

Messfahrzeug

Bedienungsanleitung

P-Seminar Physik Mikroprozessortechnik 2017/19

Heinrich-Heine-Gymnasium München

11. Dezember 2018



Inhaltsverzeichnis

1	Projekt-Idee	2
2	Projekt-Seminar	3
3	Hardware	4
4	Software	7
5	Beispielaufgaben	9
5.1	Gleichförmige Bewegung (7. Klassenstufe)	10
5.2	Gleichmäßige Beschleunigung (7. Klassenstufe)	11
5.3	Beschleunigte Bewegung: Kurven (9. Klassenstufe)	12
5.4	Ungleichmäßige Beschleunigung (10. Klassenstufe)	13
5.5	Kreisbahnen (10. Klassenstufe)	14
6	Ausblick	15
7	Abbildungsverzeichnis	17

1 Projekt-Idee

Im Rahmen des P-Seminar Physik 2017/19 zum Thema Mikroprozessortechnik haben wir ein Messfahrzeug konstruiert, das in unterstützender und veranschaulichender Form im Physikunterricht eingesetzt werden kann. Es war unser selbstverständliches Ziel, ein Projekt von Schülern für Schüler zu schaffen und so den Schülerinnen und Schülern¹ den Zugang zur Physik zu erleichtern, diese Wissenschaft näher zu bringen und allgemein ihr Interesse am physikalischen Erforschen zu wecken. Am besten funktioniert dies in der Form von Experimenten, wenn die Schüler selbst Zusammenhänge erforschen, so in die Rolle von Entdeckern schlüpfen und dann Schlüsse ziehen können, die sie so intuitiv viel besser verinnerlichen, als bei dem üblichen theoretischen Unterricht. Gerade diese Form der Praxis kommt im Schulalltag oft zu kurz; das ist auch verständlich, da der straffe Lehrplan nun einmal abgearbeitet werden muss und zu vielen Themen auch keine geeigneten Experimente bereitstehen. Gerade am letzten Punkt wollen wir durch einfache, direkt Wissen vermittelnde und vor allem sehr flexible und variable Experimente den Physikunterricht abwechslungsreicher und spannender gestalten.

Da bei unserem Projekt Microcontroller eine zentrale Rolle spielen sollten, haben wir uns nach verschiedenen Ideen schließlich für den Bau eines Messfahrzeugs entschieden. Im Bereich der mechanischen Bewegungslehre wird so mithilfe unseres Messfahrzeugs, eines programmierbaren Autos auf Basis von zwei Arduino-Microcontrollern, das mit diversen Sensoren, so zum Beispiel einem Beschleunigungssensor, einem Gyroskop und einer Reihe von Ultraschallsensoren ausgestattet ist, die alle dazu dienen, dem Fahrzeug möglichst genaue Datenermittlung und dem Steuernden möglichst große Kontrolle zu ermöglichen, ein neuer Ansatz praktischen Lernens geschaffen. Mittels einer einfachen und intuitiven graphischen Programmierung können die Schüler das Fahrzeug verschiedene Strecken fahren lassen und dann anhand der Daten und Graphen, die während der Fahrt ermittelt werden, verstehen, wie sich verschiedene Arten von Bewegung konkret auf einen Körper auswirken.

In dieser Anleitung finden Sie einen Überblick über die Hard- und Software dieses Fahrzeugs sowie Erläuterungen, bei welchen Themenbereichen das Fahrzeug als anschauliches Beispiel auf welche Weise eingesetzt werden kann.

¹Im Folgenden wird wegen der Kürze nur die maskuline Form verwendet. Dies soll weder Frauen noch sich anders geschlechtlich identifizierende Menschen diskriminieren, sondern nur den Text in einem lesbaren Umfang halten. Gerade in einer immer noch überwiegend von Männern ausgeführten Wissenschaft ist es uns ein Anliegen, wirklich alle Lernenden zu erreichen und zu begeistern.

