



Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer

HINWEISE ZU DEN STATIONEN

In diesem Heft sind Materialien zu ausgewählten Stationen für Lehrerinnen und Lehrer zusammengestellt. Sie enthalten

- Hintergrundinformationen,
- ergänzende Materialien für die Verwendung im Unterricht,
- Arbeitsblätter,
- Verweise auf weiterführende Literatur,
- Interessante Internetlinks,
- Quellenangaben zu den verwendeten Materialien.

Im Forscherheft für die Schülerinnen und Schüler haben wir deshalb auf Quellenangaben und Hinweise vollständig verzichtet.

Dieses Online-Material wird fortlaufend ergänzt aus Fragestellungen, die sich aus den Fortbildungen zum Projekt ergeben.

Die Stationen zu Schätzen und Messen wurden konzipiert und umgesetzt von

Reinhardt Böhm

Focke Eschen

Egon Hage

Frank Holle

Berthold Hufnagel

Martin Reichel

Bernd Schäpers

Karl-Heinz Siehoff

Anna Weber

Katja Zander

Inhaltsverzeichnis

STATION 6: BRAUSEPULVER	2
ARBEITEN MIT MAßSTAB AN DEN STATIONEN 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	3
STATION 12: REISE DES BUNDESPRÄSIDENTEN	5
STATION 13: KURVIMETER	7
STATION 14: OZOBOT – ERKUNDUNG EINES AUTOMATEN	8
STATION 17: LICHT FÜR BLUMEN	9
STATION 18: PENDELUHR	11
STATION 20: FLEDERMAUS	13
STATION 30: SPINNER	16
STATION 31: SCHNELL WIE DER WIND	18
LITERATURHINWEISE	19
QUELLEN IM INTERNET	19

Station 6: Brausepulver

Die hier eingesetzten Chemikalien sind harmlos und daher in Supermärkten oder in Drogeriemärkten zu kaufen. Es sind Zitronensäure, Natriumhydrogencarbonat, Zucker und Lebensmittelfarbe.

Zitronensäure wird im Alltag häufig zum Entkalken von Wasserkochern etc. verwendet.

Natriumhydrogencarbonat ist der Hauptbestandteil von Backpulver, das gegen Sodbrennen hilft. Auch wird es in kleinen Tüten als „Kaiser Natron“ verkauft und findet somit weiteren Einsatz im Haushalt.

Zum Experiment: Das Zitronensäurepulver wird durch das Vermengen mit Wasser zu einer flüssigen Säure. Diese reagiert mit dem Natriumhydrogencarbonat zu Kohlensäure und einem Salz.

Somit erhalten wir durch die Kohlensäure den prickelnden Effekt. Der Zucker süßt das Getränk und die Lebensmittelfarbe sorgt abschließend für den Farbton.

Arbeiten mit Maßstab an den Stationen 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Maßstab-Angaben führen nicht nur bei Schülerinnen und Schülern immer wieder zu Unsicherheiten. Klar ist allen, dass die Ursache für solche Maßstabangaben Verkleinerungen bzw. Vergrößerungen sind. Die Trefferquote bei der Beurteilung, ob es sich bei der Maßstab-Angabe um eine Verkleinerung oder eine Vergrößerung handelt ist sehr hoch, wenn man die Frage richtig stellt oder der Zusammenhang anschaulich ist. Alle Anwendungen in der PhänomexX sind sehr anschaulich!



1 : 87 interpretiert jedes Kind richtig.

Ausgehend vom vorliegenden Gegenstand ist der tatsächliche Waggon 87 mal größer.

Jedem Kind ist auch klar, dass dieser Faktor auf mit dem Maßband zu messende Längen anwendbar ist.

Obwohl doch alles so klar ist, entstehen immer wieder Unsicherheiten. WARUM?

Eine Ursache dafür ist unser gebräuchlicher Umgang mit Maßeinheiten für Längen. Bevorzugt werden im schulischen Rahmen Zentimeter und Meter. In der Umwelterfahrung spielt für alle Kinder auch noch der beim Autofahren erfahrende Kilometer eine wichtige Rolle.

Diese drei Längeneinheiten prägen deshalb auch wegen der vielen damit verbundenen Erfahrungen das Denken von Erwachsenen. Leider aber müssen wir bei diesen drei lieb gewonnenen Einheiten mit einem erheblichen Mangel fertig werden: **Zur Umrechnung zwischen diesen Einheiten werden verschiedene Faktoren benötigt.**

1 Meter hat 100 Zentimeter, aber 1 Kilometer hat 1000 Meter!

Fragt man ein Kind, was Maßstab 1:85 bedeutet, hört man fast immer die richtige Antwort: **1 cm am Modell entspricht 85 Zentimeter in der Wirklichkeit.** Ein 12 cm langes Modell ist in der Wirklichkeit deshalb $12 \cdot 85 = 1.020$ cm lang. Der Fehler entsteht erst beim Umrechnen in Meter!!!

Bei Kartenmaßstäben ist das Problem sehr viel augenfälliger:

1 : 15.000 bedeutet, dass 1 cm auf der Karte 15.000 cm auf der Straße entsprechen. Aber 15.000 cm sind? $15.000 / 100 = 150$ m oder $15.000 / 100 / 1000 = 0,15$ km.

