Befestigen des Papiers
- Stativmaterial
- Glühlampe als Wärmequelle
- 2 Temperatursensoren
- LabCradle, wenn vorhanden

Experiment Aufgabe 4

- 2 größere Reagenzgläser mit passendem, durchbohrten Stopfen, Knetmasse oder Watte zum Abdichten
- schwarzes und weißes Papier zum Umwickeln der Reagenzgläser
- Gummiband zum Befestigen des Papiers
- Stativmaterial
- zwei Plastikflaschen
- zwei Glasflaschen
- Glühlampe als Wärmequelle
- 2 Temperatursensoren
- LabCradle, wenn vorhanden

Experiment Aufgabe 5

- jeweils zwei gleiche Gefäße (Reagenzgläser, Plastik- oder Glasflaschen)
- farbiges Papier zum Umwickeln der Gefäße
- Gummiband zum Befestigen des Papiers
- Stativmaterial
- Öl oder Wasser zum Befüllen der Gefäße
- Glühlampe als Wärmequelle
- 2 Temperatursensoren
- LabCradle, wenn vorhanden

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 10 Dauer (Sekunden): 400

Lösungen

Aufgrund der Vielzahl von möglichen Versuchsdurchführungen wird auf die Angabe einer Musterlösung verzichtet.

- 3 Durch die Reflexion von Sonnenlicht erscheinen die hohlen, farblosen Fellhaare der Eisbären weiß-gelblich. Da das Fell der Eisbären zum Teil durchsichtig ist, gelangt ein beträchtlicher Teil der einfallenden Wärmestrahlung auf die schwarze Haut des Bären und wird dort absorbiert. So kann ein Eisbär sehr gut Wärme „einfangen“ und speichern. Bei Tieren mit einem dunklen Fell wird das Sonnenlicht an der Oberseite des Fells absorbiert und dort in Wärme umgewandelt. Es erwärmt sich also hauptsächlich die oben liegende Luft im Fell. Daher schützen dunkle Haare die Haut gegen die schädigenden Wirkungen ultravioletter Strahlungsanteile. Sie stellen einen Überwärmeschutz dar, da die Wärme durch Strömung abgeführt wird, bevor sie die Hautoberfläche erreicht. Weiterhin dient die helle Farbe des Fells als Tarnung.

Leitfähigkeitsuntersuchung beim Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser

In Bad Urach am Aufstieg zur Schwäbischen Alb gibt es eine Quelle, aus der sehr hartes Wasser austritt und über einen Wasserfall ins Tal stürzt. Im Einzugsgebiet der Quelle auf der Albhochfläche wird dabei Kalk (CaCO_3) gelöst, der sich am Fuße des Wasserfalls verstärkt wieder absetzt. Im folgenden Experiment werden die Vorgänge am Uracher Wasserfall mit Hilfe einer Leitfähigkeitsuntersuchung näher untersucht.

Miss die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit während des Einleitens von Kohlenstoffdioxid in eine gesättigte Calciumhydroxidlösung (Kalkwasser).

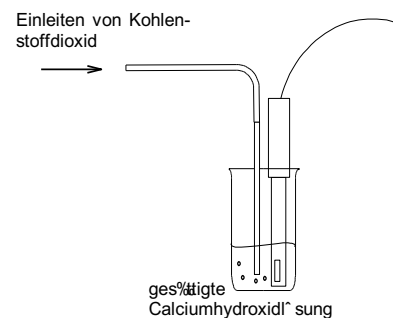
Experiment I

Gib ca. 25 ml Kalkwasser in ein Becherglas. Fixiere den Leitfähigkeitssensor und das Winkelrohr zur Gas-einleitung so, dass sie tief in die Lösung eintauchen.

Bereite eine Leitfähigkeitsmessung (Messbereich 0 – 20000 μS) über 240 Sekunden vor, bei der jede Sekunde ein Messwert aufgenommen wird.

Hinweis: Mit Hilfe von einem mit Wasser gefüllten Becherglas lässt sich die „Ausströmgeschwindigkeit“ (ca. 5 Bläschen pro Sekunde) des Gases einstellen.

Starte die Messung nach Einstellung der „Ausströmgeschwindigkeit“ und beginne erst dann mit der Einleitung des Kohlenstoffdioxids.



Experiment II

Entnimm der Lösung im Becherglas ca. 10 ml und erhitze diese Stoffprobe, bis eine auffällige Veränderung eintritt.

Auswertung

- 1 Notiere deine Beobachtungen während des Einleitens von Kohlenstoffdioxid in das Kalkwasser (Experiment I) und beim Erhitzen der Stoffprobe (Experiment II).
- 2 Skizziere den aufgenommenen Graphen in ein Koordinatensystem. Das Experiment und der im Experiment erhaltene Graph lassen sich in drei Abschnitte unterteilen, die man in der Reihenfolge mit „Fällung“, „Auflösung“ und „Sättigung“ charakterisieren kann. Interpretiere den Graphen und kennzeichne die genannten Abschnitte.
- 3 Entwickle eine Reaktionsgleichung für die zunächst ablaufende Fällungsreaktion (Experiment I) und begründe mit Hilfe dieser Gleichung die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit während der Fällung.
- 4 Entwickle eine Reaktionsgleichung für die Auflösung des Niederschlags und begründe anhand dieser Gleichung die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit während dieses Abschnitts.
- 5 Erläutere die Beobachtungen bei Experiment II.
- 6 Erkläre die oben beschriebenen Vorgänge am Bad Uracher Wasserfall mit Hilfe der Erkenntnisse aus diesem Experiment.
Hinweis: Beim Versickern des Regenwassers im Boden auf der Albhochfläche löst sich viel Kohlenstoffdioxid darin. Danach rinnt es durch Spalten im Kalkgestein der Schwäbischen Alb, bis es wieder zu Tage tritt. Fein verteilte Wassertröpfchen eines Wasserfalls gasen aus und erwärmen sich.

Leitfähigkeitsuntersuchung beim Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser

Lehrermaterial

Geräte

Experiment I

- 2 Bechergläser (V = 100 ml)
- Winkelrohre
- CO₂-Gasflasche oder Versuchsgasapparat zur Herstellung von Kohlenstoffdioxid
- Leitfähigkeitssensor

Experiment II

- Brenner
- Reagenzglas

Chemikalien

- Kohlenstoffdioxid
- 25 ml gesättigte Calciumhydroxidlösung

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 1 Dauer (Sekunden): 240

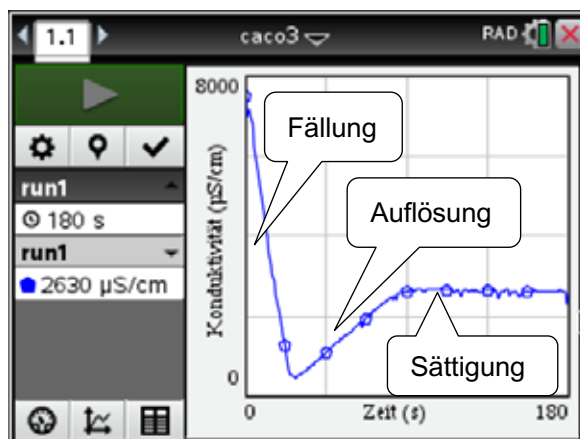
Lösungen

1 Experiment I

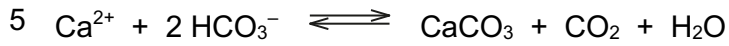
- und 2 Zu Beginn ist eine zunehmende Trübung der Lösung zu beobachten. Die elektrische Leitfähigkeit der Lösung nimmt ab. Im Anschluss löst sich der Niederschlag langsam auf. Die elektrische Leitfähigkeit der Lösung steigt an. Am Ende des Experiments liegt eine klare Lösung vor, deren elektrische Leitfähigkeit nahezu konstant bleibt.

Experiment II

Bereits nach kurzem Erhitzen ist eine Gasentwicklung und erneute Trübung der Lösung zu beobachten.

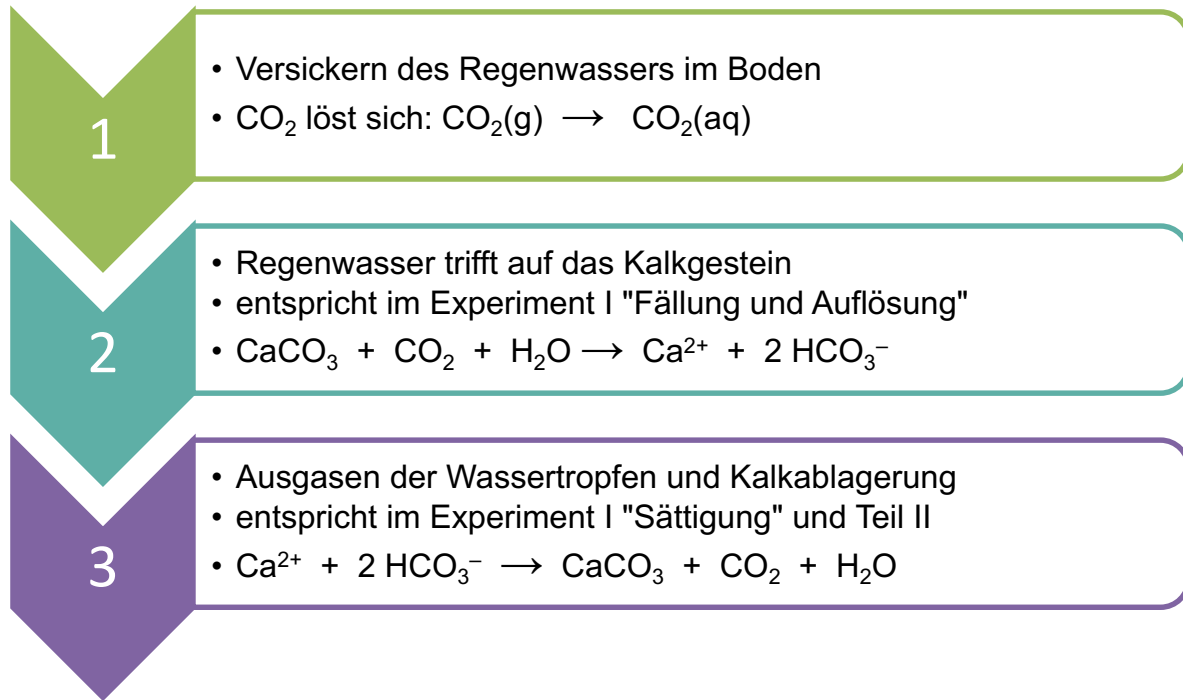


- 3
$$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^{-} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
 Durch die Fällung von Calciumcarbonat verringert sich die Anzahl der Ionen in der Lösung. Die elektrische Leitfähigkeit sinkt.
- 4
$$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^{-}$$
 Durch die Bildung von Hydrogencarbonat- und Calcium-Ionen steigt die Ionenkonzentration in der Lösung wieder an und somit auch deren elektrische Leitfähigkeit.



Durch Erwärmen entweicht Kohlenstoffdioxid. Es ergibt sich eine Verschiebung des chemischen Gleichgewichts, bei der das schwerlösliche Calciumcarbonat ausfällt.

6 Die Phänomene aus den Experimenten lassen sich wie folgt auf die natürlichen Vorgänge übertragen:



Kohlenstoffdioxid und Korallenriffe

Die Konzentration an Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre hat sich im Verlauf der letzten etwa hundert Jahre um mehr als 30%, von 0,03% (1900) auf 0,04% (2015), erhöht.

Ein Teil dieses Kohlenstoffdioxids löst sich im Wasser der Meere und Seen, wodurch sich vermehrt Kohlensäure bildet.

Man spricht von einem Versauern der Meere, deren pH-Wert im vergangenen Jahrhundert von knapp 8,2 auf etwa 8,05 gesunken ist.

Diese Veränderungen wirken sich auf Lebewesen mit einem Kalkpanzer wie z. B. Muscheln und Korallen aus.

Hinzu kommt, dass Symbiosen zwischen Korallen und Algen stark vom pH-Wert abhängen, da sich der Kalk, aus dem Korallen bestehen, im sauren Milieu in lösliches Calciumhydrogencarbonat umwandelt.

Untersuche in einem Modellexperiment die Auswirkung einer erhöhten Kohlenstoffdioxidkonzentration auf z. B. Muscheln.

Experiment I

Baue eine Versuchsanordnung, wie in nebenstehender Skizze dargestellt, auf.

Befülle einen Kolbenprober mit 100 ml Kohlenstoffdioxid.

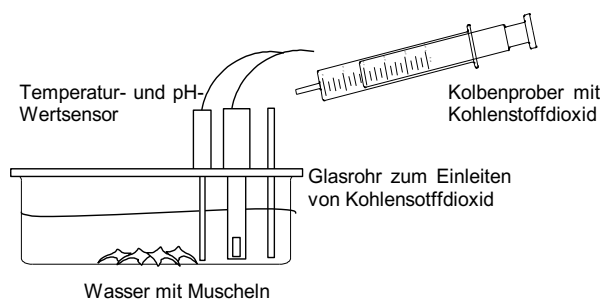
Gib drei bis fünf Muschelschalen (z. B. Herz- oder Sandklaffmuscheln) und einen Liter Wasser in die „Biokammer“.

Verschließe das Gefäß mit dem vorbereiteten Deckel.

Schließe die beiden Sensoren an ein LabCradle an und bereite eine Daten-

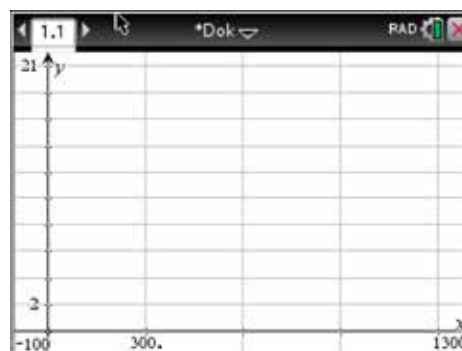
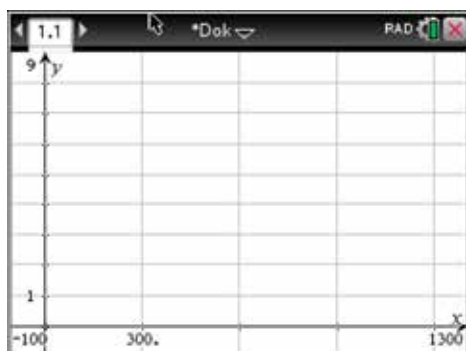
aufnahme über einen Zeitraum von 1200 Sekunden so vor, dass alle 10 Sekunden ein Messwert aufgenommen wird. Starte die Datenaufnahme. Leite nach ca. 1 Minute 100 ml Kohlenstoffdioxid über das Glasrohr in die Biokammer ein. Verschließe das Glasrohr nach dem Einleiten mit einem Stopfen.

Hinweis: Steht kein LabCradle zur Verfügung, können auch zwei einzelne Taschenrechner für dieses Experiment verwendet werden. Die aufgenommenen Messwerte sind dann auszutauschen.



Auswertung

- 1 Stelle deine Versuchsergebnisse graphisch dar. Interpretiere die graphischen Darstellungen.



2 Vergleiche deine Versuchsergebnisse mit den nachfolgenden Diagrammen.

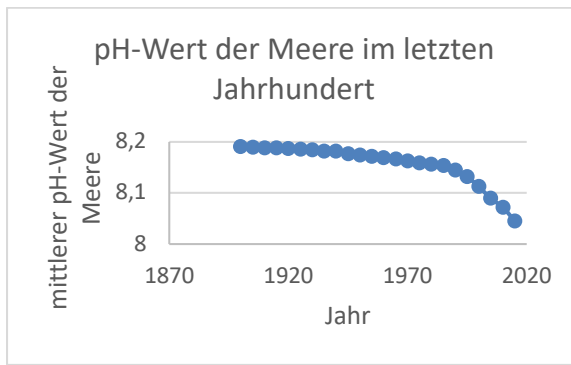


Diagramm 1

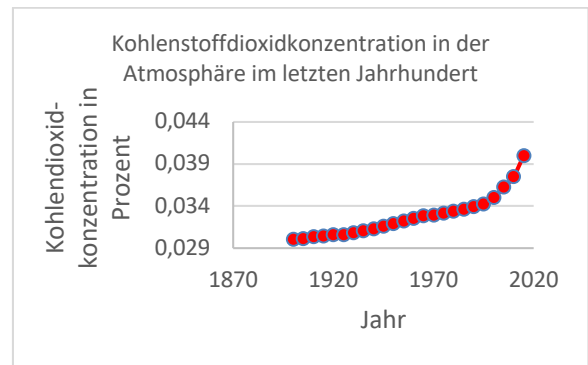


Diagramm 2

- 3* Erläutere, worauf die pH-Wertänderung vor und nach dem Einleiten des Kohlenstoffdioxids in die Biokammer zurückzuführen ist. Beurteile, ob die Aussage, dass durch die Erhöhung der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Atmosphäre die Menge des im Meerwasser befindlichen Kalks sinkt, richtig ist.