2 Projekt-Seminar

Die Projektidee, die Ausarbeitung und Planung, der Bau sowie die Programmierung des Fahrzeugs wurden im Rahmen des P-Seminars Physik zum Thema Mikroprozessortechnik in den Schuljahren 2017/19 bewerkstelligt. Betreut vom Physik- und Mathematik-Lehrer Herrn Helmut Kopfmann arbeiteten wir insbesondere in einem Hardware- und in einem Software-Team - Später kamen noch die Tätigkeiten der Sponsoren-Suche sowie der Anleitungs-Erstellung hinzu. Das Seminar umfasst 12 Schülerinnen und Schüler:

- Albrecht, Stefan
- Braun, Tim
- Färber, Giorgio
- Fritsch, Simon (Hardware-Team-Leitung)
- Kollwitz, Lucas
- Mayer, Felix
- Pham, Robert
- Pieruschka, Julian (Controller)
- Pohl, Alexander
- Schubert, Florian (Projektleitung, Software-Team-Leitung)
- Schwarz, Laura
- Tempelhoff, Alina

Wir wünschen ganz viel Spaß und Erfolg mit unserem Messfahrzeug!



Abb. 1: Gruppenfoto mit Messfahrzeug

3 Hardware

Das Fahrzeug besteht aus Hartplastik und wurde mit einem 3D-Drucker angefertigt. Dabei umfasst es eine Größe von $27,5\text{cm} \times 19,0\text{cm} \times 16,0\text{cm}$ und fährt auf vier Rädern: Der Antrieb erfolgt über zwei seitlich angebrachte Antriebsräder, die sich unabhängig voneinander drehen können, sowie jeweils einem sog. *Omniwheel* vorne und hinten, das sich in alle Richtungen bewegen kann und damit zur Stabilisierung dient. Die Antriebsräder sind für eine bessere Bodenhaftung mit einem Fahrradschlauch ummantelt.



Abb. 2: Frontansicht des Fahrzeugs

Die Bedienung erfolgt über zwei zentrale Bedienelemente: Der Hauptschalter für die Stromversorgung befindet sich am Heck unterhalb der Batterie, eine weitere Multifunktions-taste ist gut erreichbar auf dem Fahrzeug angebracht. Relevante Informationen wie Status- und Fehlermeldungen sowie Ladungszustände des Akkus werden auf einem seitlich angebrachten Display dargestellt.

Das Fahrzeug kann zu Gunsten der einfacheren Bedienung nur vorwärts fahren. Dafür kann es sich jedoch auch auf der Stelle um einen beliebig einstellbaren Winkel drehen und ist somit in seiner Fahrweise sehr flexibel. Die wesentlichen Größen, die vor der Fahrt eingestellt werden können, sind Beschleunigung und Lenkung (siehe Abschnitt 4).

Zur besseren Sichtbarkeit des Fahrzeugs aber auch zur Ausleuchtung der Umgebung befinden sich an der Front und am Heck jeweils 6 weiße beziehungsweise rote LEDs. Diese können über das Fahrprogramm abhängig von der Umgebungshelligkeit ein- und ausgeschaltet werden. Im Fahrbetrieb werden Richtungsänderungen über jeweils weitere 3 gelbe LEDs an den vier Ecken signalisiert.

Um Fahrprogramme auf das Fahrzeug laden zu können oder Sensordaten auszulesen, muss die microSD-Karte, die sich links neben dem Display befindet, aus dem Auto entfernt und mit dem Computer verbunden werden. Dazu haben wir ein SD-Lesegerät zur Verfügung gestellt. Alle weiteren Schritte werden mit der Computersoftware vorgenommen, es ist also nicht notwendig und kann zu Fehlern führen, etwas am Dateisystem der SD-Karte zu verändern. Das hervorstehende Akku-Modul umfasst drei in Reihe geschaltete Lithium-Eisenphosphat-Akkus mit insgesamt 9,9V und kann mit einem geeigneten Ladegerät über zwei Buchsen am Heck wieder aufgeladen werden. Beim Aufladen muss das Messfahrzeug unbedingt ausgeschaltet sein. Wurde ein Programm auf das Messfahrzeug geladen, kann es danach – auch nach Aus- und wieder Einschalten des Fahrzeugs – mit der Multifunktionstaste gestartet werden. Wird der Fahrvorgang mehrmals hintereinander ausgeführt, können nur die Daten der letzten Fahrt gespeichert werden.