Viele Fehler ließen sich vermeiden, wenn man sich einprägen würde:

1 : 85 heißt 1 mm am Modell entspricht 85 Millimeter in der Wirklichkeit!

$12 \text{ cm} = 120 \text{ mm} \Rightarrow 120 \text{ mm} \cdot 85 = 10.200 \text{ mm} = 10,2 \text{ m}$

(einfach)

(einfach)

zwei einfache Umwandlungen!

Jetzt ist der Umrechnungsfaktor immer gleich: 1 m = 1000 mm und 1 km = 1000 m.

Also 1 : 15.000 bedeutet **1mm** entspricht (3 Nullen weg) 15 m und (nochmal 3 Nullen weg) 0,015 km oder 1 : 200.000 bedeutet **1mm** auf der Karte sind 200 m oder 0,2 km!

Findet man deshalb auf Zeichnungen von Handwerkern meisten mm-Angaben???

An den Stationen 13 und 14 betrachten wir die Zusammenhänge an den verwendeten Kurvimetern.

Station 12: Reise des Bundespräsidenten

Diese Station ist ein Musterbeispiel für die Entwicklung von Stationen für das PhänomexX-Konzept.

Die augenblickliche Darstellung an der Station und im Forscherheft ist noch nicht optimiert. Sie ist eine erste Annäherung an die beabsichtigten verschiedenen Zielsetzungen. Sie wird sich nach den ersten Erprobungen mit Schülerinnen und Schülern verschiedenen Alters sicher noch ändern. Die auf der Karte enthaltenen Informationen sind deshalb noch nicht endgültig fixiert.



Einem gebildeten erwachsenen Betrachter wird wahrscheinlich die „Rohversion“ – ausschließlich Grenzverläufe und Punkte für die Hauptstädte – genügen, um die gestellte Aufgabe zu lösen.

Welche Informationen benötigen Kinder verschiedenen Alters und mit unterschiedlichen Vorkenntnissen?

Wann wird die Informationsfülle eher die Problemlösung behindern?

Welche Vertiefungen für leistungsfähige Kinder sind möglich?

Wie findet ein Kind den kürzesten Weg? Kann es sicher sein, dass sein Ergebnis stimmt?

Die gestellte Aufgabe ist als das „Problem des Handlungsreisenden“ (travelling salesman problem) bekannt. Die erste explizite Erwähnung als mathematisches Optimierungsproblem scheint auf Karl Menger zurückführbar zu sein, der dieses 1930 in einem mathematischen Kolloquium in Wien formulierte: *„Wir bezeichnen als Botenproblem (weil diese Frage in der Praxis von jedem Postboten, übrigens auch von vielen Reisenden zu lösen ist) die Aufgabe, für endlich viele Punkte, deren paarweise Abstände bekannt sind, den kürzesten die Punkte verbindenden Weg zu finden.“*

Die einfache und leicht verständliche Aufgabenstellung scheint auf „den ersten Blick“ leicht zu lösen, gehört aber zu den Problemen der theoretischen Informatik, die sich hartnäckig einer einfachen Lösung widersetzen, weil zum Beispiel für die Rundreise über alle 15 Bundesländerhauptstädte mehr als 100.000.000.000 (100 Milliarden) mögliche Wege existieren. Da kommen auch moderne Hochleistungscomputer „ins Schwitzen“ und benötigen so viel Rechenzeit, dass man lange auf das Ergebnis warten muss. Trotzdem zeichnet sich das Problem dadurch aus, dass die Bestimmung **guter**

Lösungen vergleichsweise leicht ist, während das Finden einer beweisbar optimalen Lösung sehr schwierig ist.

Im Unterricht wird man das Problem in Hinblick auf das **Finden einer guten Lösung** nachbereiten können, wenn man sich auf nur 3 oder 4 Stadt beschränkt. Für 3 Städte und den Ausgangspunkt Berlin kann man alle 6 möglichen Wege noch zeichnen. Für 4 Städte mit dem Ausgangspunkt Berlin (24 mögliche Wege) fällt das schon sehr schwer. Versucht man alle möglichen Wege zu zeichnen, wird schnell klar, warum die Intuition viele Wege als mögliche kürzeste Wege ausschließt. Damit ist das Problem noch nicht gelöst, wie man zielsicher den sicher kürzesten Weg herausfiltern kann, aber eine gute Lösung gefunden. Eine Spielwiese zum Argumentieren-Üben.

Diese Station verfolgt neben den zu lösenden mathematischen Problemen einige zusätzliche Ziele, die an dieser Stelle benannt werden sollen:

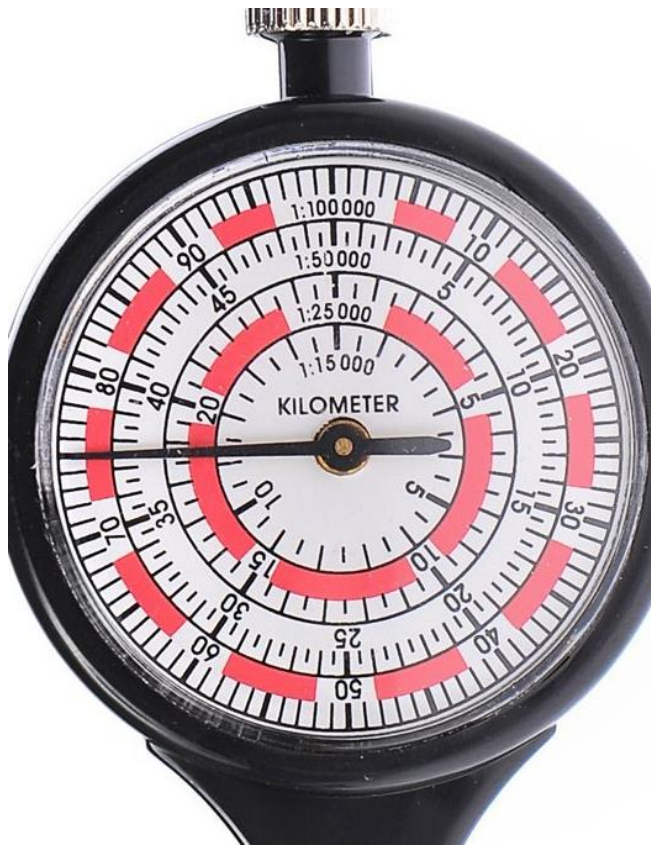
- Kennenlernen der Bundesländer und ihrer Hauptstädte
- Zuordnung von amtlichen Abkürzungen
- Umgang mit Informationen
- Kennenlernen des Bundespräsidenten

Die „Planungsfläche“ für die Schülerinnen und Schüler ist Schritt für Schritt mit immer mehr Informationen versehen worden. Nach Erfahrungen im Stationenlernen mit verschiedenen Schülergruppen wird hoffentlich eine Gestaltung gelingen, die allen Altersgruppen gerecht wird.

Wir sind uns sicher, dass der Umgang mit einer völlig unbeschrifteten Karte auch viele Erwachsene zu einer umfangreichen Recherche benötigt.

Und übrig bleibt die Frage, ob der Maßstab im Aufgabenblatt korrekt angegeben ist oder für die altersgerechte Verwendung gerundet.

Station 13: Kurvimeter



Bei dem roten Kurvimeter ist der Maßstab zu den Skalen aufgedruckt und die Zieleinheit schon in Kilometern angegeben.

Damit ist das Ablesen leicht möglich, wenn der Maßstab der Karte auch einer passenden Skala auf dem Kurvimeter zuzuordnen ist. Was aber, wenn ein anderer Maßstab verwendet wird???

Auffällig ist, dass die Kilometerangaben auf den verschiedenen Skalen (selbstverständlich) zueinander passen, d.h. die Zeigerstellung ist gemeinsam.

- 1: 7.500 und 1,5km ⇔
- 1: 15.000 und 3km ⇔
- 1: 20.000 und 4km ⇔
- 1: 25.000 und 5km ⇔
- 1: 50.000 und 10km ⇔
- 1: 75.000 und 15km ⇔
- 1: 100.000 und 20km ⇔
- 1: 200.000 und 40km ⇔
- 1:1.000.000 und 100km

Fehlende Maßstäbe lassen sich leicht durch Mittelwertbildung zwischen den Skalen oder durch Teilen bzw. Vervielfachen von Skalen einschieben. Das ist bei den rot markierten Zeilen der Fall.

Wie kann man mit einem Kurvimeter die natürliche Länge einer Linie auf einem Papier messen?

Wir wählen auf dem Kurvimeter einen Maßstab mit dem man gut rechnen kann. Etwa bei dem Roten 1:100000.

Welcher Länge auf dem Papier entspricht dann der Zeigerstand 10km?

$$10\text{km} = 10.000\text{m} = 10.000.000\text{mm}$$

Nun durch den Maßstab teilen (= 5 Nullen streichen).

Die Linie ist also 100 mm = 10cm lang!!!

Merksatz: Beim Maßstab 1:100.000 entspricht die Kilometerangabe auf dem Kurvimeter der cm-Länge auf dem Papier

Beim „halben“-Maßstab 1:50.000 muss man das angezeigte Ergebnis verdoppeln. Das kann man sehr schön am roten Kurvimeter erkennen und sich gut merken. Analog muss man beim „viertel“-Maßstab das angezeigte Ergebnis mit 4 malnehmen.