Kohlenstoffdioxid und Korallenriffe

Lehrermaterial

Geräte

- Geräte zum Aufbau einer Biokammer – Kolbenprober
- Temperatur- und pH-Wertsensor
- LabCradle, wenn vorhanden

Chemikalien

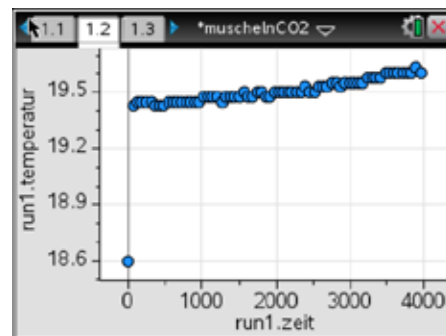
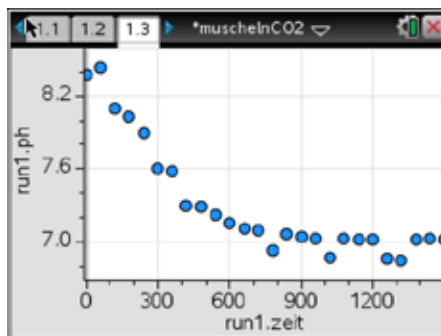
- Kohlenstoffdioxid ($V = 100 \text{ ml}$)
- drei bis fünf Muschelschalen, die im Wesentlichen aus Calciumcarbonat bestehen
- 1 Liter Wasser

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 10
- Dauer (Sekunden): 1200

Lösungen

1



Der pH-Wert sinkt nach dem Einleiten des Kohlenstoffdioxids. Es ist zu beobachten, dass die pH-Wertänderung mit fortschreitender Zeit immer geringer wird.

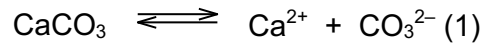
Die Temperatur der Lösung steigt direkt nach dem Einleiten des Kohlenstoffdioxids deutlich an.

Im weiteren Verlauf des Experimentes ist nur noch eine geringe Temperaturzunahme zu beobachten.

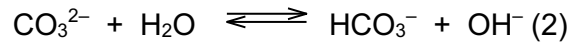
- 2 Im Diagramm 1 sieht man, dass der pH-Wert der Meere in den letzten 130 Jahren sinkt. Die Abnahme nimmt dabei mit fortschreitender Zeit stark zu. Dazu passend steigt die Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Atmosphäre im etwa gleichen Zeitraum zuerst leicht und ab etwa 1990 sehr stark an (Diagramm 2). Das Experiment zeigt den Zusammenhang zwischen dem Lösen von Kohlenstoffdioxid in kalkhaltigem Wasser und der Verringerung des pH-Wertes durch das Lösen des Kohlenstoffdioxids im Wasser. Ein pH-Wert von unter sieben, der im Experiment erreicht wurde, liegt in den Meeren aber (noch) nicht vor, was damit zu erklären ist, dass die Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Atmosphäre bei weitem nicht bei 5% liegt und somit auch die pH-Wertänderung nicht so stark ist. Dass dies auch in Bereichen des Meeres möglich ist, zeigen Messungen in der Nähe Schwarzer Raucher (hydrothermalen Quellen am Grund der Tiefsee). Dort liegt der pH-Wert bei etwa $\text{pH} = 6,5$ und es gibt keine calcinierenden Lebewesen mehr (Muscheln, Krebse, Hummer, etc.).

- 3* Durch die im Wasser enthaltenen Muscheln stellen sich zunächst nachfolgende Gleichgewichte ein:

Calciumcarbonat löst sich in Wasser:



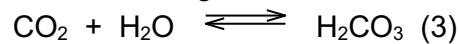
Carbonat-Ionen reagieren als BRÖNSTED-Base:



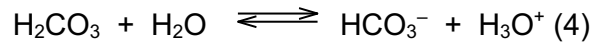
Aufgrund der gebildeten Hydroxid-Ionen ist der pH-Wert größer als 7.

Nach dem Einleiten des Kohlenstoffdioxids laufen folgende Reaktionen ab:

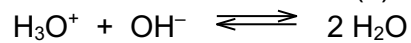
Kohlenstoffdioxid reagiert mit Wasser in einer exothermen Reaktion:



In Wasser zerfällt die Kohlensäure teilweise in Hydrogencarbonat- und Hydronium-Ionen:



Die gebildeten Hydronium-Ionen (4) reagieren mit Hydroxid-Ionen (1) zu Wasser.



Als Folge sinkt der pH-Wert und weiteres Calciumcarbonat löst sich auf.

Die zusätzliche Betrachtung der Gleichgewichte (3) und (4) in Bezug auf die Temperatur ist im Kontext der globalen Erwärmung sinnvoll und führt auch zum Löslichkeitsgleichgewicht zwischen atmosphärischem und in Wasser gelöstem Kohlenstoffdioxid.

Mit welcher Schaukel erziele ich mehr „Hertz“?

Als kleines Kind hast du sicher auch gerne auf Spielplätzen geschaukelt. Stelle dir folgende Situation vor: Anna (20 kg) und Tom (30 kg) streiten vor zwei Kinderschaukeln (Längen 2,4 m und 2,5 m). Es geht darum, möglichst schnell hin und her schaukeln zu können. Anna macht sich Sorgen wegen ihrer geringeren Masse und möchte daher die längere Schaukel. Tom stimmt schließlich zu. Er geht nämlich davon aus, dass er aufgrund seiner um 10 kg größeren Masse stärker angetrieben wird als die leichtere Anna und so schneller hin und her schaukeln kann als sie. Er meint auch, dass die Länge der Schaukel keinen Einfluss auf die Schwingungsdauer hat.

Führe nachfolgende Experimente zur Klärung der Bedenken durch.

Experiment 1

Binde ein Massenstück an einen etwa 1 m langen Faden. Halte den Faden in der Hand und lenke das Massenstück um ca. 10° aus und lasse es schwingen. Finde heraus wie lange es für eine hin-und her Schwingung braucht.

Wiederhole das Experiment mit dem gleichen Faden bei gleich großer Auslenkung, aber unterschiedlich schweren Massenstücken.

- 1 Notiere deine Messwerte.
- 2 Gib Bedingungen an, die deiner Meinung nach die Schnelligkeit der Schwingung (hin und her Bewegung des Pendels) beeinflussen.

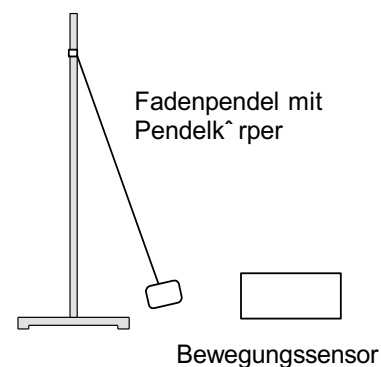
Experiment 2

Baue ein Fadenpendel ($l = 1 \text{ m}$, $m = 250 \text{ g}$) auf und positioniere einen Bewegungssensor zur Erfassung der Pendelbewegung. Schließe diesen an den Taschenrechner an.

Bereite eine Datenaufnahme über einen Zeitraum von 10 Sekunden so vor, dass 20 Messwerte pro Sekunde aufgenommen werden.

Starte die Messung. Lenke das Pendel um einen kleinen Winkel (ca. 10°) aus und lasse es schwingen.

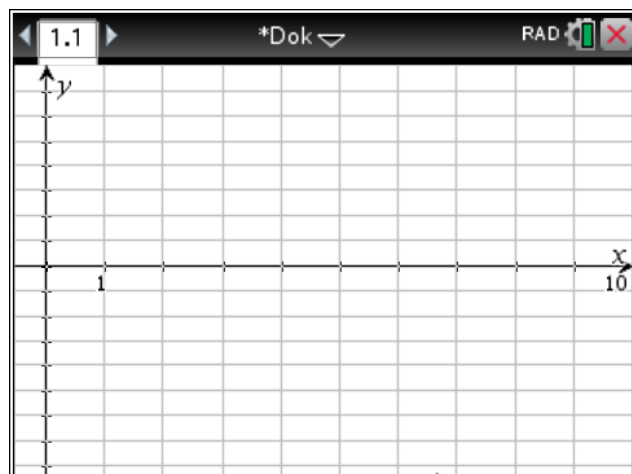
Speichere den erhaltenen Graphen und skizziere diesen in das vorbereitete Koordinatensystem.



Wiederhole das Experiment 2. Ändere nacheinander die folgenden Bedingungen:

- Vergrößerung des Auslenkungswinkels auf z. B. 15° oder 20° .
- Verlängerung oder Verkürzung des Fadenpendels.
- Veränderung der Masse des Pendelkörpers.

Skizziere die erhaltenen Graphen ebenfalls in das vorbereitete Koordinatensystem.



Hinweis: Arbeitet bei Experiment 2 in Gruppen A, B und C. Jede Gruppe verändert jeweils nur einen Parameter. Bildet dann gemischte Gruppen und tauscht die Ergebnisse aus.

Auswertung

- 3 Werte die erstellte Graphik aus.
Tausche gegebenenfalls Versuchsergebnisse mit deinen Mitschülern aus.
- 4 Vervollständige den angegebenen Satz:

Die folgenden Faktoren beeinflussen die Schwingungsdauer eines Fadenpendels in der angegebenen Weise:
- 5 Nimm Stellung zu folgenden Aussagen:

Aussage 1:
Je länger der Faden eines Fadenpendels ist, desto mehr Schwingungen pro Sekunde führt es durch.

Aussage 2:
Je kleiner die Masse des Pendelkörpers bei einem Fadenpendel ist, desto mehr Schwingungen pro Sekunde führt es durch.
- 6 Erkläre, unter Einbeziehung deiner Versuchsergebnisse, wie sich Tom gegenüber Anna verhalten sollte.

Mit welcher Schaukel erziele ich mehr „Hertz“?

Lehrermaterial

Materialien und Geräte

Experiment 1

- Bindfaden (Länge $l = 1 \text{ m}$)
- Pendelkörper ($m = 250 \text{ g}$)
- Stoppuhr
- Winkelmesser (z.B. Geodreieck)

Experiment 2

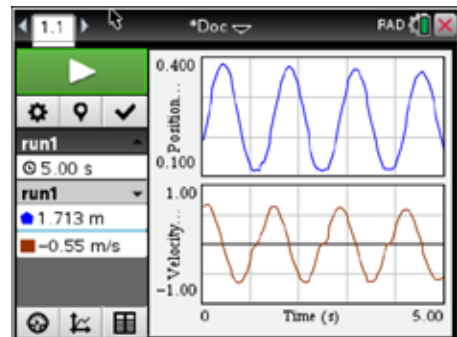
- Bindfäden verschiedener Länge (z. B. $l = 100; 50; 25; 12,5 \text{ cm}$)
- Maßband
- Stativmaterial
- Pendelkörper unterschiedlicher Masse (z. B. $m = 200; 100; 50; 25 \text{ g}$)
- Bewegungssensor

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 0.05 Dauer (Sekunden): 10

Lösungen

- 1 Aufgrund der Vielzahl von möglichen Versuchsdurchführungen wird auf die Angabe einer Musterlösung verzichtet.
- 2 Mögliche Antworten: Auslenkung, Masse des Pendelkörpers und Länge des Fadens
- 3 Mithilfe der Diagramme kann die Dauer für eine Schwingung ermittelt werden. Das Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm liefert zusätzliche Informationen, wie Auslenkung und Geschwindigkeit zusammenhängen.



- 4 Die Schwingungsdauer eines Fadenpendels hängt nur von der Länge des Fadens ab. Ist der Faden viermal so lang, so ist die Schwingungsdauer verdoppelt, d. h. die Schwingungsdauer ist direkt proportional zur Wurzel aus der Pendellänge.
- 5 **Aussage 1:**
Je länger der Faden eines Fadenpendels ist, desto weniger Schwingungen pro Sekunde führt es durch.
Aussage 2:
Die Masse des Pendelkörpers bei einem Fadenpendel hat keinen Einfluss darauf, wie viele Schwingungen es pro Sekunde durchführt.
- 6 Da die Masse des Pendelkörpers keinen Einfluss darauf hat, wie oft das Pendel in einer Sekunde hin und her schwingt, bringt Tom seine größere Masse keinen Vorteil. Aber wenn er die kürzere Schaukel nimmt, schwingt er in einer bestimmten Zeit öfter hin- und her als Anna mit der um 10 cm längeren Schaukel.

Selbsterhitzende Mahlzeiten

Pipette geht in seiner Freizeit gerne wandern.

Oft ist er mehrere Tage in den Bergen unterwegs. Nur auf sein Lieblingsessen, also seine heißgeliebte Tomatensuppe, mag er nicht verzichten. Wie gut, dass er immer einige Dosen selbsterhitzende Tomatensuppe dabei hat.

Nur wie funktioniert so eine Dose selbsterhitzende Tomatensuppe?

Eine selbsterhitzende Konservendose besteht aus einer doppelwandigen Konservendose, bei der sich die Mahlzeit in der inneren Dose befindet. In der Zwischenwand ist eine Chemikalie und Wasser, die zur Erwärmung der Mahlzeit zusammengebracht werden müssen.

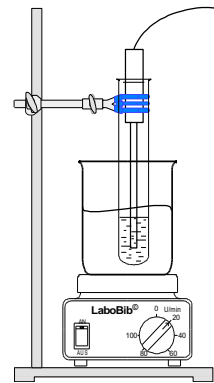
Das folgende Experiment zeigt dir, wie diese Dose funktioniert und du kannst messen, wie heiß die Suppe werden kann.

Experiment

Wiege 15 g wasserfreies Calciumchlorid ab.
Gib 25 ml Wasser in ein Becherglas. Fülle ein Reagenzglas bis ca. zur Hälfte mit Wasser.
Baue danach die nebenstehende Apparatur auf.

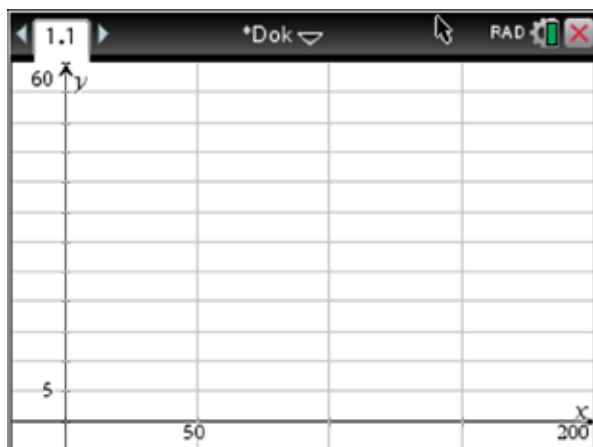
Schließe den Temperatursensor an deinen Rechner an und bereite eine Messung über einen Zeitraum von 180 Sekunden vor, bei der jede Sekunde ein Messwert aufgenommen wird.

Starte die Messung und gib nach der Aufnahme erster Messwerte das bereitgestellte Calciumchlorid in das mit Wasser gefüllte Becherglas.
Rühre die Lösung um.



Auswertung

- 1 Skizziere den Temperaturverlauf während des Auflörens von Calciumchlorid in Wasser in nebenstehendes Koordinatensystem.
Interpretiere die graphische Darstellung.
- 2 Entwirf für eine Handelskette eine funktionstüchtige Konservendose, in der sich neben Wasser und Calciumchlorid auch die zu erhitzende Suppe befindet.
Schreibe eine kurze Bedienungsanleitung zum Gebrauch der Dose.
- 3 Entwirf einen Werbeslogan für den Verkauf deiner funktionstüchtigen Konservendose.
- 4 Diskutiere deine Ergebnisse aus Aufgabe 2 und 3 mit Mitschülern.



Selbsterhitzende Mahlzeiten

Lehrermaterial

Geräte

- Becherglas (V = 100 ml) hohe Form
- Reagenzglas
- Messzylinder (V = 50 ml)
- Waage (Genauigkeit 1 g)
- Stativmaterial
- Magnetrührer oder Glasrührstab

- Temperatursensor

Chemikalien

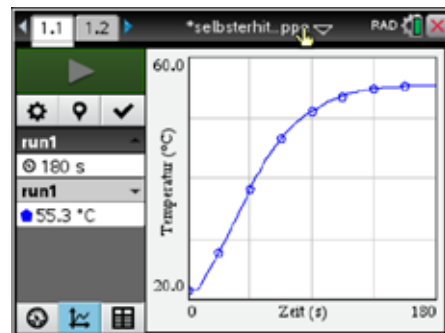
- wasserfreies Calciumchlorid
15 g pro Versuchsdurchführung
- temperiertes Leitungswasser

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

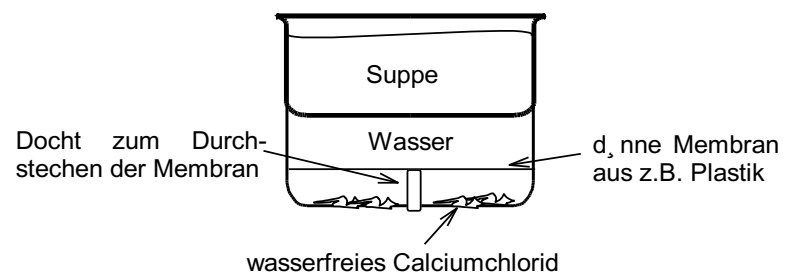
- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 1 Dauer (Sekunden): 180

Lösungen

- 1 Die Temperatur steigt zu Beginn des Experimentes stark an und nimmt dann einen konstanten Wert an.