Abb. 3: Heckansicht des Fahrzeugs

Die eigentliche Besonderheit sind aber die vielen unterschiedlichen Sensoren: Im gesamten Fahrzeug sind 9 Ultraschall-Sensoren, ein Beschleunigungssensor, der auch die Win-

kelbeschleunigung messen kann, ein Helligkeitssensor, ein Temperatur- sowie Luftfeuchtigkeitssensor und ein Volt- beziehungsweise Amperemeter verbaut. Zusätzlich können die Umdrehungen der beiden Antriebsachsen und dementsprechend auch die Geschwindigkeit erfasst werden. Die Ultraschallsensoren dienen dazu, durch eine Hinderniserkennung Kollisionen zu vermeiden. Dafür sind jeweils auf der linken und auf der rechten Seite einer vor sowie hinter den Antriebsrädern verbaut, während die anderen 5 Sensoren den Frontbereich abdecken. Die Messwerte werden mit einer Frequenz von 10Hz , also mit einem zeitlichen Abstand von 100ms erhoben.

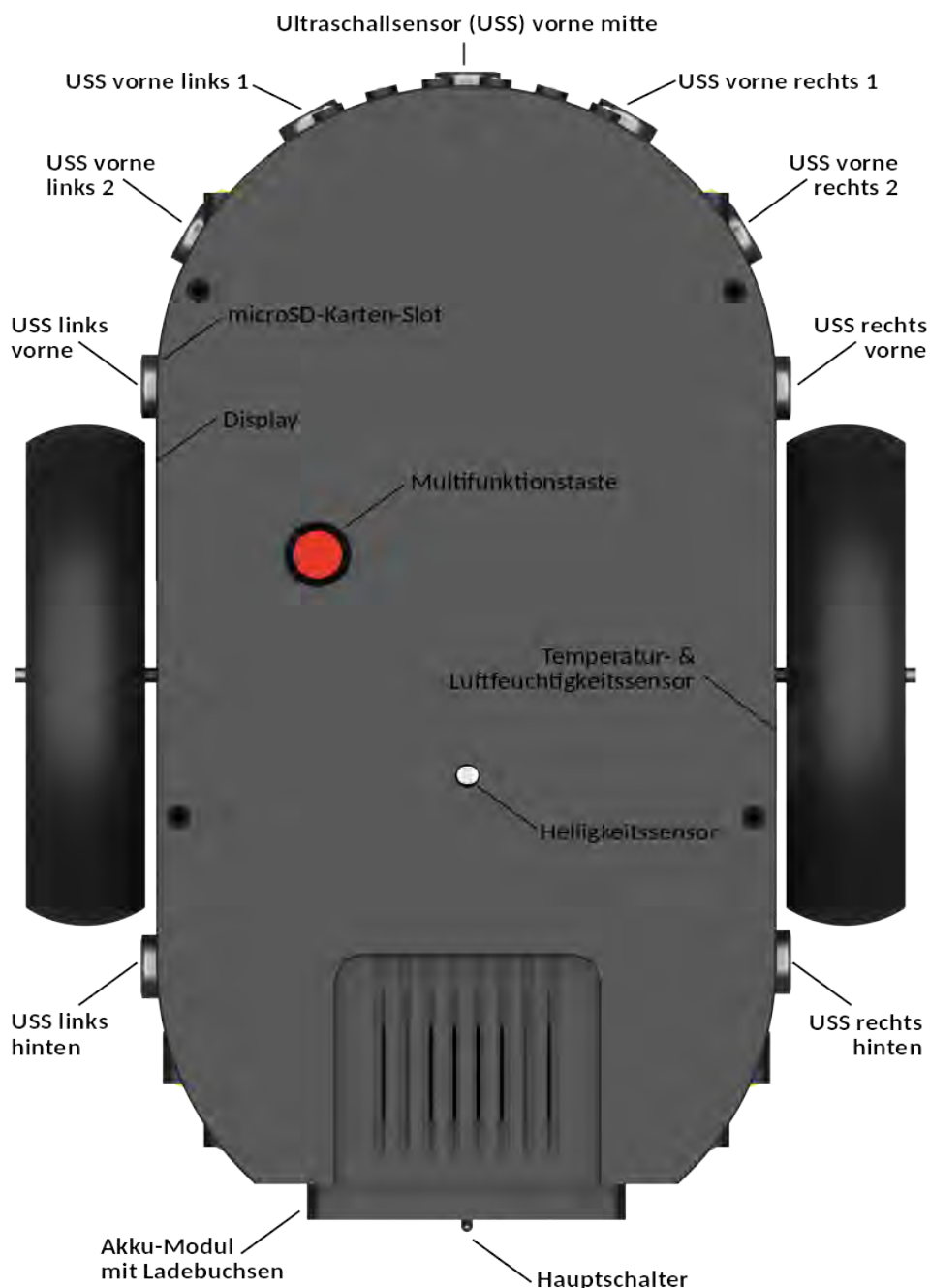


Abb. 4: Sensoren- und Schnittstellen-Übersicht

4 Software

Das Computer-Programm zum Messfahrzeug bietet sowohl die Möglichkeit die Messdaten, welche bei der Fahrt erfasst werden, auszuwerten, als auch selber die Fahrweise zu konfigurieren. Dabei ist das Programm mittels drei Tabs in die Bereiche *Auswertung*, *Programmierung (Fahren)* und *Information & Hilfe* unterteilt. Dabei sind in der links positionierten Optionsleiste alle Funktionen des aktuellen Bereichs abgebildet.



Abb. 5: Programm - Auswertung