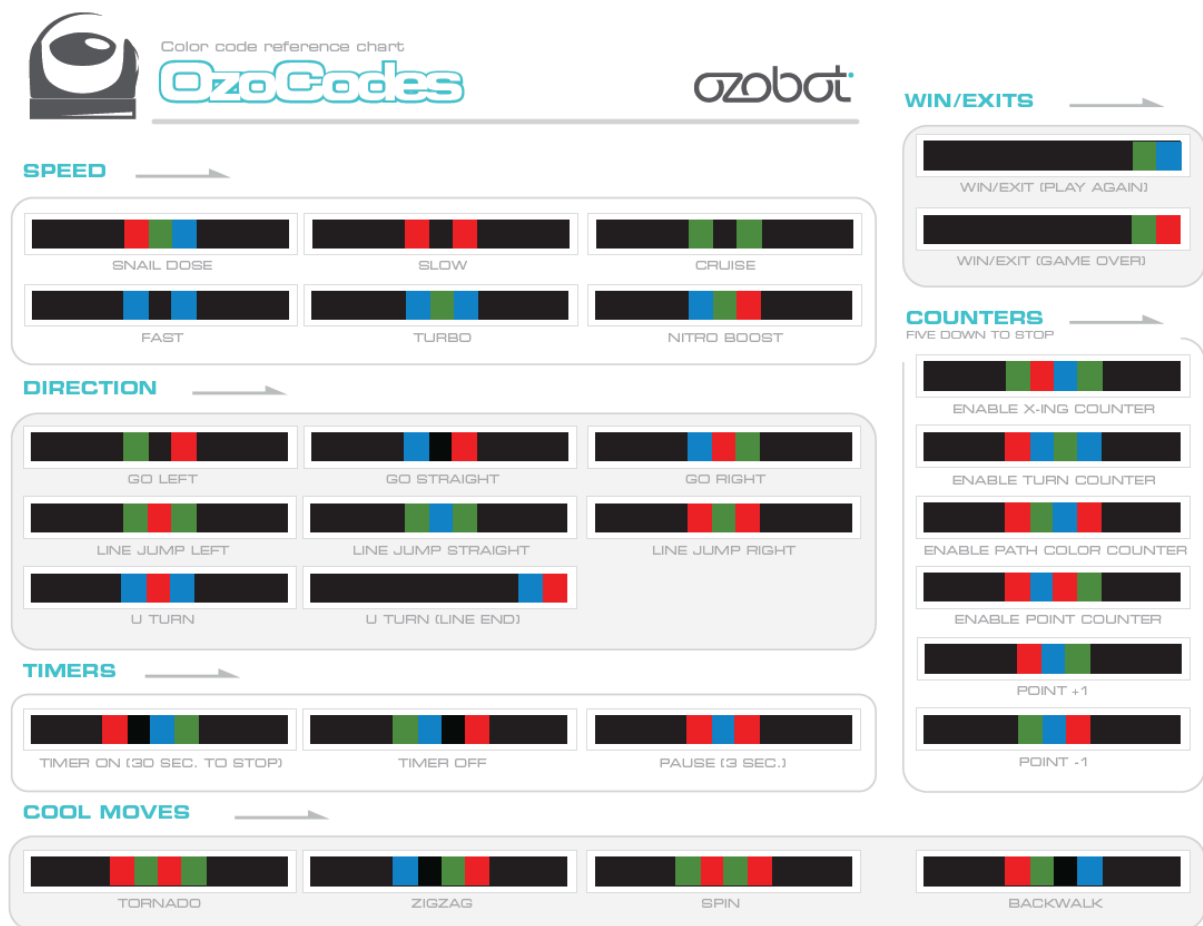
Station 14: OZOBOT – Erkundung eines Automaten

Mehr über OZOBOTs erfahren Sie unter: <https://ozobot.com/>

Im „Maker-Space“ der Stadtbibliothek Ibbenbüren sind ebenfalls OZOBOTs anzutreffen. Sie sind für Jedermann/frau nutzbar. Wenn Sie Interesse an einer Weiterarbeit mit diesen Roboterchen haben, melden Sie sich in der Stadtbibliothek an und vereinbaren einen Termin zur Nutzung.

Eine Referenz der Farbcodes kann man als PDF herunterladen:

<http://play.ozobot.com/print/guides/ozobot-ozocodes-reference.pdf>



Color code reference chart
OzoCodes ozobot

SPEED

- SNAIL DOSE
- SLOW
- CRUISE
- FAST
- TURBO
- NITRO BOOST

DIRECTION

- GO LEFT
- GO STRAIGHT
- GO RIGHT
- LINE JUMP LEFT
- LINE JUMP STRAIGHT
- LINE JUMP RIGHT
- U TURN
- U TURN (LINE END)

TIMERS

- TIMER ON (30 SEC. TO STOP)
- TIMER OFF
- PAUSE (3 SEC.)

COOL MOVES

- TORNADO
- ZIGZAG
- SPIN
- BACKWALK

WIN/EXITS

- WIN/EXIT (PLAY AGAIN)
- WIN/EXIT (GAME OVER)

COUNTERS
FIVE DOWN TO STOP

- ENABLE X-ING COUNTER
- ENABLE TURN COUNTER
- ENABLE PATH COLOR COUNTER
- ENABLE POINT COUNTER
- POINT +1
- POINT -1

OZOBOT & GAMEZONE - COPYRIGHT © 2015 - EVOLVIVE, INC.

Station 17: Licht für Blumen

Für Kinder ist es keine Frage, dass man Licht messen kann und wir Erwachsenen gehen auch ganz selbstverständlich damit um, wenn wir eine Digitalkamera oder das Smartphone zum Fotografieren benutzen. Nach Einzelheiten fragend, bekommt man aber selten eine Antwort. Von begeisterten Fotografen/innen bekommt man schon mal einen Kurzvortrag über Belichtungszeiten und Blendeneinstellungen. Aber das wird auch immer seltener, weil moderne Kameras und Smartphones das im Normalfall automatisch regeln. Das lässt zu Recht den Verdacht aufkommen, dass in jedem Smartphone oder Tablet-Computer wohl ein Belichtungsmesser vorhanden sein muss.