- 2 Beispiel für eine mögliche Konservendose.



Entzündungstemperatur eines Streichholzes

Leider hat Pipette zum Entzünden eines Streichholzes die zugehörige Schachtel verloren und versucht es nun vergebens an der Hauswand. Auch der Reißverschluss seiner Jeanshose bringt kein Glück. „Das muss doch auch ohne Reibung funktionieren, wenn es nur heiß genug wäre“, überlegt er sich.

Finde mit einem Experiment heraus, bei welcher Temperatur sich ein Streichholz von selbst entzündet.

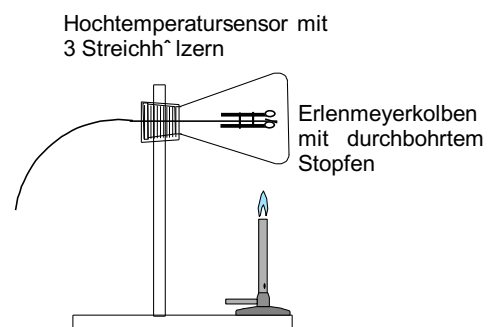
Experiment

Schließe den Hochtemperatursensor (Thermocouple) an deinen Taschenrechner an und baue die Apparatur wie in nebenstehender Abbildung dargestellt auf.

Binde dazu mit Hilfe eines Drahtes drei Streichhölzer an das untere Ende des Temperaturfühlers, sodass die Streichholzköpfe ungefähr mit der Spitze des Sensors abschließen.

Beim Befestigen des Sensors mit den Streichhölzern in dem Erlenmeyerkolben ist unbedingt darauf zu achten, dass die Streichholzköpfe nicht das Glas

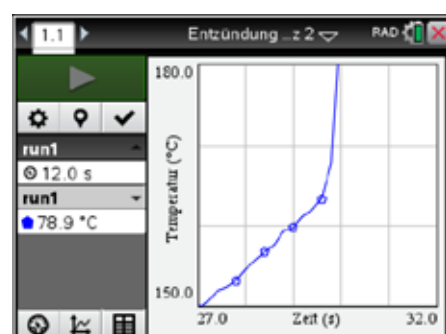
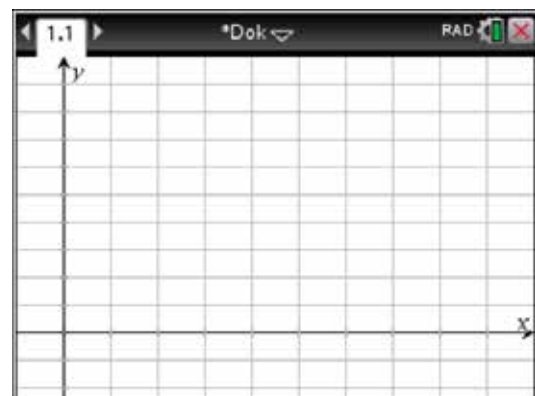
berühren, sondern sich frei im Innenraum befinden. Bereite den Taschenrechner für eine zeitbasierte Messung so vor, dass über eine Zeitdauer von 180 Sekunden alle 0,2 Sekunden ein Messwert aufgenommen wird. Beginne mit dem Erhitzen und starte die Datenaufnahme. Wenn die Streichhölzer zünden, kannst Du die Messung stoppen.



Auswertung

- 1 Erkläre, was man unter dem Flammpunkt und der Entzündungstemperatur eines Stoffes versteht.
- 2 Skizziere den Temperaturverlauf in den nebenstehendes Koordinatensystem. Interpretiere die graphische Darstellung.
- 3 Dein Klassenkamerad hat bei dem gleichen Experiment, aber anderen Streichhölzern den nebenstehenden Graphen erhalten. Bestimme die Zündtemperatur seines Streichholzes und vergleiche die Ergebnisse mit deiner Lösung.

*Erkläre die gegebenenfalls auftretenden Unterschiede.



Entzündungstemperatur eines Streichholzes

Lehrermaterial

Geräte

- Brenner
- Stativmaterial
- Erlenmeyerkolben mit durchbohrtem Stopfen (= 250 ml)
- Draht zum Befestigen der Streichhölzer

- Hochtemperatursensor

Chemikalien

- 3 Streichhölzer

Einstellungen zur Datenaufnahme / Erfassungsmodus

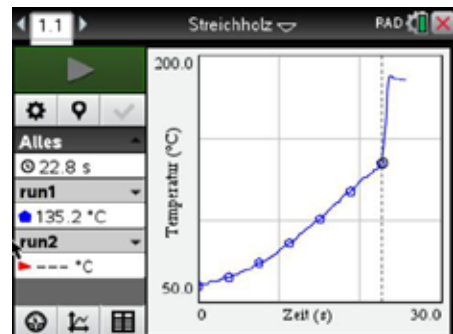
- zeitbasiert
- Intervall (Sekunden/Stichprobe): 0,2 Dauer (Sekunden): 180

Lösungen

- 1 Die Zündtemperatur (Zündpunkt, Selbstentzündungstemperatur) ist diejenige Temperatur, auf die man einen Stoff erhitzen muss, damit sich dieser in Gegenwart von Luft auch ohne Zündquelle von selbst entzündet.

Der Flammpunkt ist diejenige Temperatur, bei der so viel Brennstoff verdunstet, dass sich mit Luft durch Fremdzündung (mit Zündquelle) entflammbare Gemische bilden können.

- 2 Der Graph zeigt einen annähernd linearen Anstieg, da sich die Temperatur im Erlenmeyerkolben relativ konstant erhöht. Entzünden sich die Streichhölzer, erhöht sich die Temperatur im Kolben und der Graph steigt sprunghaft an. Am Beginn dieses Peaks liegt die Zündtemperatur des Streichholzköpfchens.



- 3 Die Zündtemperatur liegt bei ca. 165 °C.

Die Messwerte und somit die Ermittlung der Zündtemperatur hängen stark von der Zusammensetzung und dem Mischungsverhältnis der Komponenten im Streichholzköpfchen ab und variieren daher sehr stark.

Zudem setzen die Hersteller auf verschiedene Inhaltsstoffe mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen.

Es handelt sich dabei immer um ein Gemisch aus brennbaren Stoffen, Oxidationsmitteln, Katalysatoren und Bindemitteln.

Versuche mit dem TI-Innovator™ Hub

1 Einleitung

Der TI-Innovator™ Hub mit TI Launchpad™ Board ist ein mit industriellen Komponenten aufgebautes Interface, das die Signale von Sensoren aufnehmen und Aktoren ansteuern kann. Dazu gibt es viele fertig aufgebaute Module, aber man kann auch eigene Schaltungen auf Steckplatinen (Breadboard) entwerfen und anschließen. Der TI-Innovator™ Hub funktioniert nur im Zusammenspiel mit einem TI-Nspire™ CX / CAS oder einem TI-84 Plus CE-T (nicht TI-84 plus) bzw. der entsprechenden Computersoftware, da er auf die Stromversorgung dieser Geräte angewiesen ist. Auf diesen Geräten werden auch die Programme geschrieben, die für den Betrieb des TI-Innovators™ Hub notwendig sind. Die möglichen Programmiersprachen sind TI Basic oder LUA.

Bei den folgenden Beispielen werden wir bevorzugt das TI Basic des TI-Nspire™ CX verwenden. Die ersten Beispiele nutzen zudem nur die Sensoren und Aktoren, die im TI-Innovator™ Hub selbst eingebaut sind (Lichtsensor, Lautsprecher, rote LED, RGB-LED).

2 Einführung in TI Basic

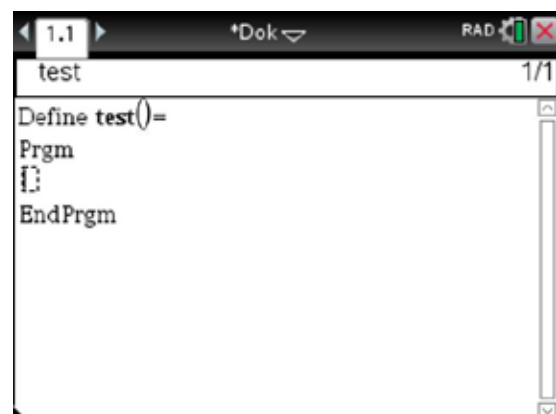
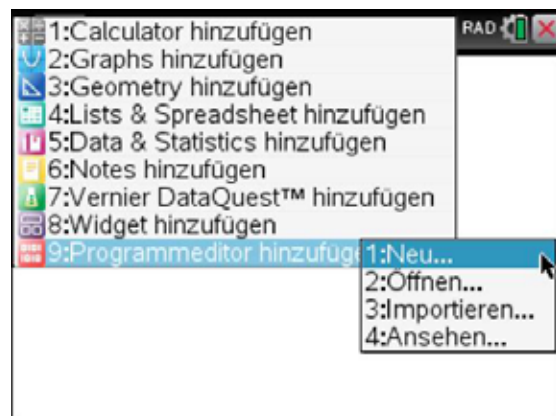
2.1 Erste Schritte – Ein- und Ausgabe von Daten, lokale Variablen

Dies ist keine vollständige Einführung in die Programmiersprache, sondern eine Zusammenfassung weniger Befehle, die zum Verständnis der Beispielprogramme sinnvoll sind.

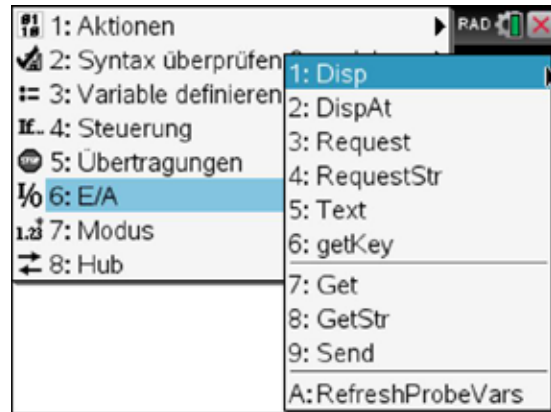
Soll ein neues Programm geschrieben werden, so fügt man eine neue Seite zu dem Dokument hinzu und wählt darin den Programmierer und die Auswahl 1:Neu ... Es öffnet sich ein Fenster, in dem ein Name für das Programm eingegeben werden muss. Im Beispiel wurde der Name **test** gewählt.

Einen guten Einstieg in die TI-Basic-Programmierung findet man unter <https://education.ti.com/en/activities/ti-codes/nspire/10-minutes>.

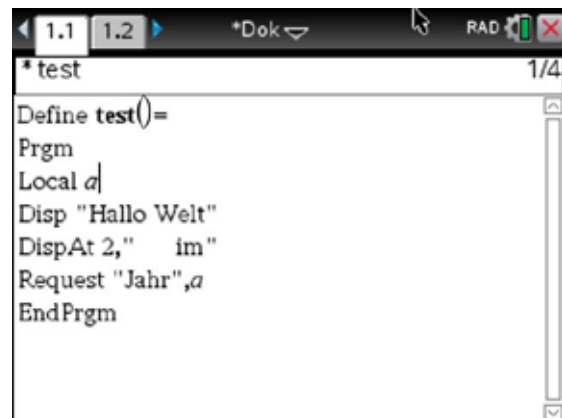
Schließt man das Fenster, so kommt man in den Editiermodus. Alle Programmierbefehle werden zeilenweise in den Bereich zwischen *Prgm* und *EndPrgm* eingefügt, wo sich jetzt das gestrichelte Rechteck befindet. Jeder Befehl kommt in eine neue Zeile, Leerzeilen werden bei der Ausführung ignoriert.



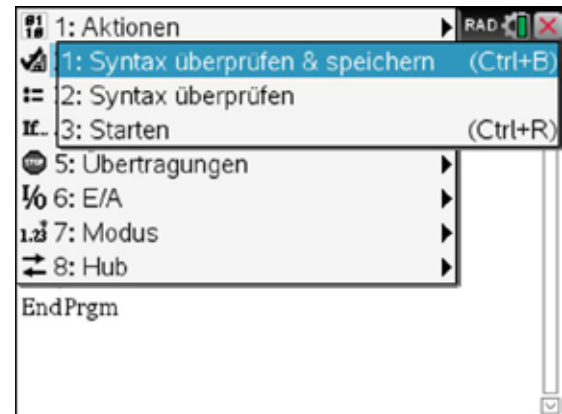
Im Menü befinden sich in Gruppen zusammengefasst alle Programmierbefehle. Ein erstes Programm soll sich mit der Ein- und Ausgabe beschäftigen, also mit dem Menüpunkt 6:E/A.



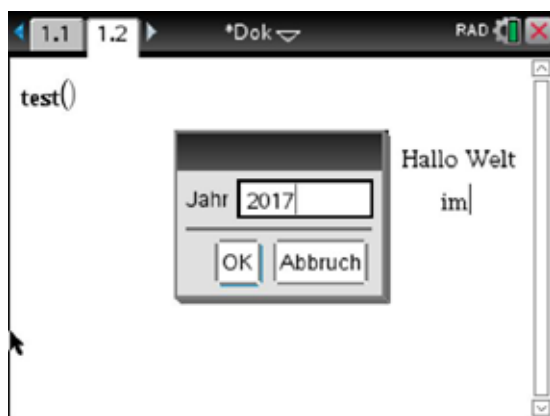
Der Befehl *Disp* erzeugt eine Ausgabe auf dem Display, *DispAt x* eine Ausgabe in der x.ten Zeile, hier also in Zeile 2. Maximal 8 Zeilen sind möglich. Die Zeilen werden immer ab Aufruf des Programmes gerechnet. *Request* erzeugt ein kleines Fenster (s.u.), in dem man hier die Jahreszahl eingeben soll, die dann einer Variablen (hier a) zugewiesen wird. Diese Variable sollte man zu Anfang des Programmes als *lokale Variable* kennzeichnen, um Probleme mit anderen Programmen zu vermeiden.



Mit *Request* wird die Programmausführung solange angehalten, bis die Zahl eingegeben wurde. Damit das Programm ausgeführt werden kann, muss es geprüft und gespeichert werden. Mit 1: *Syntax überprüfen und speichern* erfolgt dies und es werden ggf. Syntaxfehler erkannt. Wählt man nun 3: *Starten*, so wird in einem Calculatorfenster der Programmname angezeigt, das dann durch `.` gestartet werden kann.



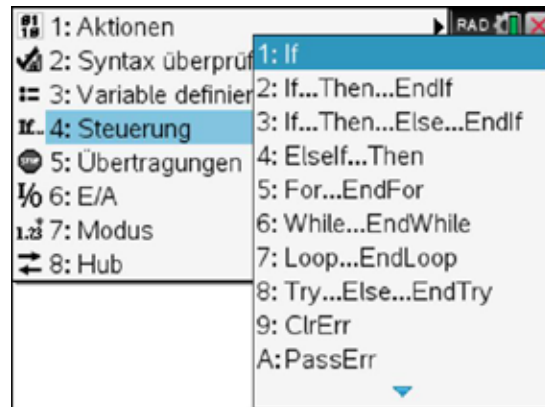
Die beiden unteren Bilder zeigen den Programmablauf und die fertige Ausgabe.



2.2 Schleifen und Verzweigungen

Der Menüpunkt *4:Steuerung* enthält Kontrollstrukturen wie Schleifen oder Verzweigungen, mit denen sich ein Programmablauf steuern lässt. Das untenstehende Beispielprogramm *test1()* zeigt eine beim TI-Innovator™ oft verwendete Form, wie man ein Programm durch Eingabe eines Zeichens abbrechen kann.

Dazu wird der Befehl *getKey()* verwendet. Er speichert bei jedem Aufruf das letzte mit der Tastatur eingegebene Zeichen als String (Zeichenkette) gemäß dem Aufdruck auf den Tasten. Die Taste *esc* erzeugt also den String „*esc*“.