Im Bereich *Auswertung* lassen sich die Messdaten graphisch in Diagrammen, aber auch in Tabellenform darstellen. Dafür müssen die Messwerte entweder von der angeschlossenen SD-Karte über die Schaltfläche *von Fahrzeug laden*, oder alternativ aus einer zuvor abgespeicherten *.awd*-Datei mittels der Ordner-Schaltfläche ins Programm geladen werden. Das Programm kann stets nur die Messdaten einer Fahrt laden, diese können jedoch mit der Disketten-Schaltfläche auf dem Computer gespeichert und später wieder abgerufen werden. Standardmäßig werden die Strecke $s_{\text{ges.}}$, die Geschwindigkeit $v_{\text{ges.}}$ sowie die Gesamtbeschleunigung $a_{\text{ges.}}$ als Graphen dargestellt. In der Liste lässt sich einstellen, welche Messreihen angezeigt werden: So lassen sich mit der Plus-Schaltfläche Sensoren anzeigen, welche mit der Mülleimer-Schaltfläche wieder entfernt werden können. Auch die Reihenfolge kann verändert werden. Dazu muss die jeweilige Versuchsreihe in der Liste ausgewählt und mit den Pfeiltasten unterhalb der Liste nach oben oder nach unten verschoben werden. Die Auswahl kann mittels der Schaltfläche *Auslistung zurücksetzen* auf die Standardansicht zurückgesetzt werden. Wenn ein Teil eines Graphen genauer untersucht werden soll, kann dieser mit der Maus ausgewählt werden. Klickt man in das Diagramm und bewegt die Maus nach links, wird der Zoom wieder zurückgesetzt.

Der Bereich *Programmierung (Fahren)* ermöglicht es, das Fahrverhalten des Fahrzeugs zu konfigurieren. Das geschieht unkompliziert mittels der einfach zu bedienenden graphischen Programmieroberfläche. Ein Fahrprogramm besteht aus unterschiedlichen Bausteinen: Es können Befehle, Bedingungen und Wiederholungen miteinander kombiniert und verschachtelt werden. Das Programm wird von oben nach unten ausgeführt.