Die hier gestellte Aufgabe hätten wir deshalb auch mit Hilfe eines Smartphones, iPhones, Tablet-Computers oder iPads lösen lassen können. Es ist also eine Aufgabe, die exemplarisch für viele steht, auch von vielen Kleingruppen in der Klasse in unterschiedlichen Zusammenhängen bearbeitet werden können. Geeignete APPs findet man sehr schnell mit Hilfe einer Suchmaschine z.B. unter dem Suchbegriff „Belichtungsmesser APP“.

Zu guten Erfolgen bei der Auswahl der geeigneten APP führt ein Blick auf die Seiten von Zeitschriften zur Fotografie oder Seiten mit Tipps für Fotografen und Kameraleute, die die verschiedenen APPs darstellen und auch bewerten. Für unterrichtliche Zwecke mit jüngeren Kindern kommt es eher nicht auf die Genauigkeit an, sondern eine einfache Handhabung und übersichtliche Darstellung.

Problematisch ist auch, dass die meisten dieser APPs sich wie klassische Belichtungsmesser verhalten und deshalb eine auf ISO-Werte und Verschlusszeiten bzw. Blendeneinstellungen fokussiert. Die von uns bevorzugte Einheit LUX wird oft gar nicht angezeigt.

Unter anderen findet man auf den Webseiten einiger Hochschulen gute Hinweise. Z.B.

<http://mascil.ph-freiburg.de/aufgabensammlung/experimente-mit-dem-smartphone/gruppe-6-experimente-mit-dem-lichtsensor>

Diese Seite hat uns als Erste zu dem in der PhänomexX aufgebauten Versuch angeregt, weshalb sie hier genannt wird. Auf anderen Seiten findet man ähnliches.

Das Lux ist die internationale Einheit der Beleuchtungsstärke.

Die Beleuchtungsstärke auf einer beleuchteten Fläche gibt an, welcher Lichtstrom (gemessen in Lumen, lm) auf eine Flächeneinheit (gemessen in Quadratmetern, m²) fällt. Ihre Einheit ist daher Lumen durch Quadratmeter (lm/m²). Diese abgeleitete Einheit trägt auch den Namen Lux, ihr Einheitenzeichen ist lx. Der Name leitet sich von der lateinischen Bezeichnung lux für Licht ab.

Da die lichtempfindliche Fläche des Luxmeters nicht einen Quadratmeter groß ist, irritiert vielleicht nur Kinder. Aber es ist selbstverständlich, dass der im Gerät enthaltene Computer vom kleinen Sensor auf einen Quadratmeter umrechnen kann.



Unser Luxmeter.

Bitte die lichtempfindliche Fläche
sorgfältig behandeln und bei
ausgeschaltetem Gerät mit der Kappe
abdecken.

Einige Hinweise aus dem Handbuch zu
diesem Gerät folgen auf den nächsten
Seiten.

Station 18: Pendeluhr

Historisch gesehen hat sich die Zeitmessung immer an sich regelmäßig wiederholende Vorgänge orientiert.

Die Zeiteinheit Jahr entstand z.B. aus der periodischen Umlaufzeit der Erde um die Sonne. Der Tag entstand aus der Messung der periodischen Drehung der Erde um sich selbst. Die Verknüpfung zwischen den beiden Einheiten Jahr und Tag war immer kompliziert (weil nicht ganzzahlig). Dem gestiegenen Anspruch an die Genauigkeit musste mit Kalenderreformen, Schaltjahren und ähnlichem Rechnung getragen werden. Das Dezimalsystem wurde auch bei den kleineren Einheiten Stunden, Minuten und Sekunden nicht als Teiler berücksichtigt.

Die hier benutzte Pendeluhr ist die klassische Zeiteinteilungsmaschine, wenn man in der Größenordnung Sekunden messen will. Allerdings ist die geometrische Größe eher unpraktisch.

Für die Kirchturmuhr war das noch in Ordnung, aber für mechanische Taschenuhren und Schiffsuhren waren Drehpendeluhren (mit Unruhe) das Maß der Dinge. Inzwischen wird die noch genauere Schwingung von Quarzen oder Atomen zur Zeitmessung (und zur Definition der Sekunde) herangezogen.

Gemessen werden soll beim Pendel die Schwingungsdauer (d. h. die Zeit, die das Pendel benötigt, um bei einer kleinen Auslenkung vom Startpunkt links bis zur maximalen Auslenkung rechts UND ZURÜCK zu kommen).

Um größere Zeiten zu erhalten kann man auch die Zeit für die 3 oder 10 fache Schwingung messen.

Physikalisch berechnet sich die Schwingungsdauer des Pendels nach der folgenden Formel:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Dabei ist l die Länge des Pendels, also hier die Strecke von der Mitte der beiden Aufhängepunkte bis ca. zur Mitte des Beutels. Alles andere sind Konstanten.



Durch die Messung der Zeit bei unterschiedlichen Längen werden die Schülerinnen und Schüler die Abhängigkeit erkennen können. Sie wird sich wahrscheinlich ausdrücken in einem Satz wie:

Je länger das Pendel ist, desto größer ist die (Schwingungs-) Zeit.

Die Nichtlinearität, die sich darin äußert, dass bei doppelter Länge die Zeit sich keineswegs verdoppelt, werden wahrscheinlich nur einige erkennen.