Beispiel 1: *getKey()* und *While ... EndWhile*

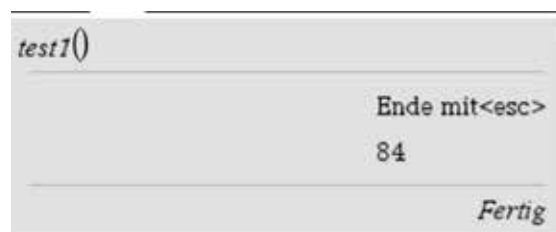
Im Programm wird nach der Variablendeklaration und der Initialisierung *n:= 0*(alternativ ist für eine Zuweisung auch die Schreibweise *0→n* möglich) sowie dem Hinweis zum Abbruch des Programms eine *While ... EndWhile* Schleife eingefügt, in der die Variable *n* dadurch jeweils um 1 erhöht wird, dass *n+1* auf *n* abgespeichert wird (Taste *↵*). *n* wird in der zweiten Zeile angezeigt. Dieser Vorgang läuft solange, wie die Schleifenbedingung *getKey()≠"esc"* erfüllt ist. Drückt man nun *d*, so wird das Programm beendet.

```

test1                                     4
Define test1()=
Prgm
Local n
n:=0
DispAt 1,"Ende mit<esc>"
While getKey()≠"esc"|
n:=n+1
DispAt 2,n
EndWhile
EndPrgm
    
```

Macht man einen Fehler bei der Schleifenbedingung, so kann das Programm in eine Endlosschleife geraten. Man kann es jedoch unterbrechen

- auf dem Handheld durch *c* und mehrfach *·*
- auf dem PC durch *F12* und *Eingabe*
- auf dem Mac® Taste *F5* gedrückt halten und mehrfach die Eingabetaste drücken.



Beispiel 2: *For ... EndFor* und *If ... Then ... EndIf*

For ... EndFor ist eine Zählschleife. Die Parameter benennen die Laufvariable (hier *i*), den Start- und den Endwert. Die Anweisungen innerhalb des Schleifenblocks werden dann sooft ausgeführt, wie es durch die Parameter festgelegt ist.

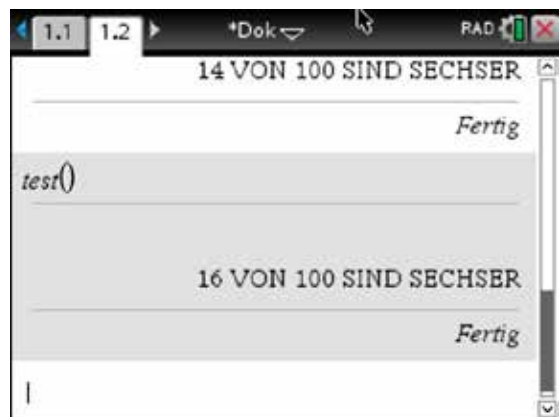
Bei jedem Durchlauf wird eine ganzzahlige Zufallszahl aus dem Zahlbereich von 1 bis 6 gebildet (*randInt(1,6)*) und in der Variablen *a* gespeichert.

Falls *a=6* ist (Verzweigungsbedingung), wird ein Zähler *n* um 1 erhöht und in der 2. Zeile ausgegeben.

```

1.1 1.2 *Dok RAD
"test" Erfolg. gespeichert
begin
Local i,a,n
0 → n
For i,1,100
  randInt(1,6) → a
  If a=6 Then
    n+1 → n
    DispAt 2,n,"VON 100 SIND SECHSER"
  EndIf
EndFor
EndProgram
    
```

Das Bild zeigt die Ausgabe von 2 Durchläufen dieses Programmes.



3 Programmieren mit dem TI-Innovator™ Hub

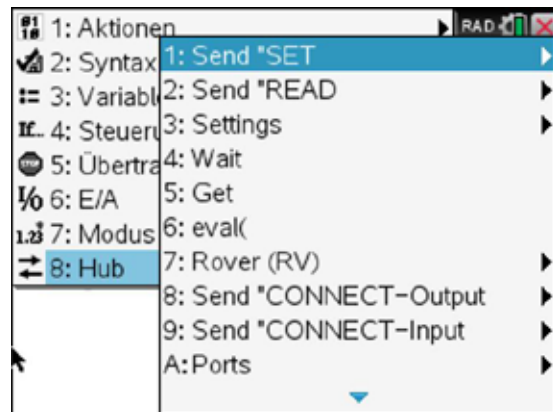
3.1 Ein erstes Beispiel

Der TI-Innovator™ Hub hat viele Möglichkeiten, um Sensoren und Aktoren anzuschließen:

- Mit dem *Send* "CONNECT ..." -Befehl wird die Zuordnung der Geräte mit einem Anschluss (Port) hergestellt. Für die internen Geräte entfällt dieser Befehl.
- Mit dem *Send* "SET ..." -Befehl werden Aktoren angesteuert. Sendet man keine Zahlen sondern Variablenwerte, so müssen diese durch *eval()* ausgewertet (evaluiert) werden.
- Mit dem *Send* "READ ..." -Befehl werden Sensoren ausgelesen. Das Ergebnis wird in einem Speicher abgelegt, der durch den nächsten Lesevorgang sofort überschrieben wird. Deshalb sollte sich an einen Lesebefehl der Befehl *Get* anschließen, durch den der Speicher ausgelesen und sein Inhalt in eine Variable übertragen wird.

Alle Befehle für den Hub befinden sich im Menüpunkt *8:Hub*. Der Untermenüpunkt *3:Settings* enthält Schlüsselworte wie ON, OFF, TIME, usw.

Das Beispielprogramm verwendet nur den internen Lichtstärkesensor (BRIGHTNESS) sowie die eingebaute RGB-LED (COLOR). Wird eine gewisse Umgebungshelligkeit unterschritten, so wird „Licht gemacht“, d.h. die interne RGB-LED leuchtet weiß auf. Hat man beim Programmieren einen Fehler gemacht, so blinkt beim Programmablauf die rote LED auf dem Hub und zugleich ertönt ein Warnton.



Das eigentliche Programm ist wieder in eine *While ... EndWhile*-Schleife eingebettet, um eine Abbruchmöglichkeit zu haben.

Zunächst wird der Helligkeitssensor ausgelesen. Dann wird der Helligkeitswert der Variablen *b* zugewiesen und auf dem Display ausgegeben.

Ist die Helligkeit kleiner als 0,5, so wird die LED eingeschaltet. Die drei Zahlen stehen für die Farben Rot Grün Blau und können von 0 bis 255 variieren. Dreimal 255 ergibt als Mischfarbe weiß.

Einmal eingeschaltet, leuchtet die LED weiter, auch wenn das Programm beendet wird. Durch Senden von dreimal 0 wird die LED deshalb wieder ausgeschaltet (auch die Anweisung *Send* „DISCONNECT COLOR“ wäre möglich).

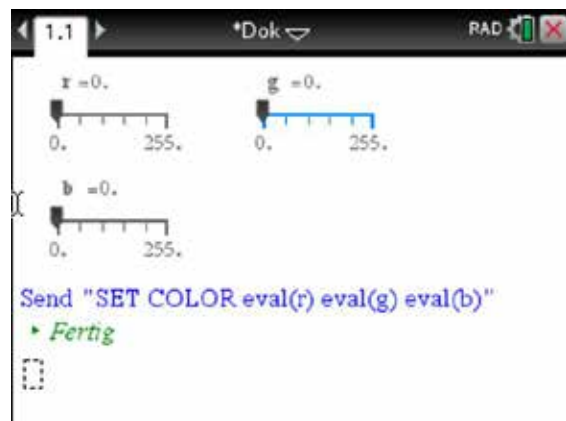


3.2 Programmieren des TI-Innovator™ Hub mit Notes

Als Beispiel soll ein Farbmischer für die interne RGB-LED dienen. Auf der „Notes“-Seite werden zunächst drei Schieberegler eingefügt, denen die Variablen r, g und b zugeordnet werden. Die Einstellungen sind sonst für alle Schieberegler gleich.



Jetzt wird noch eine Math-Box hinzugefügt (CTRL-M), in die die Anweisung zum Ansteuern der RGB-LED eingefügt wird. Da hier für die einzelnen Farben nicht direkt Zahlen eingegeben werden, sondern Variablen, müssen diese durch eval() in Zahlenwerte umgewandelt werden. Dann kann man durch Verstellen der Schieberegler die LED in verschiedenen Farben zum Leuchten bringen bzw. man kann durch Rückstellen aller drei Schieberegler auf 0 die LED wieder ausschalten.



4 Beispiele zur Nutzung der internen Sensoren

4.1 Ein rotes Blinklicht

Aufgabe 1

Die rote LED soll zehnmal blinken, wobei die Leuchtdauer immer länger werden soll.

Lösung Aufgabe 1

1. Das Programm **blinker** wird wie in 2.1 beschrieben als neues Programm angelegt.
2. Da genau bekannt ist, wie oft die LED blinken soll, bietet sich die Zählschleife *For ... EndFor* aus dem Menüpunkt *4:Steuerung* als Lösung an. Dabei ist *i* die Zählvariable, die von 1 beginnend bis 10 hochgezählt wird mit der Standardschrittweite 1.
Die Variable *d* ist die Leuchtdauer, abhängig von *i*.
3. Im *Hub*-Menü findet man den Befehl *Send „SET LIGHT“* und in den *Settings ON* und *OFF*.
4. Durch den Befehl *Wait* wird die Programmausführung um den angegebenen Zeitraum in Sekunden verzögert. Der zweite *Wait*-Befehl bestimmt die Pausenzeit.

```
Define blinker()=
Prgm
:For i,1,10
: 0.2*i→d
: Send "SET LIGHT ON "
: Wait d
: Send "SET LIGHT OFF "
: Wait 0.5
:EndFor
:EndPrgm
```

Hinweise

- a) In einfachen Fällen wie hier kann die Variablen-deklaration entfallen.
- b) Die Doppelpunkte am Anfang einer Programmierzeile werden vom Programm automatisch gesetzt.
- c) Die Einrückungen werden beim Editieren z.T. automatisch gesetzt. Sie dienen der Gliederung.

Aufgabe 2

- 2.1 Die Pausenzeit soll ebenfalls verändert werden.
- 2.2 Eine andere „Leuchtfunktion“ verwenden, etwa $0.2 \cdot i^2$.
- 2.3 Das Programm wird um eine Eingabe ergänzt, mit der die Anzahl der „Blinks“ festgelegt wird.

4.2 Automatischer Farbmischer

Auf dem Hub befindet sich eine RGB-LED, deren einzelne Farben getrennt angesteuert werden können. Betrachtet man die LED durch ein dünnes Blatt Papier auf dem Gehäuse des Hub, so lässt sich die Mischfarbe besonders gut sehen.

Aufgabe 1

Die rote LED soll immer heller werden, die grüne immer dunkler.

Lösung

1. Zunächst wird ein neues Programm **farben** angelegt.
2. Durch die Aufgabe ist ein fester Programmablauf vorgegeben, so dass hier aus dem Menü *4:Steuerung* die Schleife *For ... EndFor* verwendet wird.
3. Es gibt mehrere Möglichkeiten, um die RGB-LED anzusprechen. Die im Programm verwendete Methode erfordert nur ein Zahlenargument für die Intensität der jeweiligen Farbe. Der Zahlbereich umfasst dabei die Werte 0 (aus) bis 255 (vollständig ein).
4. Die Zahlenwerte werden durch die Zählvariable *i* der *For*-Schleife vorgegeben. Wegen des großen Bereiches von 0 bis 255 wird nur jeder zehnte Wert verwendet (Schrittweite 10). Dadurch fallen einige Farbkombinationen weg.
5. Durch *Send „SET COLOR.RED eval(i)“* wird die rote LED angesprochen; *eval(i)* sorgt dafür, dass der Wert der Zählvariablen *i* richtig an den Hub übergeben wird.
6. Rot und grün ändern ihre Helligkeit gegenläufig. Damit dieser Vorgang nicht zu schnell abläuft, wird nach jedem Farbwechsel durch *Wait* eine Pause von 0,3 s eingelegt.
7. Mit *Send „SET COLOR 0 0 0“* werden alle Farben der RGB-LED ausgeschaltet.

```
Define farben()=
Prgm
:Local i
:For i,0,255,10
: Send "SET COLOR.RED eval(i) "
: Wait 0.3
: Send "SET COLOR.GREEN
  eval(250-i) "
: Wait 0.3
:EndFor
:Send "SET COLOR 0 0 0"
:EndPrgm
```

Aufgabe 2

- 2.1 Wie sieht es aus, wenn nur eine Farbe verändert wird?
- 2.2 Man ersetze Rot und Grün durch eine Kombination mit Blau.
- 2.3 Die Werte für die drei Farben können auch manuell eingegeben werden. Was muss man eingeben, um bestimmte Mischfarben wie z.B. gelb zu erhalten?

4.3 Helligkeit und Tonfrequenz

Aufgabe 1

Abhängig von dem vom Helligkeitssensor ermittelten Wert soll ein Ton über den eingebauten Lautsprecher ausgegeben werden.

Lösung

1. Zunächst muss erst wieder das neue Programm **lichtton** angelegt werden.
2. Die Variablen werden deklariert und die Abbruchbedingung wird auf dem Display angezeigt.
3. Im Menüpunkt 4:*Steuerung* findet man die Schleife *While ... EndWhile*. Sie wird solange ausgeführt, wie die Schleifenbedingung (hier: *getKey()≠"esc"*) erfüllt ist, andernfalls bricht sie ab und das Programm endet.
4. Der Lichtsensor wird durch *Send "READ BRIGHTNESS"* ausgelesen. Er liefert Werte im Bereich von 0 bis 100, die durch *Get b* der Variablen *b* zugewiesen werden.
5. Der Wert von *b* wird verzehnfacht und einer neuen Variablen *t* zugewiesen, so dass ein gut hörbarer Tonbereich angesprochen wird.
6. Mit *Send "SET SOUND"* und dem für die Frequenz zuständigen Parameter *t* wird der interne Lautsprecher angesprochen.
7. *eval(t)* sorgt dafür, dass der Zahlenwert von *t* an den Lautsprecher übergeben und dort als Tonfrequenz wiedergegeben wird.

```
Define lichtton()=
Prgm
:Local b,t
:DispAt 2,"ABBRUCH MIT <ESC>"
:While getKey()≠"esc"
:  Send "READ BRIGHTNESS "
:  Get b
:  10*b→t
:  Send "SET SOUND eval(t)"
:EndWhile
:EndPrgm
```

Hinweis:

Es ist darauf zu achten, dass der Helligkeitssensor genügend Helligkeit empfangen kann.

Aufgabe 2

- 2.1 Die Zuordnung der Helligkeit *b* zur Tonfrequenz *t* kann auch mit einer anderen Funktion durchgeführt werden, z.B. $5 \cdot b^2$.
- 2.2 Messen Sie zunächst die Umgebungshelligkeit und nutzen Sie diesen Wert, um einen gut hörbaren Ton zu erzeugen.

4.4 Alle meine Entchen – Töne, Farben und Frequenzen

In den Einführungsbeispielen wurden bereits der interne Lautsprecher und die RGB-LED genutzt.

Es soll hier an einem kleinen Beispiel demonstriert werden, wie man mittels Schieberegler und der Applikation „Notes“ diese Sensoren ansprechen kann.

Aufgabe 1

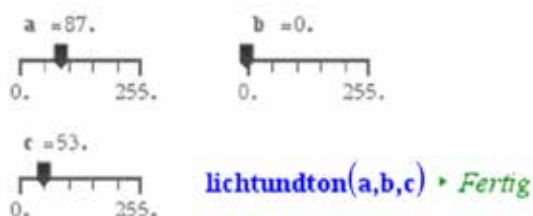
Erzeuge verschiedene Töne und Farben unter Verwendung von Schieberegler.

Lösung

Zunächst wird das eigentliche Programm erstellt, die Parameter r,g und b werden später mittels Schieberegler angesteuert

```
"lichtundton" erfolg. gespeichert
Define lichtundton(r,g,b)=
Prgm
Send "SET COLOR eval(r) eval(g) eval(b)"
Send "SET SOUND eval(r+g+b)"
EndPrgm
```

In der Applikation „Notes“ werden dann drei Schieberegler eingefügt und der Programmname wird in eine Math-Box (CTRL-M) eingetragen.