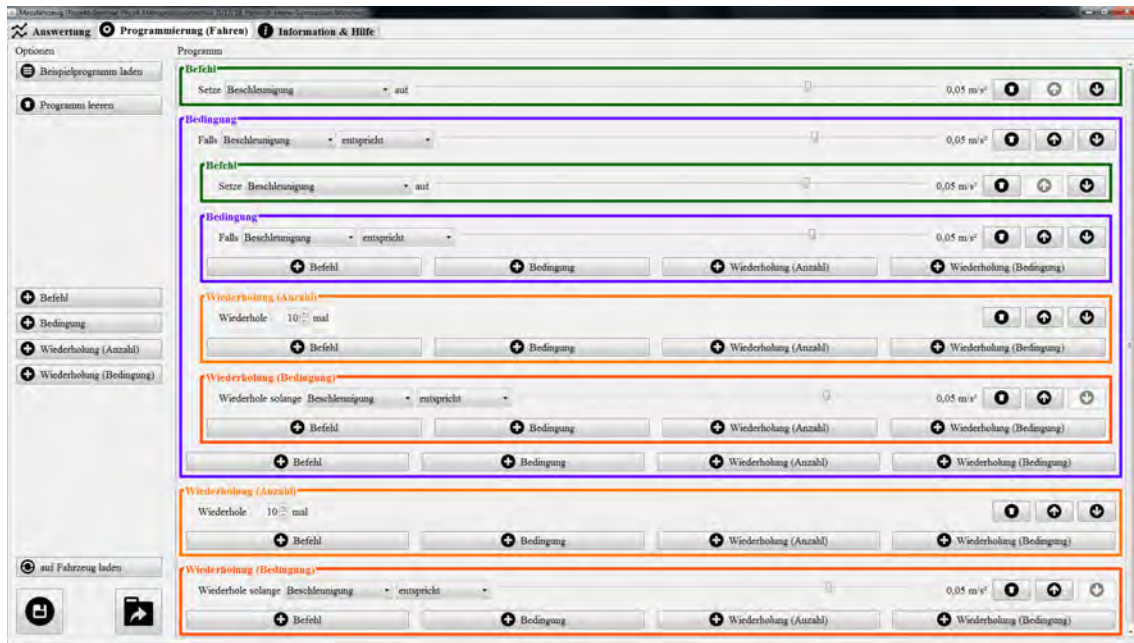


Abb. 6: Programm - Programmierung (Fahren)

Die Befehle dienen dazu, die Beschleunigung, die Lenkung oder die Helligkeit einzustellen, unterhalb der die Front- und Rück-LEDs angeschaltet werden sollen. Die Maximalgeschwindigkeit beträgt $0,2 \frac{m}{s}$ und die maximale Beschleunigung liegt betragsmäßig bei $0,1 \frac{m}{s^2}$. Außerdem kann man das Fahrzeug auf der Stelle um einen beliebigen Winkel rotieren lassen oder eine Wartezeit einstellen, in der das Fahrzeug mit den zuvor eingestellten Parametern weiter fährt, aber die Ausführung der folgenden Programmbausteine verzögert. Als Bedingung lässt sich die aktuelle Beschleunigung oder Geschwindigkeit, aber auch die bereits zurückgelegte Strecke oder die Helligkeit verwenden. Dabei wird stets der eingestellte Referenzwert mit den aktuellen Messwerten des Fahrzeugs verglichen: Man kann entscheiden, ob die Bedingung erfüllt ist, wenn der aktuelle Messwert dem eingestellten Wert *entspricht* oder *nicht gleich* ist. Auch können die Vergleichsoperatoren *größer gleich* oder *kleiner gleich* ausgewählt werden. Nach dem selben Prinzip lassen sich Wiederholungen in das Programm einbauen. Deren Inhalt wird entweder für eine bestimmte Anzahl wiederholt, oder die Wiederholung ist abhängig einer Bedingung.

Die Programmbausteine können über die Schaltflächen mit Plus-Symbol erzeugt werden. Über die links angeordnete Optionsleiste erzeugte Bausteine werden am Ende des Programms angehängt, während die Erzeugung über die Hinzufügen-Schaltflächen der

Bedingungen und Wiederholungen dazu führt, dass die erzeugten Programmbausteine der jeweiligen Bedingung oder Wiederholung untergeordnet werden: Somit kann man die Programmbausteine nicht nur sequenziell aneinanderreihen, sondern eben auch Verschachtelungen erzeugen. Innerhalb des Programms können die Bausteine über die jeweiligen Pfeiltasten nach oben beziehungsweise nach unten verschoben werden, um deren Reihenfolge anzupassen. Um alle Programmbausteine zu entfernen, betätigt man die Schaltfläche *Programm leeren*. Die im folgenden Kapitel vorgestellten Beispielprogramme können über die Schaltfläche *Beispielprogramm laden* angezeigt werden.