Wichtig ist noch, welche Abhängigkeit in der Formel NICHT enthalten ist:

Die Zeit hängt weder von der Masse der Körper in dem Beutel noch von der Auslenkung des Fadens (sofern sie nicht zu groß ist) aus der Senkrechten ab.

Dies kann man durch die Zeitmessung bei unterschiedlichen Gewichten (und sonst konstanten Parametern) bzw. Auslenkungen verifizieren.

Station 20: Fledermaus



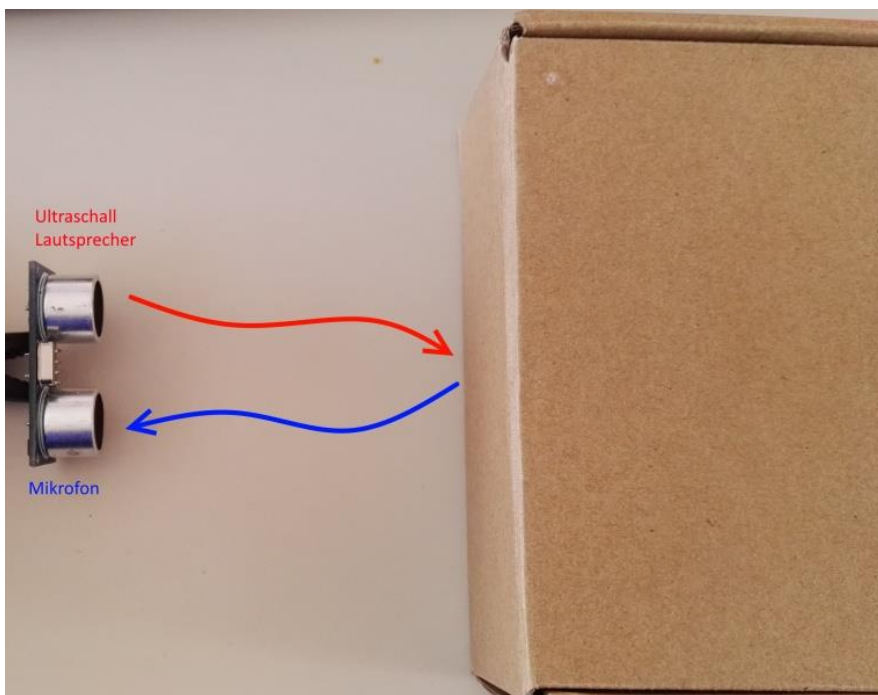
Die Funktionsweise Fledermaus basiert auf einem Ultraschallabstandssensor, der vorne sichtbar montiert ist

Ultraschallsensoren mit vergleichbaren Funktionsprinzipien werden auch in Autos bei Einparkhilfen verwendet. Diese unterscheiden sich in der Funktion kaum, sind aber deutlich robuster und vor Allem unempfindlich gegenüber Witterungsbedingungen ausgeführt. Dafür haben sie aber auch einen vielfach höheren Preis (Der von Bosch ist für etwa 30€ zu kaufen).

Das Modul misst berührungslos mittels eines Ultraschalllautsprechers und eines Mikrofons den Abstand zu einem Objekt. Das Prinzip basiert darauf, dass die Schallgeschwindigkeit in der Luft bei gleichbleibender Temperatur nahezu konstant bleibt - bei 20°C beträgt sie 343,2m/s.

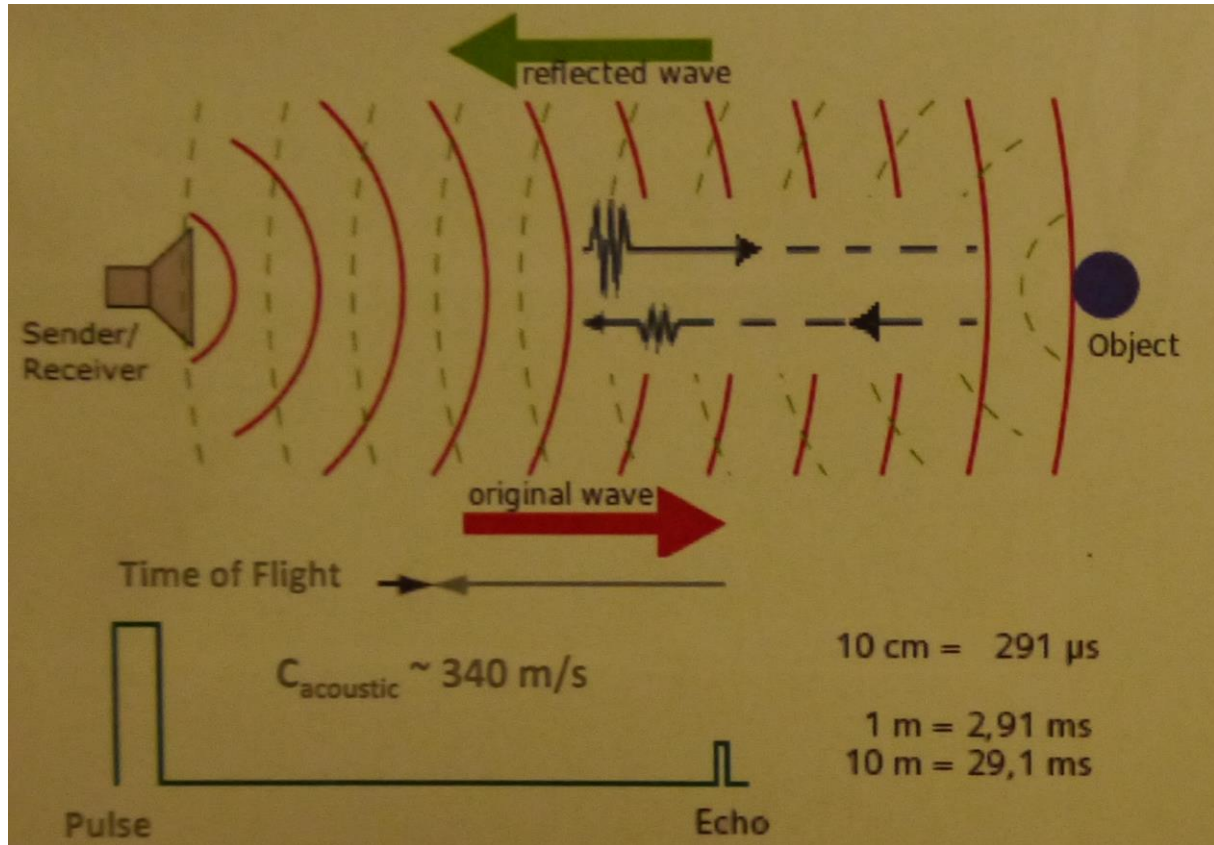
Aus diesem Grunde kann man die Abstandsmessung in eine Zeitmessung überführen, welche dann von Mikrocontrollern (wir verwenden einen Arduino) einfach übernommen werden kann.