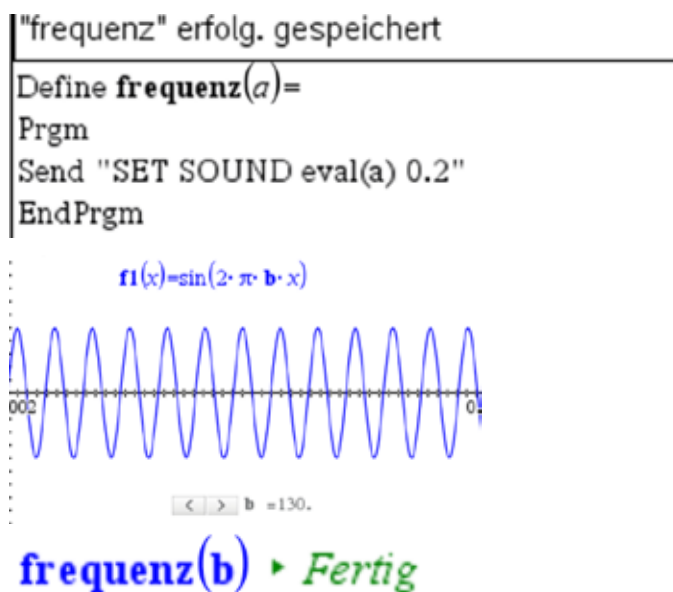


Aufgabe 2

Die Tonhöhe soll in einer Grafik als Sinusschwingung sichtbar gemacht werden.

Lösung

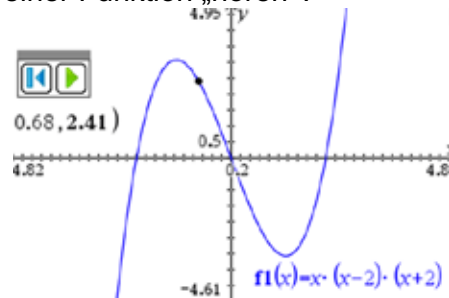
Zunächst wird auch wieder das eigentliche Programm zur Ausgabe des Tons erstellt, der beim Aufruf übergebene Parameter a für die Frequenz wird später mittels Schieberegler angesteuert. Der zweite Parameter (0.2) gibt die Tonlänge an. In der Applikation Graphs erzeugt man einen Schieberegler für die Frequenz (hier b) und verknüpft diesen mit der Funktion $f_1(x)$.



, dabei muss für den Parameter a ein anderer Bezeichner genutzt werden – hier b.

Aufgabe 3

Schreibe ein Programm, das Funktionswerte einer Funktion hörbar macht.
Kann man spezielle Punkte auf dem Graphen einer Funktion „hören“?



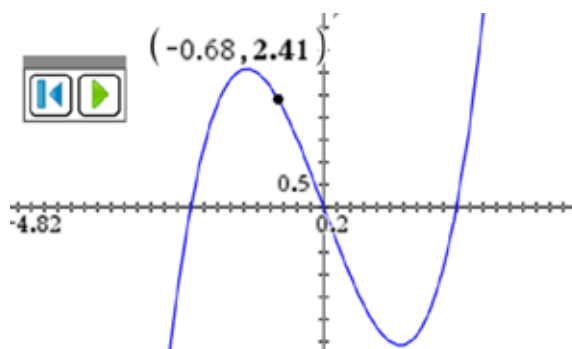
Lösung

Zunächst wird auch wieder das eigentliche Programm erstellt, der Parameter *yy* wird später über den Funktionswert eines ausgewählten Punktes auf dem Graphen einer Funktion angesteuert.

Der y-Wert eines Punktes auf dem Graphen wird als Variable *yp* gespeichert.
Optional kann man den Punkt animieren (Attribute nutzen).

In der Applikation „Notes“ muss nun der Programmaufruf in einer Math-Box erfolgen.

```
"points" erfolg. gespeichert
Define points(yy)=
Prgm
Send "SET SOUND eval(100·abs(yy)) 0.2"
EndPrgm
```

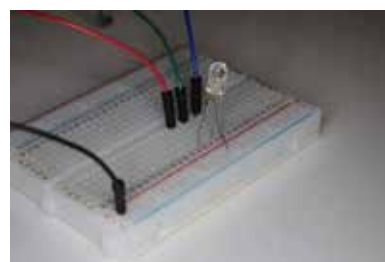


points(yp) ▶ Fertig

Aufgabe 4

Schreibe ein Programm, das das Lied „Alle meine Entchen“ auf dem TI-Innovator™ Hub spielt und zusätzlich eine RGB-LED in verschiedenen Farben blinken lässt.
(Idee und Programmierung Nathanael Stelzner)

Der TI-Innovator™ Hub soll das Lied „Alle meine Entchen“ spielen. Dabei soll eine über das Breadboard (vgl. Bild rechts) angeschlossene RGB – LED zu jedem Ton in einer anderen Farbe blinken.

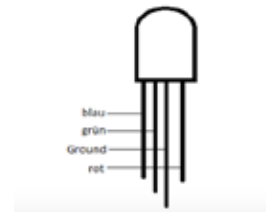


Hardware

- TI-Innovator™ Hub
- Breadboard
- Externe RGB-LED
- 3 x 100 Ohm Widerstände

Lösung

Das lange Bein der RGB – LED verbindet man mit Ground am TI-Innovator™. An BB1 wird das Bein für rot, an BB2 das für grün und an BB3 das für blau angeschlossen.



Zunächst werden BB1, BB2 und BB3 als analoge Ausgänge festgelegt. In der Liste list1 befinden sich die Frequenzen der einzelnen Töne des Liedes und in list2 die Tonlänge. In der For-Schleife wird der Lautsprecher dann immer mit der Frequenz aus der Liste list1 für die entsprechende Tonlänge aus list2 angesteuert. Im weiteren Programm farbe() werden je nach Frequenz die drei analogen Ausgänge auf bestimmte Werte gesetzt. Anschließend wird $\frac{3}{4}$ der Zeit des Tons gewartet. Mit farbe(0) schalten wir die LED aus. Dies bleibt für die noch verbleibenden $\frac{1}{4}$ der Zeit des Tons so. Dadurch ist die LED zwischen den einzelnen Tönen aus und ein Blinken entsteht.

```

Define ehte()=
Prgm
Send "CONNECT ANALOG.OUT 1 TO BB1"
Send "CONNECT ANALOG.OUT 2 TO BB2"
Send "CONNECT ANALOG.OUT 3 TO BB3"
List1:= {262,294,330,349,392,392,440,440,
440,440,392,440,440,440,440,392,349,349,349,
349,330,330,392,392,392,392,262}
List2:= {0.5,0.5,0.5,0.5,1,1,0.5,0.5,0.5,0.5,1,0.5,0.5,0.5,
0.5,1,0.5,0.5,0.5,0.5,1,1,0.5,0.5,0.5,1.5}
For n,1,27
Send "SET SOUND eval(list1[n]) TIME eval(list2[n])"
farbe(list1[n])
Wait ((list2[n]*3)/(4))
farbe(0)
Wait ((list2[n]*1)/(4))
EndFor
EndPrgm
    
```

| | |
|-------|----|
| farbe | 0/ |
|-------|----|

```

Define farbe(x)=
Prgm
If x=262 Then
Send "SET ANALOG.OUT 1 TO 255"
Send "SET ANALOG.OUT 2 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 3 TO 0"
EndIf
If x=294 Then
Send "SET ANALOG.OUT 1 TO 255"
Send "SET ANALOG.OUT 2 TO 255"
Send "SET ANALOG.OUT 3 TO 0"
EndIf
If x=330 Then
Send "SET ANALOG.OUT 1 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 2 TO 255"
Send "SET ANALOG.OUT 3 TO 0"
EndIf
If x=349 Then
Send "SET ANALOG.OUT 1 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 2 TO 255"
Send "SET ANALOG.OUT 3 TO 255"
EndIf
If x=392 Then
Send "SET ANALOG.OUT 1 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 2 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 3 TO 255"
EndIf
    
```

```

If x=440 Then
Send "SET ANALOG.OUT 1 TO 255"
Send "SET ANALOG.OUT 2 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 3 TO 255"
Endif
If x=0 Then
Send "SET ANALOG.OUT 1 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 2 TO 0"
Send "SET ANALOG.OUT 3 TO 0"
Endif
EndPrgm
    
```

Anmerkung

Es besteht auch die Möglichkeit, die jeweiligen Frequenzen und Tonlängen in einer Tabelle von Lists&Spreadsheet einzutragen und von dort im Programm zu nutzen.

Aufgabe 5

Musik mittels Listen erzeugen
(nach einer Idee von Jody Crothers)

Seit der Betriebssystemversion 4.5 ist eine interne „Notentabelle“ integriert, so dass man die einzelnen Noten über ihre amerikanische Bezeichnung „E4“ ansprechen kann.

Die jeweilige Note muss in der Liste in der Form “C4” eingetragen werden, weiterhin benötigt man die Notenlänge (zeit) und eine Wartezeit (dauer) zwischen den Noten. Diese drei Daten müssen in eine Tabelle eingetragen werden und danach kann das Programm aus der Calculatorseite gestartet werden.

C-Dur: Alle meine Entchen...



| | A note | B zeit | C dauer |
|---|--------|--------|---------|
| 1 | C4 | 0.3 | 0.35 |
| 2 | D4 | 0.3 | 0.35 |
| 3 | E4 | 0.3 | 0.35 |
| 4 | F4 | 0.3 | 0.35 |
| 5 | G4 | 0.6 | 0.65 |

```

Define music()=
Prgm
Send "BEGIN"
For n,1,dim(note)
@Disp note[n],dauer[n],zeit[n]
cmd:="SET SOUND "&note[n]&" "&string(dauer[n])
Disp cmd
Send cmd
Wait zeit[n]
EndFor
EndPrgm
    
```

5 Weiterführende Beispiele ohne externe Bauelemente

5.1 Modell einer Helligkeitsregelung

Straßenbeleuchtungen werden heute oft über Helligkeitssensoren gesteuert. Dabei wird die Beleuchtung beim Unterschreiten einer minimalen Umgebungshelligkeit eingeschaltet und beim Überschreiten einer maximalen Umgebungshelligkeit ausgeschaltet.

Aufgabe 1

Ein einfaches Programm einer vergleichbaren Helligkeitsregelung soll entworfen werden. Dazu sollen der interne Lichtsensor (BRIGHTNESS) sowie die interne Leuchtdiode (LIGHT) des TI-Innovators™ zur Simulation der Straßenbeleuchtung genutzt werden.

Lösung

Deklarationen und Wertzuweisungen eines kleinen Zeitintervalls sowie des Minimal- bzw. Maximalwerts der Helligkeit.

Eingabe der Werte für die minimale bzw. maximale Umgebungshelligkeit.

Programmstruktur zur permanenten Wiederholung des Regelalgorithmus, der Abbruch erfolgt mit „esc“.

Wertübergabe und Ausgabe des Messwertes des Lichtsensors.

Falls dieser Messwert den Minimalwert unterschreitet, wird die interne LED eingeschaltet.

Beim Überschreiten des Maximalwertes wird die interne LED ausgeschaltet.

Programmunterbrechung im kleinen Zeitintervall.

Ausschalten der internen LED.

```
Define hellreg1()=
Prgm
:Local dt,h,hmin,hmax
:dt:=0.2:hmin:=2:hmax:=5
:DispAt 1,"Helligkeitsregelung"
:DispAt 2,"Abbruch mit <esc>"
:Request "Hell-min:",hmin
:Request "Hell-max:",hmax
:While getKey()≠"esc"
: Send "READ BRIGHTNESS"
: Get h
: DispAt 5,"Messwert:
",round(h,2)
: If h<hmin Then
: Send "SET LIGHT ON"
: EndIf
: If h>hmax Then
: Send "SET LIGHT OFF"
: EndIf
: Wait dt
:EndWhile
:Send "SET LIGHT OFF"
:EndPrgm
```

Auswertung

Mögliche Bedienoberfläche der Helligkeitsregelung:



Aufgabe 2

Erweitere das Programm, um den zeitlichen Verlauf der Helligkeit grafisch darzustellen.

Vorüberlegungen

Für die grafische Darstellung eignet sich das Werkzeug *Data&Statistics*. Dazu müssen die Messwerte für die Zeit und die Helligkeit in entsprechenden Listen (als Feldvariablen) geführt werden.

Da in der Umgebung TI Basic keine Systemzeit verfügbar ist, wird eine entsprechende Variable vereinbart, deren Wertänderung durch einen Korrekturfaktor einer realen Zeitmessung empirisch angepasst werden muss.

Lösung

Löschen der globalen (Feld-)Variablen.
 Deklaration weiterer lokaler Variablen:
 i ... Zähler,
 t ... Messzeit
 korr ... Korrekturfaktor
 dt ... Zeitdifferenz zwischen 2 Messwerten(muss mit korr angepasst werden)

Festlegen eines empirisch zu ermittelnden Korrekturfaktors zur Zeitmessung.
 Initialisieren der Zeitmessung und Festlegen eines Startindex.

Ausgabe der Messwerte für die Zeit und die Helligkeit,
 Eintrag dieser Messwerte in die entsprechenden Listen (Feldvariablen).

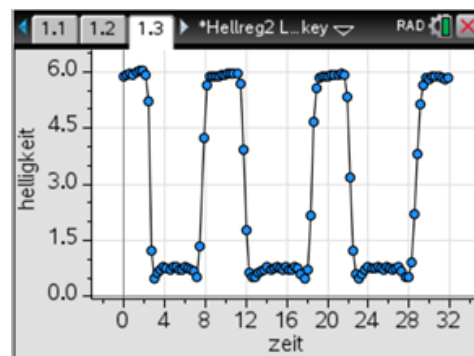
Aktualisierung des (Feld-)Index.
 Aktualisierung und Korrektur der Zeitmessung.

Auswertung

Die grafische Darstellung im Werkzeug *Data&Statistics* vermittelt einen recht guten Eindruck von der zeitabhängigen Helligkeitsänderung am Lichtsensor des TI-Innovators™.

```

Define hellreg2()=
Prgm
:DelVar zeit,helligkeit
:Local i,dt,t,korr,h,hmin,hmax
:dt:=0.2:hmin:=2:hmax:=5
:Disp "Helligkeitsregelung"
:Disp "Abbruch mit <esc>"
:Request "Hell-min:",hmin
:Request "Hell-max:",hmax
:korr:=1.5
:t:=0:i:=1
:While getKey()≠"esc"
: Send "READ BRIGHTNESS"
: Get h
: DispAt 5,"Zeit in s: ",t
: DispAt 6,"Messwert: ",h
: zeit[i]:=t
: helligkeit[i]:=h
: If h<hmin Then
: Send "SET LIGHT ON"
: EndIf
: If h>hmax Then
: Send "SET LIGHT OFF"
: EndIf
: i:=i+1
: t:=t+korr*dt
: Wait dt
:EndWhile
:Send "SET LIGHT OFF"
:EndPrgm
    
```



5.2 Morsen

Im Jahr 1833 baute Samuel Morse den ersten elektromagnetischen Telegrafen. Als Code wurden nur die ersten zehn Ziffern benutzt, so dass ein Übertragen in Buchstaben notwendig war. Alfred Lewis Vail, ein Mitarbeiter von Samuel Morse entwickelte in den Folgejahren einen Code, der auch Buchstaben umfasste.

Dieser wurde umgeschrieben auf dem Internationalen Telegraphenkongress in Paris 1865 standardisiert und später von der Internationalen Fernmeldeunion genormt.

Beispiele:

s = ... gesprochen: ditditdit

- · · - = x gesprochen: daditditda

· - - · · - · - · · · = paris

Dabei gilt:

- Ein Strich ist dreimal so lang wie ein Punkt.
- Die Pause zwischen zwei Symbolen ist so lang wie ein Punkt.
- Die Pause zwischen zwei Buchstaben ist so lang wie ein Strich.
- Die Pause zwischen zwei Worten ist so lang wie sieben Punkte.

Bemerkungen:

Die Länge eines Punktes ist nicht festgelegt. Gute Morsecodierer schaffen das Wort PARIS zehnmal pro Minute.

Aufgabe 13

Das Programm soll einen Buchstaben und zusätzlich die Anzahl der Wiederholungen des Morsebuchstabens abfragen. Ausgegeben wird der Morsebuchstaben in der gewählten Anzahl von Wiederholungen.

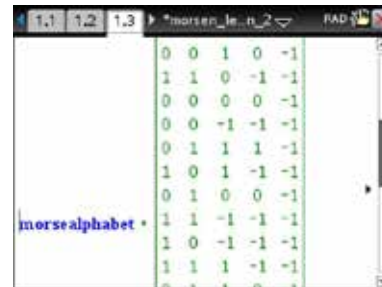
Analyse und mögliche Umsetzung

1. Das Alphabet wird als Liste von Stringvariablen dargestellt.
2. In einer Matrix bestehend aus 26 Zeilen und 4 Spalten kann für jeden Buchstaben das zugehörige Morsezeichen dargestellt werden. Dabei kann für den Punkt eine 0, für den Strich eine 1 und für einen Platzhalter eine -1 verwendet werden.
3. Über diese Listen werden dann die Leuchtdiode und der Lautsprecher angesprochen.
4. Morsezeichen mit gewünschter Anzahl von Wiederholungen wird ausgegeben
5. Morsezeichen wird zufällig ausgewählt und ausgegeben. Kontrolle über Abfrage des erkannten Zeichens und eine Wertung.