Die Programmierung kann mit der Disketten-Schaltfläche auf dem Computer abgespeichert und später wieder über die Ordner-Schaltfläche aus *.pgd*-Dateien geladen werden. Das Programm wird mit der Schaltfläche *auf Fahrzeug laden* auf die angeschlossenen SD-Karte geladen und kann nach dem Trennen der Verbindung ausgeführt werden.

Die physikalischen Größen sind mit ihren jeweiligen Einheiten angegeben. Der Heligkeitssensor kann nicht geeicht werden, weswegen dessen Messwerte prozentual und somit relativ zum Messbereich des Sensors angegeben werden. Als Dezimaltrennzeichen wird im Programm ein Punkt, also die englische Schreibweise benutzt.

Falls weitere Unklarheiten und offene Fragen bezüglich der Bedienung bestehen, lassen sich diese im Bereich *Information & Hilfe* beantworten. Dort wird noch einmal sehr ausführlich das Programm mit jeder einzelnen Schaltfläche erklärt.

5 Beispielaufgaben

Obwohl die Programmierung so einfach wie möglich durchgeführt werden kann, gibt es vermutlich dennoch Erklärungsbedarf und Interesse an konkreten Beispielen. Deswegen können auf den nächsten Seiten 5 Programmbeispiele, passend zum gymnasialen Lehrplan der 7. bis 10. Jahrgangsstufe, nachgeschlagen werden. Diese sind kurz gehalten, werden genau erklärt und sollen dazu dienen, Hilfestellung für einfache Beispiele, aber auch Anregung für weitere komplexere Fahrprogramme zu bieten.

Die Beispielaufgaben decken die folgenden Bereiche ab:

1. Gleichförmige Bewegung (7. Klassenstufe)
2. Gleichmäßige Beschleunigung (7. Klassenstufe)
3. Beschleunigte Bewegung: Kurven (9. Klassenstufe)
4. Ungleichmäßige Beschleunigung (10. Klassenstufe)
5. Kreisbahnen (10. Klassenstufe)

5.1 Gleichförmige Bewegung (7. Klassenstufe)

Als gleichförmige Bewegung bezeichnet man die Bewegung eines Körpers ohne Richtungsänderung und mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Bei Nichtbeachtung von Reibung und anderen Widerständen wirkt also keine Kraft und damit auch keine Beschleunigung auf diesen Körper ein und er bewegt sich mit gleicher Geschwindigkeit fort. Die Geschwindigkeit v wird dabei über die zurückgelegte Strecke Δs in einer bestimmten Zeit Δt definiert.

$$F = 0; \quad a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = 0 \quad v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad [v] = \frac{m}{s}$$

Beispiel: Ein Auto fährt auf einer Landstraße mit gleichbleibender Geschwindigkeit und ohne Kurven zu fahren. Es legt dabei pro Sekunde eine Strecke von $20m$ zurück. Solange man nicht zusätzlich beschleunigt oder abbremst, fährt das Auto theoretisch mit derselben Geschwindigkeit weiter.

Analog dazu wird hier das Messfahrzeug für eine Dauer von $2s$ (mit $0,1\frac{m}{s^2}$) beschleunigt und fährt anschließend für $2m$ mit einer Geschwindigkeit von $0,2\frac{m}{s}$, also für $10s$, konstant weiter und wird anschließend innerhalb von $2s$ bis zum Stillstand abgebremst. Dabei wird im Programm die Beschleunigung und anschließend die Wartezeit gesetzt, die angibt, wie lang das Fahrzeug mit der eingestellten Beschleunigung beschleunigt werden soll. Die Geschwindigkeit lässt sich wie beschrieben berechnen – Die Umrechnung von der Einheit $\frac{m}{s}$ in die Einheit $\frac{km}{h}$ erfolgt über die Multiplikation mit dem Wert 3,6:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2m-0m}{12s-2s} = \frac{2m}{10s} = 0,2\frac{m}{s} \approx 0,72\frac{km}{h}$$

Für die Ausführung des Fahrprogramms wird etwa eine Fläche von $3m \times 1m$ benötigt.