Die Abbildung zeigt das Prinzip.



Die Aufgabe besteht darin, die Zeit zu messen, die der Ultraschallimpuls für den zurückgelegten Weg vom Lautsprecher zum Hindernis und zurück benötigt.

Die Zeitmessung muss sehr präzise sein, denn der Schall benötigt für die zurückgelegte Strecke nur etwa einige Tausendstel-Sekunden.



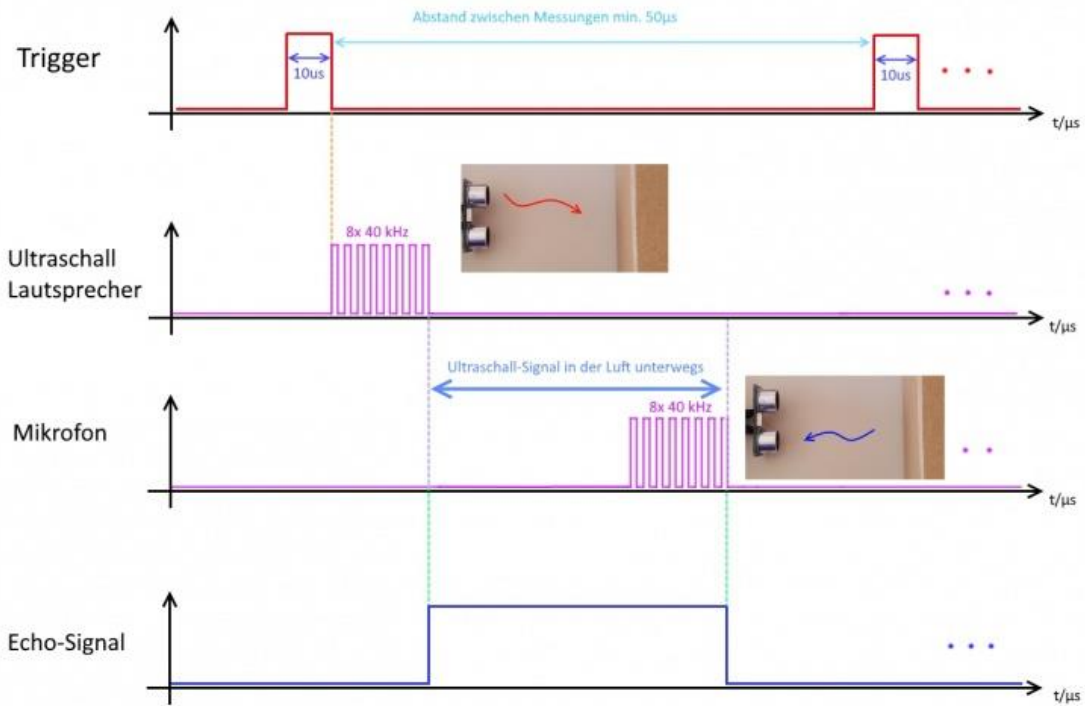
(Quelle: Technische Akademie Esslingen – Ausbildungshandbuch Fahrassistenzsysteme (FAS))

Das in der Fledermaus verwendete Sensormodul sendet über den Ultraschalllautsprecher acht 40KHz Signale aus, welche dann von einem Gegenstand reflektiert und vom Mikrofon aufgenommen werden können. Ultraschall wird verwendet, da es sich außerhalb des Hörbereiches des menschlichen Gehörsinns befindet (grob 20Hz-22.000Hz).