1. Liste Alphabet



2. Matrix Morsebuchstaben



Umsetzung

Buchstabe wählen (nur Kleinbuchstaben verwenden)

Anzahl der Wiederholungen

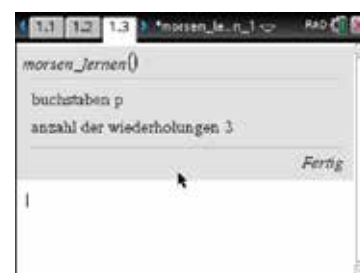
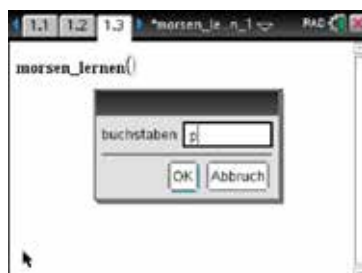
Stelle des Buchstabens in der Liste **alphabet** suchen

Morsebuchstaben aus Matrix **morsealphabet** speichern

Morsebuchstaben mit geforderter Anzahl von Wiederholungen ausgeben

```

Define morsen_lernen()=
Prgm
:DelVar buchstabe
:RequestStr "buchstabe",buchstabe
:DelVar anzahl
:Request "anzahl der wiederholungen",anzahl
:
:stellebuchstabe:=1
:While alphabet[stellebuchstabe]#buchstabe
:   stellebuchstabe:=stellebuchstabe+1
:EndWhile
:
:li:=morsealphabet[stellebuchstabe]
:anz:=0
:While anz<anzahl
:   For stelle,1,5
:     If li[1,stelle]=0 Then
:       Send "SET LIGHT ON"
:       Send "SET SOUND 800 TIME 0.1"
:       Wait 0.1
:       Send "SET LIGHT OFF"
:       Wait 0.1
:     ElseIf li[1,stelle]=1 Then
:       Send "SET LIGHT ON"
:       Send "SET SOUND 800 TIME 0.3"
:       Wait 0.3
:       Send "SET LIGHT OFF"
:       Wait 0.1
:     EndIf
:   EndFor
:   anz:=anz+1
:   Wait 2
:EndWhile
:EndPrgm
    
```



Aufgabe 4

Ein zufällig gewähltes Morsezeichen wird ausgegeben. Der zugehörige Buchstabe soll erkannt, in ein Eingabefeld eingegeben und gewertet werden.

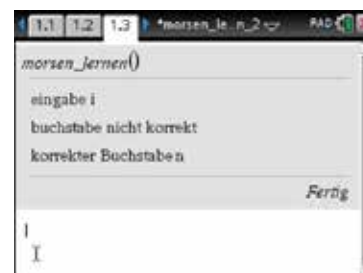
Mögliche Umsetzung

Zufallsbuchstabe aus der Matrix *morsealphabet* wählen (nur Kleinbuchstaben verwenden)

eingeegebenen Buchstaben mit Morsebuchstaben vergleichen und Wertung ausgeben

```

Define morsen_lernen()=
Prgm
:buchstabe:=randInt(1,26)
:li:=morsealphabet[buchstabe]
:
:For stelle,1,5
:  If li[1,stelle]=0 Then
:    Send "SET LIGHT ON"
:    Send "SET SOUND 800 TIME 0.1"
:    Wait 0.1
:    Send "SET LIGHT OFF"
:    Wait 0.1
:  ElseIf li[1,stelle]=1 Then
:    Send "SET LIGHT ON"
:    Send "SET SOUND 800 TIME 0.3"
:    Wait 0.3
:    Send "SET LIGHT OFF"
:    Wait 0.1
:  EndIf
:EndFor
:
:DelVar eingabe
:RequestStr "eingabe",eingabe
:If eingabe=alphabet[buchstabe] Then
:  Disp "buchstabe korrekt"
:  Else
:  Disp "buchstabe nicht korrekt"
:  Disp "korrekter buchstabe war ",
                                     alphabet[buchstabe]
:EndIf
:EndPrgm
    
```



Aufgabe 5

Die Programme aus Aufgabe 3 und Aufgabe 4 sollen so erweitert werden, dass eine Wiederholung solange erfolgt, bis die esc-Taste gedrückt wird.

Mögliche Umsetzung

Einfügen von

```
:While getKey()!="esc"... :EndWhile
```

6 Weiterführende Beispiele mit externen Bauelementen

6.1 Eine einfache Motorsteuerung

Aufgabe

Mit „Notes“ soll eine einfache Steuerung entworfen werden, mit der man einen Motor in den Vorwärts- und Rückwärtslauf steuern kann.

- Externe Geräte**
- Servomotor
 - Externer Akku

- Aufbau**
- Akku mit dem Hub verbinden und einschalten, so dass auf der Platine des Hub die grüne Kontroll-LED für die zusätzliche Stromquelle aufleuchtet.
 - Servomotor MOTOR 1 mit OUT 3 (5Volt!) verbinden.

Lösung

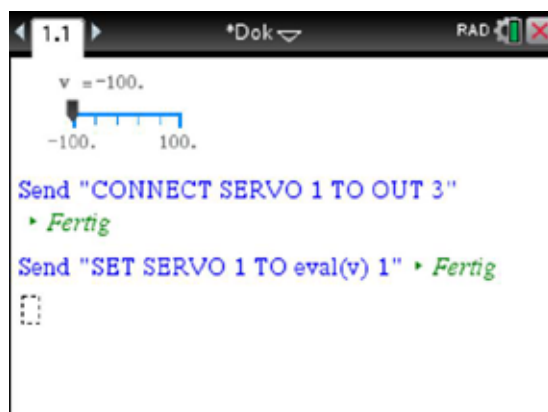
Zunächst müssen der Akku und der Servomotor mit dem Hub verbunden werden. Der Akku muss - je nach Bauart – eingeschaltet werden,

Als Lösung für die Aufgabe bietet sich dann ein Schieberegler an, der mit den abgebildeten Einstellungen in „Notes“ eingefügt wird.



Auf der „Notes“-Seite müssen dann noch zwei Math-Boxen eingefügt werden:

- Der Servomotor muss mit dem Ausgang OUT 3 verbunden werden.
- Die Geschwindigkeit muss als $\text{eval}(v)$ an den Servo übergeben werden; die Laufzeit für einen Wert von v wird auf 1 s festgesetzt, um einen flüssigeren Wechsel zwischen den Geschwindigkeitsstufen herzustellen.



Hinweis

Auf der Unterseite des Servos befindet sich eine Öffnung, durch die man auf einen Regler zugreifen kann, mit dem der Bewegungsnullpunkt genau eingestellt werden kann. Mit einem feinen Schraubendreher überprüft man, ob der Servo bei $v=0$ sich nicht mehr dreht und ob die Geschwindigkeitsschwelle, bei der er sich wieder dreht, für Vor- und Rücklauf gleich ist. Der Servo sollte dann möglichst genau eingestellt werden!

6.2 Das TIFon

Die mit dem Ultraschall-Entfernungssensor ermittelten Entfernungen lassen sich auch gut akustisch darstellen. Mit etwas Übung lassen sich dann sogar Melodien mittels des internen Soundsensors spielen. Entfernt ähnelt dieses „Instrument“ an das Theremin aus den zwanziger Jahren.

Aufgabe

Man bewegt die Hand vor dem Ultraschall-Bewegungssensor (RANGER). In Abhängigkeit von der gemessenen Entfernung soll ein Ton über den eingebauten Lautsprecher ausgegeben werden. Ab 1,5 m Entfernung vom RANGER soll kein Ton mehr ausgegeben werden.

Externer Sensor

– Ultraschall-Bewegungssensor RANGER

Aufbau

– RANGER mit IN 1 verbinden.

Lösung

Variablen deklarieren

Ultraschall-Modul RANGER 1 mit dem Eingang IN 1 verbinden

Abbruchkriterium anzeigen

zentrale *While*-Schleife:

Abbruchkriterium `getKey()≠"esc"`

Einlesen der Entfernung *r*

Ist $r > 1,5$ so wird $r = 0$ gesetzt

Umwandlung in einen gut hörbaren Ton

durch Multiplikation mit 800

Lautsprecherausgabe

Dauer 0,1s

Ausschalten des Lautsprechers

```
Define tifon()=
Prgm
:Local r,s
:Send "CONNECT RANGER 1 TO IN
1"
:DispAt 2,"ABBRUCH MIT <ESC>"
:While getKey()≠"esc"
:  Send "READ RANGER 1"
:  Get r
:  If r>1.5 Then
:    0→r
:  EndIf
:  800*r→s
:  Send "SET SOUND eval(s) "
:  Wait 0.1
:EndWhile
:Send "SET SOUND OFF "
:EndPrgm
```

Mögliche weitere Aufgaben

1. Variation der Länge des Tones und des Faktors 800.
2. Abänderung des Programmes, sodass der eingebaute Helligkeitssensor zur Tonhöhensteuerung verwendet wird.
3. In einem weiteren Programm könnte eine Kombination beider Sensoren verwendet werden. Der Helligkeitssensor könnte dabei die Tondauer bestimmen.

6.3 Eine Einparkhilfe

Moderne Kraftfahrzeuge sind in der Regel mit einem Parkassistenten versehen, der auf Messungen von Abständen rund um das Auto beruht. Im Beispiel werden lediglich die Entfernungen zu den Nachbarfahrzeugen vorne und hinten durch zwei Ultraschall-Entfernungssensoren gemessen.

Zur besseren Veranschaulichung sollte man die Sensoren und den TI-Innovator™ auf einen Wagen montieren. Die „Parklücke“ kann durch zwei Kartons dargestellt werden. Bei Annäherung an einen Karton wird ein Warnton erzeugt, der umso höher ist, je näher man dem Karton gekommen ist. Das „Auto“ steht optimal, wenn der Warnton am tiefsten ist. Der Ton wird erst ab einem bestimmten Mindestabstand erzeugt.



Aufgabe

Es ist ein passendes Programm zu schreiben. Dabei kann auf die Anzeige der Entfernungen verzichtet werden, um eine schnellere Folge der Messungen zu ermöglichen.

Externe Sensoren

2 Ultraschall-Bewegungssensoren RANGER

Aufbau

- RANGER 1 an Eingang IN 1
- RANGER 2 an Eingang IN 2

Lösung

Variablen deklarieren

Zuordnung der Ultraschallsensoren RANGER 1 und 2 zu den Eingängen IN 1 und IN 2

Anzeigen des Abbruchkriteriums
zentrale *While*-Schleife:

Abbruchkriterium: Drücken von d

Einlesen und Abspeichern der Entfernungen auf *r* bzw. *d*

bei Unterschreiten von 0,3m Mindestabstand an einem der beiden Sensoren Erzeugung eines Warntones *s*

Ausgabe von *eval(s)* über den eingebauten Lautsprecher SOUND

Ende der *While*-Schleife

```

Define dist2()=
Prgm
:Local r,d,s,a
:Send "CONNECT RANGER 1 TO IN 1"
:Send "CONNECT RANGER 2 TO IN 2 "
:DispAt 2,"ABBRUCH MIT <ESC>"
:While getKey()!="esc"
:  Send "READ RANGER 1"
:  Get r
:  Send "READ RANGER 2"
:  Get d
:  a:=1
:  If r<0.3 Then
:    a:=r
:  ElseIf d<0.3 Then
:    a:=d
:  EndIf
:  s:=2000-a*2000
:  Send "SET SOUND eval(s) TIME
.1"
:EndWhile
:EndPrgm
    
```

Ergänzung

Es soll zusätzlich noch die rote LED auf dem Hub umso schneller blinken, je näher das „Fahrzeug“ einem Karton der „Parklücke“ kommt.

6.4 Eine einfache Alarmanlage

Der Schutz vor Einbruchsdiebstahl ist ein wichtiges Anliegen. Man kann sich auf vielfältige Weise schützen, z.B. durch Bewegungsmelder, Kameras, Tür- und Fensterkontakte, Glasbruchdetektoren, usw. In diesem Beispiel soll es darum gehen, dass ein einzelner Raum durch einen Bewegungsmelder und einen Türkontakt gesichert wird.

Aufgabe

Es ist ein Programm zu schreiben, das Folgendes leistet:

- Bewegt sich etwas im Zimmer (im Bereich des Sensors) oder wird die Tür in Abwesenheit des Wohnungsinhabers geöffnet, so soll ein Signal ertönen.
- Die Alarmanlage soll „scharf“ gemacht werden können.
- Bei Fehleingabe des Codes zur Entschärfung soll ebenfalls ein Alarmsignal ertönen lassen. Dem Besitzer wird eine gewisse Zeit gelassen, in der er den Entschärfungscode eingeben kann.

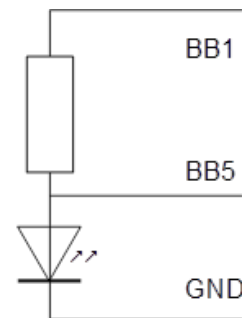
Externer Sensor

Ultraschall-Entfernungssensor RANGER

Aufbau

- Breadboard
- Widerstand 100Ω
- grüne LED

Für die Schaltung werden die Anschlüsse BB1, BB5 und GND des Breadboards verwendet.



Lösung

Variablendeklaration

Zuordnung von Ultraschall-Bewegungssensor zu IN1, grüne LED zu BB1 und Analogeingang zu BB5

Initialisierung der Steuervariablen s

äußere *While*-Schleife:

Abbruch bei s="esc"

Anzeige des Menüs

Deaktivierung des Alarmes (a=0)

Steuervariable s einlesen

innere *While*-Schleife, steuert die Alarmanlage:

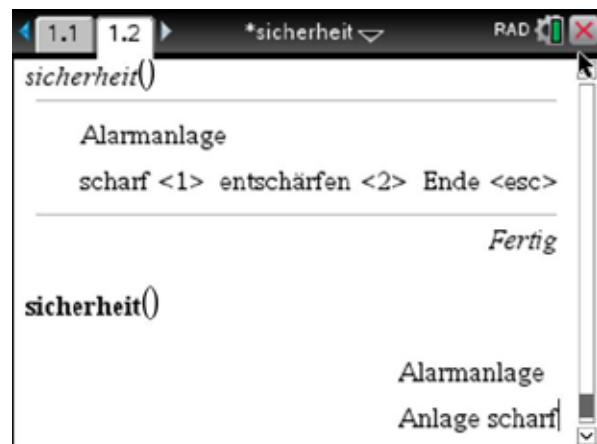
- Scharfschaltung bei s=1, LED leuchtet
- Türkontakt (Anschluss BB5) auslesen; Aktivierung des Alarmes (a=1), wenn Kontakt unterbrochen ($10 < f < 1000$), also wenn Verbindung zu BB5 unterbrochen
- Bewegungssensor abfragen; bei Unterschreitung des Grenzwertes (hier: $r=1\text{m}$) Aktivierung des Alarmes (a=1)

```

Define sicherheit()=
Prgm
:local a,f,r,s,u
:Send "CONNECT RANGER 1 TO IN
1"
:Send "CONNECT LED 1 TO BB 1"
:Send "CONNECT ANALOG.IN 1 TO
BB 5"
:"0"→s
:While s≠"esc"
:  DispAt 1,"Alarmanlage"
:  DispAt 2,"scharf <1> ent-
schärfen <2> Ende <esc>"
:  0→a
:  getKey()→s
:  While s="1"
:    DispAt 2,"Anlage scharf"
:    Send "SET LED 1 ON"
:    Send "READ ANALOG.IN 1"
:    Get f
:    If f>10 and f<1000
:      1→a
:    Send "READ RANGER 1"
:    Get r
:    If r<1
:      1→a
    
```

| | | |
|---|---|-----------------------|
| Entschärfung der Anlage bei Eingabe des Codes „2“ | : | getKey()→u |
| andernfalls Aktivierung des Alarmes (a=1) | : | If u="2" |
| | : | u→s |
| | : | If u≠"2" and u≠"0" |
| | : | 1→a |
| Verzögerung der Alarmauslösung um 3s | : | If a=1 Then |
| | : | Wait 3 |
| | : | Send "SET SOUND 700" |
| Alarm | : | EndIf |
| | : | EndWhile |
| Ende der inneren Schleife | : | Send "SET SOUND OFF " |
| Ausschalten von Alarm und LED | : | Send "SET LED 1 OFF" |
| | : | EndWhile |
| Ende der äußeren Schleife | : | EndPrgm |

Während des Programmablaufes erscheint zunächst die erste abgebildete Meldung. Ist die Anlage dann scharf, folgt die zweite Meldung.



Aufgaben

- Verbessere die Alarmausgabe.
- Ergänze den Alarm um ein Blinklicht (rote LED auf dem Hub).

6.5 Fußgängerampel

Grundlagen

- An einem anschaulichen und realitätsnahen Beispiel soll ein einfacher Regelkreis mittels des TI-Innovator™ realisiert werden. An einem Fußgängerübergang soll eine Ampel mit Bedarfsschaltung simuliert werden. Nach dem Betätigen eines Tasters, soll die Verkehrsampel auf „rot“ schalten und anschließend die Fußgängerampel auf „grün“ schalten. Die Ampeln werden durch einfache LEDs simuliert, wobei die Fußgängerampel nur „rot“ und „grün“ anzeigt.
- Ein Taster gibt das Auslösesignal für die Ampelumschaltung.
- Das Programm soll kontinuierlich ablaufen, zum Abbruch dient der Helligkeitssensor

Benötigte Hardware

TI Handheld (oder Software) und TI-Innovator™
 Breadboard(siehe Abbildung unten)
 Taster für Breadboards,
 5 LEDs (2x rot, 1x gelb und 2x grün)
 Jumperkabel mit männlichem Stecker

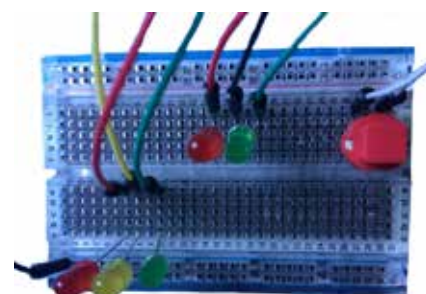
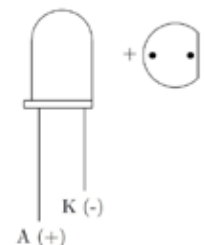
Aufbau

Die LEDs werden am Breadboard in 2 Gruppen gesteckt, um die beiden Ampel zu simulieren.

Die Kathoden (kurze Füßchen) der LEDs können dabei in eine gemeinsame Zeile des Breadboards gesteckt werden. Anschließend wird die Zeile durch ein Jumperkabel mit einer Massebuchse des TI-Innovator™ (untere Reihe, Pins 1–8) verbunden.

Die Anoden (lange Füßchen) der LEDs werden einzeln mit Buchsen der oberen Reihe des TI-Innovator™ verbunden. Die rote LED der Verkehrsampel wird mit dem PIN BB1 verbunden, die gelbe LED mit BB2 und die grüne LED mit BB3. Bei der Fußgängerampel kommt die rote LED an BB4 und die grüne LED an BB5.

Der Taster wird mit BB7 und Masse verbunden und so auf das Breadboard gesetzt, dass die Verbindungslinie der Kunststoffpunkte auf der Unterseite senkrecht zu den Zeilen des Breadboards steht.



Abfrage Einsatzland

In Deutschland und Österreich unterscheiden sich Verkehrsampeln durch das Ende der Grünphase. Während in Deutschland die Grünphase durch ein abruptes Umschalten auf die Gelbphase endet, beginnt das grüne Licht in Österreich gegen Ende der Grünphase zu blinken. Das Programm kann beide Varianten simulieren. Über eine Abfrage beim Programmstart kann der entsprechende Modus gewählt werden.

Quellcode

| | |
|---|--|
| | Define ampel()= |
| | Prgm |
| Variablendeklaration | :local b, c, m, n, mode |
| Button an BB7 aktivieren | :Send "CONNECT BUTTON 1 TO BB7" |
| LEDs an BB1 bis BB5 aktivieren | :Send "CONNECT LED 1 TO BB1" |
| | :Send "CONNECT LED 2 TO BB2" |
| | :Send "CONNECT LED 3 TO BB3" |
| | :Send "CONNECT LED 4 TO BB4" |
| | :Send "CONNECT LED 5 TO BB5" |
| Anfangsparameter setzen | :b:=0 |
| | :c:=0 |
| | :n:=5 |
| | :mode:=0 |
| Abfrage des Einsatzlandes | :Disp "Bitte wählen Sie den Anzeigemodus" |
| | :Disp "1 für Deutschland" |
| | :Disp "2 für Österreich" |
| Falls Wert 1 oder 2, Eingabe gültig | :Request "Modus 1=BRD / 2=AT: ",mode |
| falls anderer Wert ist die Eingabe ungültig und muss wiederholt werden | : Loop |
| | : If mode=1 or mode=2 Then |
| | : Exit |
| | : Else |
| | : Disp "Eingabe ungültig!" |
| | : Request "Modus 1=BRD / 2=AT: ",mode |
| | : EndIf |
| Ampel soll GRÜN BLINKEN | : EndLoop |
| | : |
| Der Helligkeitssensor wird als "Schalter" für den Programmabbruch genutzt. | :If mode=2 Then |
| | : Disp "Ampelmodus für Österreich gewählt" |
| | : Disp "Bitte roten Taster drücken!" |
| | : Disp "" |
| | : Loop |
| | : If n>0.6 Then |
| | : Send "READ BRIGHTNESS" |
| | : Get n |
| | : Wait 0.1 |
| Ein offener Taster gibt den Wert „0“ aus, die Ampel soll für die Fußgänger ROT zeigen | : Send "READ BUTTON 1" |
| | : Get b |
| | : Wait 0.1 |
| | : If b=0 Then |
| | : Send "SET LED 1 OFF" |

```

:           Send "SET LED 2 OFF"
Schalter betätigt, Umschaltsequenz wird ab- :           Send "SET LED 3 ON"
gearbeitet :           Send "SET LED 4 ON"
:           Send "SET LED 5 OFF"
:           Wait 0.5
:           Else
:           Disp "Signal kommt,
bitte warten..."
:           b:=0
:           c:=c+1
:           Disp "Fußgängerphase
Nummer ",c," startet!"
:           Disp ""
:           Send "SET LED 1 OFF"
Für die Fahrzeuge wird die Grünblinken :           Send "SET LED 2 OFF"
Phase abgearbeitet :           Send "SET LED 3 ON"
:           Send "SET LED 4 ON"
:           Send "SET LED 5 OFF"
:           Wait 0.5
:           m:=0
:           While m<4
:           m:=m+1
:           Send "SET LED 3 OFF"
GELB-Phase für 1 Sekunde :           Wait 0.3
:           Send "SET LED 3 ON"
:           Wait 0.5
:           EndWhile
ROT-Phase für Fahrzeuge :           Send "SET LED 3 OFF"
:           Send "SET LED 2 ON"
:           Wait 1
:           Send "SET LED 1 ON"
GRÜN-Phase für Fußgänger :           Send "SET LED 2 OFF"
:           Send "SET LED 3 OFF"
:           Wait 0.5
Für die Fußgänger wird die :           Send "SET LED 4 OFF"
GRÜN BLINKEN- Phase abgearbeitet :           Send "SET LED 5 ON"
:           Wait 2
:           For i,1,4
:           Send "SET LED 5 OFF"
Umschalten auf ROT für Fußgänger :           Wait 0.3
:           Send "SET LED 5 ON"
:           Wait 0.5
:           EndFor
:           Send "SET LED 4 ON"
GRÜN für Fahrzeuge, ROT für Fußgänger :           Send "SET LED 5 OFF"
:           Wait 0.5
:           Send "SET LED 2 ON"
:           Wait 1
:           Send "SET LED 1 OFF"
:           Send "SET LED 2 OFF"
Ende der Schleife und Start der neuen :           Send "SET LED 3 ON"
Sequenz :           Send "SET LED 4 ON"
:           Send "SET LED 5 OFF"
:           Wait 0.5
:           Disp "Bitte roten Taster
drücken!"
:           EndIf

```

Der Ampelmodus für die BRD ist gleich wie im Programmabschnitt für Österreich, jedoch ohne die Phasen des GRÜN BLINKEN.

```

: Else
: Exit
: EndIf
: EndLoop
:Else
: Disp "Ampelmodus für Deutsch-
land gewählt"
: Disp "Bitte roten Taster drü-
cken!"
: Disp ""
: Loop
: If n>0.6 Then
: Send "READ BRIGHTNESS"
: Get n
: Wait 0.1
: Send "READ BUTTON 1"
: Get b
: Wait 0.1
: If b=0 Then
: Send "SET LED 1 OFF"
: Send "SET LED 2 OFF"
: Send "SET LED 3 ON"
: Send "SET LED 4 ON"
: Send "SET LED 5 OFF"
: Wait 0.5
: Else
: Disp "Signal kommt,
bitte warten..."
: b:=0
: c:=c+1
: Disp "Fußgängerphase
Nummer ",c," startet!"
: Disp ""
: Send "SET LED 1 OFF"
: Send "SET LED 2 OFF"
: Send "SET LED 3 ON"
: Send "SET LED 4 ON"
: Send "SET LED 5 OFF"
: Wait 0.5
: Send "SET LED 3 OFF"
: Send "SET LED 2 ON"
: Wait 1
: Send "SET LED 1 ON"
: Send "SET LED 2 OFF"
: Wait 0.5
: Send "SET LED 4 OFF"
: Send "SET LED 5 ON"
: Wait 2
: Send "SET LED 4 ON"
: Send "SET LED 5 OFF"
: Wait 0.5
: Send "SET LED 2 ON"
: Wait 1
: Send "SET LED 1 OFF"
: Send "SET LED 2 OFF"
: Send "SET LED 3 ON"
: Send "SET LED 4 ON"

```

Rücksetzen des Tasters und der LEDs.

```
:      Send "SET LED 5 OFF"
:      Wait 0.5
:      Disp "Bitte roten Taster
drücken!"
:      EndIf
:      Else
:      Exit
:      EndIf
:      EndLoop
:EndIf
:Send "DISCONNECT BUTTON 1 TO
BB8"
:Send "DISCONNECT LED 1"
:Send "DISCONNECT LED 2"
:Send "DISCONNECT LED 3"
:Send "DISCONNECT LED 4"
:Send "DISCONNECT LED 5"
:EndPrgm
```

6.6 Temperaturwarner

Aufgabe

Das Programm soll mithilfe eines externen Sensors die Umgebungstemperatur erfassen und auswerten:

- ist die Temperatur unterhalb einer ersten Grenze (hier $< 28^{\circ}\text{C}$, leuchtet die grüne LED,
- überschreitet die Temperatur diese Grenze, erlischt die grüne LED und eine gelbe LED leuchtet auf,
- ist eine kritische Temperatur erreicht (hier $\geq 30^{\circ}\text{C}$), erlischt die gelbe LED, eine rote LED leuchtet auf und ein Signalton ertönt.

Hardware

TI-Innovator™ Hub
 Temperatursensor
 Breadboard
 LED: grün, gelb, rot
 Buzzer



mögliche Umsetzung

Zuordnung des Sensors, der Leuchtdioden und des Buzzers zu den Eingängen bzw. Ausgängen des TI-Innovators™

Abbruch, wenn esc-Taste gedrückt wurde

Temperatur erfassen und ausgeben

Fallunterscheidung für die gewählten Temperaturbereiche mit den gewählten Anzeigen und Ton

```

Define tempsensor()=
Prgm
:Send "CONNECT TEMPERATURE 1 IN 1 AS
NTC"
:Send "CONNECT LED 1 BB 1"
:Send "CONNECT LED 2 BB 2"
:Send "CONNECT LED 3 BB 3"
:Send "CONNECT BUZZER 1 TO OUT 1"
:
:While getkey()≠"esc"
:
:Send "READ TEMPERATURE 1"
:Get t
:Disp "Temp ",t,"°"
:If t<28 Then
:  Send "SET LED 2 OFF"
:  Send "SET LED 1 OFF"
:  Send "SET LED 3 ON"
:Else
:  If t<30 Then
:    Send "SET LED 3 OFF"
:    Send "SET LED 1 OFF"
:    Send "SET LED 2 ON"
:  Else
:    Send "SET LED 3 OFF"
:    Send "SET LED 2 OFF"
:    Send "SET LED 1 ON"
:    Send "SET BUZZER 1 ON"
:  EndIf
:EndIf
:EndWhile
:EndPrgm
    
```

Mögliche Erweiterung

Die rote LED soll blinken, der Signalton auf- und abschwellen.

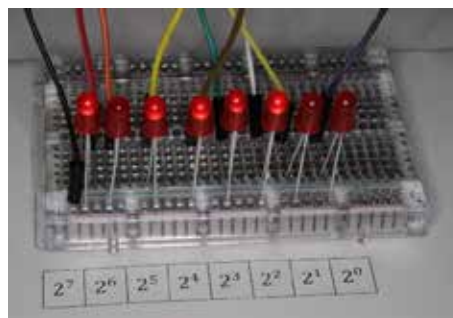
6.7 Binärzahlen

Im Allgemeinen werden Zahlen im dekadischen Positionssystem angegeben. In der Informatik spielt aber die Darstellung im binären Positionssystem die entscheidende Rolle.

Beispiel:

$$25_{10} = 11001_2$$

$$10111100_2 = 188_{10}$$

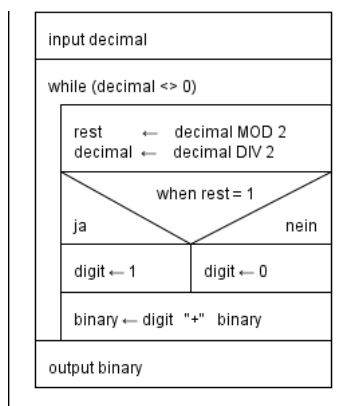
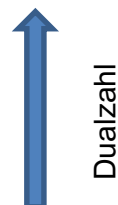


Die Umwandlung einer Dezimalzahl in die entsprechende Dualzahl lässt sich in einem kleinen Programm realisieren.

Verwendet wird folgender Algorithmus:

1. Die Zahl ganzzahlig durch 2 dividieren.
2. Ergebnis notieren und dieses durch 2 dividieren.
3. Falls das Ergebnis der Division nicht 0 ist, Schritt 1 und 2 wiederholen.
4. Die gesuchte Dualzahl ergibt sich aus den notierten Resten in umgekehrter Reihenfolge.

$$\begin{array}{r} 25 : 2 = 12 \text{ Rest } 1 \\ 12 : 2 = 6 \text{ Rest } 0 \\ 6 : 2 = 3 \text{ Rest } 0 \\ 3 : 2 = 1 \text{ Rest } 1 \\ 1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1 \end{array}$$



| 25 Base2 | 0b11001 | dualzahl | 10/1 |
|-------------------------|---------|---------------------|------|
| <code>dualzahl()</code> | | Define dualzahl()= | |
| Zahl 25 | | Prgm | |
| {1,1,0,0,1} | | Request "Zahl",n | |
| | | ll2={ } | |
| | | z=n | |
| | | While z>0 | |
| | | w=intDiv(z,2) | |
| | | r=mod(z,2) | |
| | | ll1={r} | |
| | | ll2=augment(ll,ll2) | |
| | | z=w | |
| | | EndWhile | |
| | | Disp ll2 | |
| | | EndPrgm | |
| <code>dualzahl()</code> | | | |
| Zahl 45 | | | |
| {1,0,1,1,0,1} | | | |
| | | | |
| <code>dualzahl()</code> | | | |
| Zahl 12 | | | |
| {1,1,0,0} | | | |
| | | | |

Aufgabe 1

Die digitale Uhr

(Umsetzung der Programmidee: Nathanael Stelzner)

Die Zeitdauer von einer Minute soll mit Hilfe von 6 LEDs dargestellt werden, es soll also eine „digitale Uhr“ simuliert werden.

Benötigte Hardware

- Breadboard
- 6 LEDs
- 6 100 Ω Widerstände

Lösung

Die sechs LEDs werden über einen Vorwiderstand an die Breadboard-Anschlüsse BB1 bis BB6 angeschlossen.

Die While-Schleife erhöht jede Sekunde die Variable sek um 1. Der Algorithmus zur Umwandlung von Dezimal in Dualzahlen entscheidet darüber, welche LED's an bzw. ausgeschaltet werden.

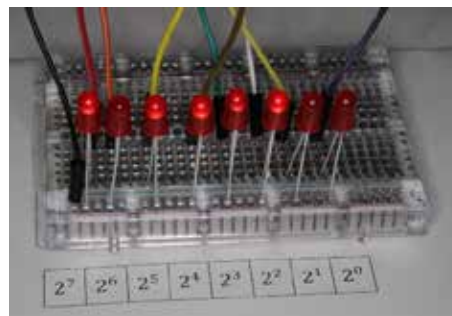
Es werden also 63 Sekunden gezählt.

```
* uhr 07
Define uhr()=
Prgm
Send "CONNECT LED 1 TO BB1"
Send "CONNECT LED 2 TO BB2"
Send "CONNECT LED 3 TO BB3"
Send "CONNECT LED 4 TO BB4"
Send "CONNECT LED 5 TO BB5"
Send "CONNECT LED 6 TO BB6"
sek:=1
While sek≤63
a:=sek
  For n,1,6
  If mod(a,2)=1 Then
  Send "SET LED eval(n) ON"
  Else
  Send "SET LED eval(n) OFF"
  EndIf
  a:= $\frac{a-\text{mod}(a,2)}{2}$ 
  EndFor
  Wait 1
  sek:=sek+1
EndWhile
EndPrgm
```

Aufgabe 2

Binärzahlen erkennen

Erstelle ein Programm, welches eine zufällige Dezimalzahl zwischen 0 und 255 mittels LEDs als Dualzahl anzeigt. Der Nutzer gibt dann die zugehörige Dezimalzahl ein und erhält eine Rückmeldung, ob diese richtig ist.