Auszug aus der technischen Beschreibung des Moduls: „Das Aussenden des Ultraschallsignals wird gestartet, in dem am "Trigger Eingangs-Pin" ein 10 μs langes Startsignal (ActiveHigh) empfangen wird. Nach dem Aussenden wird am "Echo Ausgang-Signal Pin" das Signal aktiviert (ActiveHigh). Wird nun am Mikrofon das reflektierte Signal wieder aufgenommen, so wird nach der Detektion das Echo-Signal wieder deaktiviert. Die Zeit zwischen der Aktivierung und der Deaktivierung des Echosignals kann gemessen und in den Abstand umgerechnet werden, da dies auch der Zeit entspricht, wie lang das Ultraschallsignal gebraucht hat um in der Luft die Strecke zwischen Lautsprecher->reflektierende Wand -> Mikrofon zu überwinden. Die Umrechnung erfolgt dann über die Annäherung einer konstanten Luftgeschwindigkeit - der Abstand ist dann folglich die Hälfte der zurückgelegten Strecke.“

Die folgenden Grafiken veranschaulichen den Inhalt dieses Textes.

(Quelle: <http://sensorkit.joy-it.net/index.php?title=Datei:KY-050-Ultraschall.jpg>)



Station 30: Spinner

Die beiden im Versuchsaufbau verwendeten Spinner unterscheiden sich dadurch, dass bei dem linken Spinner das übliche Kugellager entfernt wurde.

Die Feststellung, dass ein Spinner MIT KUGELLAGER länger (leichter) läuft, ist trivial und muss nicht durch Messungen verifiziert werden.

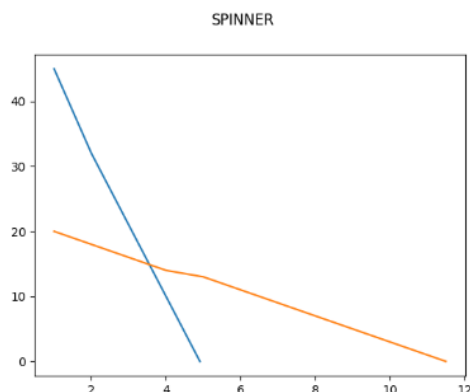
Hier geht es darum festzustellen, wie groß der Unterschied ist. Es soll festgestellt werden, „was das Kugellager bringt?“

Einige einfache Versuche mit einer Stoppuhr sind dafür nicht ausreichend, weil nicht sichergestellt werden kann, dass beide Spinner mit vergleichbarer Startgeschwindigkeit angestoßen werden.

Durch die grafische Veranschaulichung wird der Vergleich der Startdrehzahlen erlaubt.

Nur bei vergleichbarer Startdrehzahl ist eine quantifizierbare Beurteilung des Unterschiedes möglich.

Hintergrundinformation zur Messung im Modell:

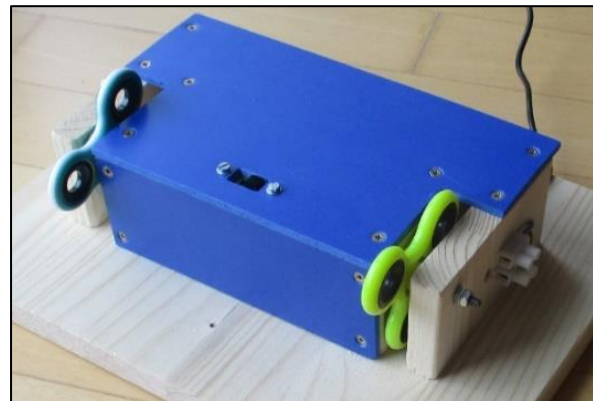


Tatsächlich gibt es nur eine Messleitung zum Minicomputer. Auf diese wird per Schalter einen der beiden Lichtschranken zur Drehzahlmessung gelegt. Der Computer vergleicht die nacheinander aufgenommenen Messreihen miteinander und ordnet diese einem der Spinner zu. Kriterium für die Zuordnung ist die durchschnittliche Steigung der entstehenden Grafen. Ein Graf des Spinners ohne Kugellager hat eine deutlich größere negative Steigung.

Nach einigen (je Spinner ca. 20) Probeläufen ist statistisch klar, dass bei den gegebenen Spinners eine Steigung in der Nähe von -5 das von der Startgeschwindigkeit unabhängige Unterscheidungskriterium ist. Das hat der Computer in Sinne von „machine learning“ dann „gelernt“. Der Lernmodus wird dann abgeschaltet und der Computer entscheidet dann bei allen weiteren Versuchen mit dem „gelernten“ Kriterium. Dies ist ein SEHR einfaches Beispiel für „machine learning“.

Das heißt aber auch, dass man die Entscheidung des Computers durch „bremsen“ des schnellen Spinners aushebeln kann und das Ergebnis in der falschen Farbe angezeigt wird.

Letzteres auszuprobieren ist wohl einige Versuche als Lehrkraft wert.





Projekt: Schätzen und Messen

Seite 17

Hinweise zu den Stationen
für Lehrerinnen und Lehrer

Station 31: Schnell wie der Wind

Literaturhinweise

Quellen im Internet

https://de.wikipedia.org/wiki/Problem_des_Handlungsreisenden

<https://ozobot.com/>