Benötigte Hardware

- Breadboard
- 8 LEDs

Da die Massen der Pin's 1 bis 8 intern verbunden sind, reicht hier ein Kabel. Da die Pin's am Hub bereits intern mit einem Vorwiderstand von 100 Ohm belegt sind, ist auf dem Breadboard das zusätzliche Einbauen von Widerständen nicht notwendig.

Lösung

Binäre Zufallszahl als Liste erzeugen

```

Define binaer_raten()=
Prgm
nz:=randInt(0,255)
antwort:=nz
listebinaerzahl:={}
While nz>0
    m:=intDiv(nz,2)
    r:=mod(nz,2)
    rest:={r}
    listebinaerzahl:=
    augment(rest,listebinaerzahl)
    nz:=m
EndWhile
    
```

Liste mit führenden Nullen aufbauen

```

s:=dim(listebinaerzahl)
For i,1,8-s
    listebinaerzahl:=
    augment({0},listebinaerzahl)
EndFor
    
```

LED ansprechen

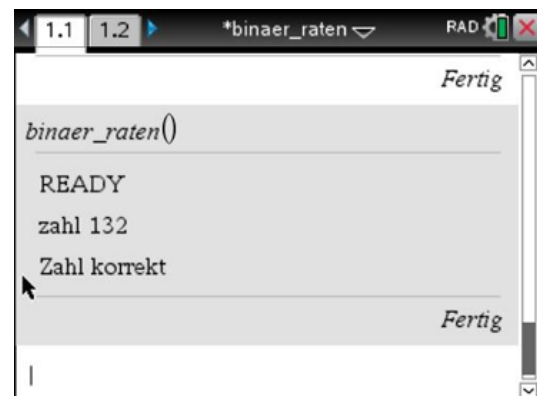
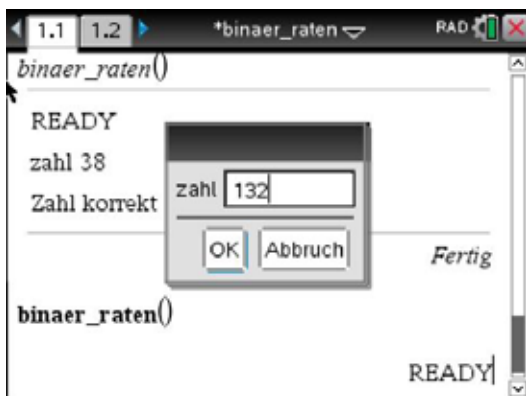
```

Local i
For i,1,8
    Send "CONNECT LED EVAL(i) TO
    BB EVAL(i) "
    If listebinaerzahl[i]=1 Then
        Send "SET LED EVAL(i) TO ON"
    Else
        Send "SET LED EVAL(i) TO OFF"
    EndIf
EndFor
    
```

Antwort kontrollieren

```

DelVar zahl□Request "zahl",zahl□If
zahl=antwort Then□ Disp "Zahl
korrekt"□Else□ Disp "Zahl
falsch"□EndIf□□For i,1,8□ Send
"DISCONNECT LED EVAL(i) "□End-
For□EndPrgm
    
```



6.8 Das Fadenpendel

Mit dem RANGER-Modul kann man sehr gut den Verlauf einer Pendelschwingung aufnehmen und zeigen, dass sie sinusförmig verläuft. Allerdings kann man nicht die Periodendauer bestimmen, da es keine Möglichkeit gibt, auf die Zeitbasis zuzugreifen.

Aufbau

Als Pendelkörper eignet sich eine Kugel von ca. 10 cm Durchmesser, die an einem Stativ aufgehängt wird. Die Fadenlänge sollte etwa 50 cm betragen. Der Ultraschallsensor RANGER wird mit dem Eingang „IN 1“ verbunden, in etwa 20 cm Entfernung vom ruhenden Pendel aufgestellt und auf die Kugelmittle ausgerichtet.

Durchführung

Die Messung ist zweigeteilt. Zunächst wird bei der Ruhelage des Pendels ein einzelner Messwert aufgenommen, der später von allen Messwerten subtrahiert wird. Dann wird das Pendel um etwa 10 cm von der Ruhelage ausgelenkt, losgelassen und die Messung gestartet. Es werden 50 Messwerte aufgenommen, graphisch dargestellt und einer Sinusregression unterworfen.

Messprogramm

Variablendeklaration

Zuordnung von RANGER zu IN 1

Displayanzeige

Pendel in Ruhelage, weiter mit beliebiger Eingabe

Einlesen der Ruhelage b

Pendel anstoßen

Messung durch Eingabe von 0 starten

50 Messwerte werden aufgenommen

Abspeichern in den Listen $st[n]$ (Auslenkung) und $ti[n]$ (Nummer der Messung, als Ersatz für die Zeit)

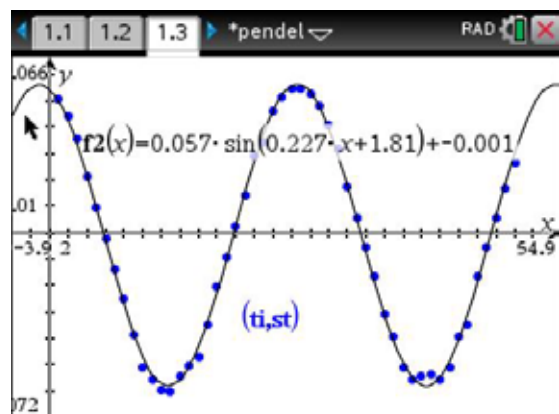
```

Define pendel()=
Prgm
:local b,c,n,r
:Send "CONNECT RANGER 1 TO IN 1"
:Disp "Fadenpendel"
:Disp "======"
:Request "Nullwert",b
:Send "READ RANGER 1"
:Get b
:Request "Starten mit 0:",c
:For n,1,50
:  Send "READ RANGER 1"
:  Get r
:  n→ti[n]
:  r-b→st[n]
:EndFor
:Send "DISCONNECT RANGER 1"
:EndPrgm
    
```

Auswertung

Die vom Programm angelegten Listen $ti[n]$ und $st[n]$ lassen sich sofort als Streudiagramm in *Graphs* darstellen. Zur weiteren Auswertung muss man sie aber in die Tabellenkalkulation *Lists&Spreadsheet* übertragen.

Nimmt man dort eine sinusförmige Regression vor, so sieht man sehr gut, dass die Pendelschwingung sinusförmig ist. Die Subtraktion des Nullwertes hat dazu geführt, dass die Verschiebung in y-Richtung mit 0,001 vernachlässigbar klein ausfällt.

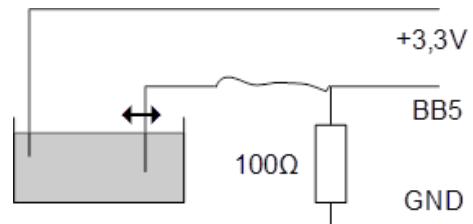


6.9 Leitfähigkeit von Flüssigkeiten hörbar machen

Der Stromfluss durch eine Flüssigkeit hängt u.a. ab von der Leitfähigkeit der Flüssigkeit und der aktiven Fläche der Elektroden. Baut man die zu testende Flüssigkeit als Widerstand in eine Spannungsteilerschaltung ein, so ist die Teilspannung ein Maß für die Leitfähigkeit der Flüssigkeit. Verknüpft man die Teilspannung mit einer Tonfrequenz, so lässt sie sich gut akustisch veranschaulichen. Mit etwas Geschick mag es sogar gelingen, einfache Musikstücke auf so einer „Wasserorgel“ zu spielen.

Aufbau

- gemäß dem nebenstehenden Schaltplan
- als Gefäß kann schon ein Schnapsglas ausreichen
- als Flüssigkeit sollte zunächst Leitungswasser verwendet werden
- die Elektroden (blanke Drähte) sollten ca. 3cm in die Flüssigkeit eintauchen können



Durchführung

Nach dem Programmstart werden die Elektroden in die Flüssigkeit getaucht. Abstand der Elektroden und Eintauchtiefe werden variiert. Das Programm zeigt die Tonfrequenz an.



Messprogramm

Variablendeklaration

Zuordnung der zu messenden Spannung als Analogwert zum Eingang BB5

Überschrift

zentrale *While*-Schleife:

Abbruchkriterium Taste <esc>

Einlesen des Analogwertes *s*

Umformen dieses Wertes in eine Frequenz *f* im hörbaren Bereich

Ausgabe des Tones auf dem Display und über den Lautsprecher SOUND

```

Define orgel()=
Prgm
:local s,f
:Send "CONNECT ANALOG.IN 1 TO BB
5"
:DispAt 1,"Wasserorgel"
:DispAt 2,"Ende mit <esc>"
:While getKey()!="esc"
:  Send "READ ANALOG.IN 1"
:  Get s
:  3*s→f
:  DispAt 3,"Frequenz in Hz: ",f
:  Send "SET SOUND eval(f) TIME
.3"
:EndWhile
:EndPrgm
    
```

Auswertung

1. Vereinfacht kann man für den Widerstand der Teststrecke in der Flüssigkeit die Formel für den Widerstand eines drahtförmigen Leiters annehmen: $R = \rho \cdot l/A$
2. Bewegt man die Elektroden aufeinander zu, erhöht sich die Frequenz. Die Länge l der Teststrecke wird kleiner, also nimmt der Widerstand ab und damit wird die Teilspannung an BB5 größer.
3. Taucht man die Elektroden tiefer ein, so erhöht sich ebenfalls die Frequenz. Die Fläche der Teststrecke wird im Mittel größer, also nimmt der Widerstand ab und damit wird die Teilspannung an BB5 wieder größer.
4. Nimmt man statt des Leitungswassers destilliertes oder entionisiertes Wasser (Bügelwasser), so entstehen nur Töne im niedrigen Frequenzbereich, da dieses Wasser nur gering leitfähig ist. Taucht man hingegen mehrere Fingerspitzen in dieses Wasser, so werden schon bald Töne hörbar, da durch die an den Fingerspitzen sitzenden Salze die Leitfähigkeit zugenommen hat.
5. Man kann auch den Einfluss von Salzen wie z.B. Kochsalz oder von verdünnten Säuren und Laugen auf die Leitfähigkeit testen; ebenso kann man mit wesentlich größeren Gefäßen arbeiten. Das Schnapsglas ist eigentlich ungeeignet, um mit der Leitfähigkeit Musik zu machen, da die Leiterlänge sehr kurz ist.

6.10 Eine Rettungsleuchte

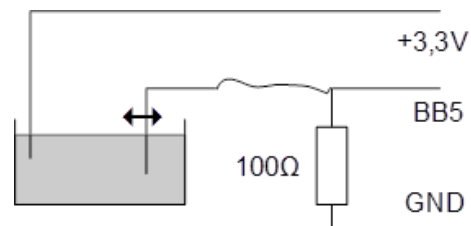
Zu Beginn einer jeden Flugreise werden den Passagieren die Hinweise zu ihrer Sicherheit vorgetragen. Dazu gehört auch die Verwendung der Schwimmweste. Sie enthält ein Licht, das bei Berührung mit Wasser aktiviert wird.

Aufgabe

Erstelle ein Programm, bei dem eine Lampe aufleuchtet, sobald zwei Elektroden durch Wasser miteinander verbunden werden. Die Lampe soll im SOS-Rhythmus blinken. Als Lampe soll eine externe LED verwendet werden.

Aufbau

- siehe nebenstehenden Schaltplan
- durch Versuche muss man herausfinden, wie weit die zweite Elektrode von der ersten entfernt sein kann, um die Lampe zum Leuchten zu bringen,
- die externe LED wird an OUT1 angeschlossen



Lösung

Zuordnung der Ein- und Ausgänge

Überschrift

Zentrale *While*-Schleife:

Abbruch mit <esc>

Einlesen des Wertes am Analogeingang

Einschaltkriterium $h > 200$ für die Lampe

Morsebuchstabe S

Morsebuchstabe O

Morsebuchstabe S

```

Define morseled()=
Prgm
:local h
:Send "CONNECT ANALOG.IN1 TO BB5"
:Send "CONNECT LED1 TO OUT 1"
:DispAt 2,"Rettungslicht"
:DispAt 3,"Abbruch mit <esc>"
:While getKey()!="esc"
:  Send "READ ANALOG.IN1"
:  Get h
:  If h>200 Then
:    For i,1,3
:      Send "SET LED1 ON TIME .3"
:      Wait 0.4
:    EndFor
:    Wait 0.3
:    For i,1,3
:      Send "SET LED1 ON TIME .9"
:      Wait 1
:    EndFor
:    Wait 0.3
:    For i,1,3
:      Send "SET LED1 ON TIME .3"
:      Wait 0.4
:    EndFor
:    Wait 0.8
:  EndIf
:EndWhile
:EndPrgm
    
```

Ergänzung

Im vorliegenden Programm erlischt die Lampe, sobald der Kontakt mit dem Wasser fehlt. Ändere das Programm so, dass die Lampe nicht mehr erlöschen kann!

Literaturhinweise:

Auf den deutschsprachigen Webseiten von Texas Instruments (TI) education.ti.com/de findet man unter der Rubrik „Downloads“ verschiedene Handbücher zum TI-Innovator™ Hub, z.B.

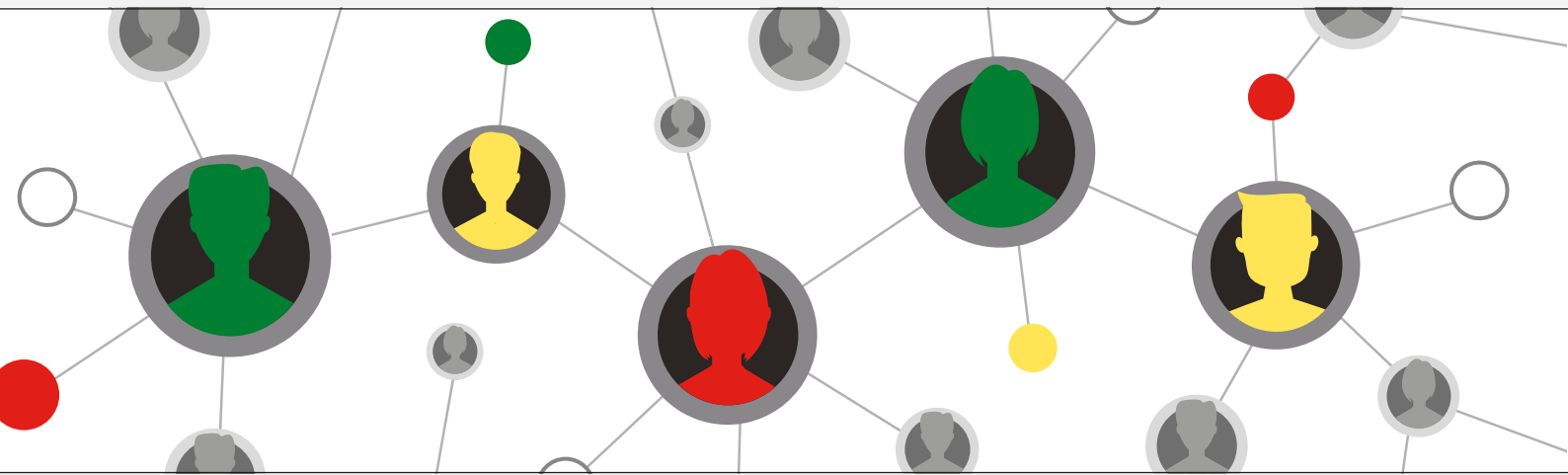
TI-Innovator™ Hub mit TI LaunchPad™ Board Konfiguration Deutsch

TI-Innovator™ Technology Guidebook (Deutsch)

und unter der Rubrik „Alles für die Schule“ die Kurzanleitungen „TI Codes – 10 Minuten Coding“.

Alle im Text beschriebenen Programme, die TI Codes und viel mehr nützliche Unterrichtsmaterialien finden Sie auf der TI Materialdatenbank unter www.ti-unterrichtsmaterialien.net

oder gehen Sie auf www.t3europe.eu. Unter der Rubrik „Resources“ gibt es auch unzählige fremdsprachige Materialien.



www.t3europe.eu

education.ti.com



Teachers Teaching with Technology™

 TEXAS INSTRUMENTS