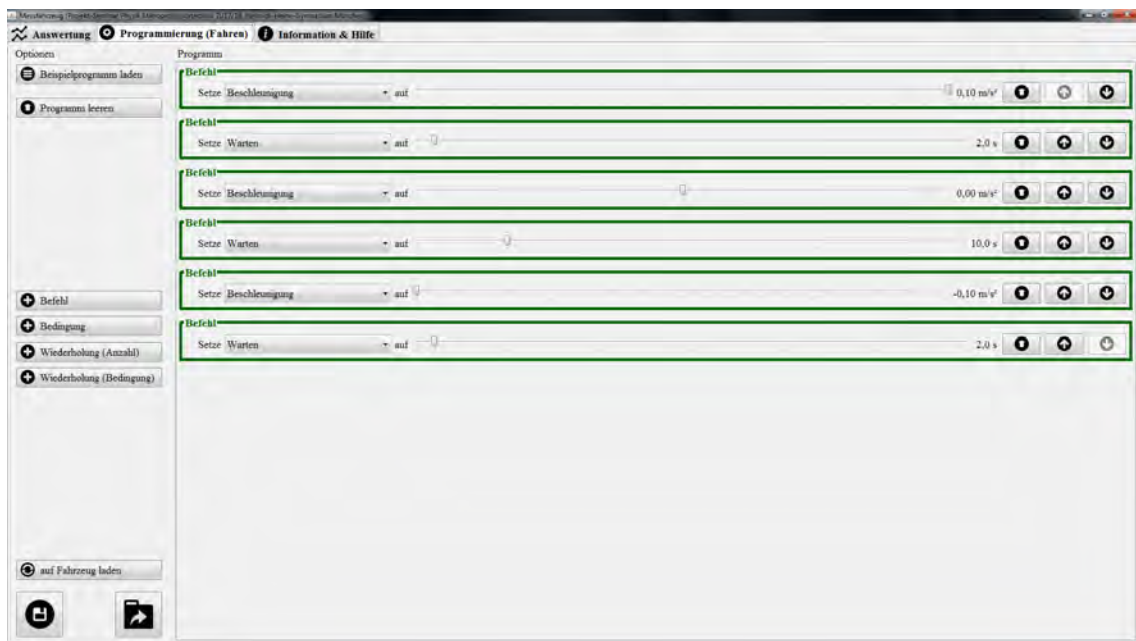


Abb. 7: Beispielaufgabe Gleichförmige Bewegung

5.2 Gleichmäßige Beschleunigung (7. Klassenstufe)

Eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung wird als Bewegung definiert, bei der die Beschleunigung a konstant ist. Die Beschleunigung beschreibt hierbei die Geschwindigkeitsveränderung Δv , also Vergrößerung (schneller werden) oder Verkleinerung (Abbremsen), während eines bestimmten Zeitintervalls Δt : Für die Werte $a > 0 \frac{m}{s^2}$ wird die Geschwindigkeit erhöht, während sie bei $a < 0 \frac{m}{s^2}$ verringert wird. Für $a = 0 \frac{m}{s^2}$ bleibt die Geschwindigkeit konstant, es handelt sich dabei dann um eine gleichförmige Bewegung.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\frac{\Delta s}{\Delta t}}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{(\Delta t)^2} \quad [a] = \frac{m}{s^2}$$

Beispiel: Ein Auto steht zum Zeitpunkt $t_0 = 0s$. Dann beschleunigt es für $10s$ gleichmäßig, bis es die Geschwindigkeit $v = 20 \frac{m}{s}$ erreicht, mit der es nun konstant weiterfährt. Zu Beginn ist also $a = 0 \frac{m}{s^2}$, liegt dann für $10s$ bei $a > 0 \frac{m}{s^2}$, damit das Auto schneller wird, und anschließend bei $a = 0 \frac{m}{s^2}$, um die Geschwindigkeit zu halten.

Das Messfahrzeug wird hier im Modell auf eine Geschwindigkeit von $0,2 \frac{m}{s}$ beschleunigt. Außerdem wird das Fahrzeug nachdem es für $3s$ mit der Zielgeschwindigkeit konstant weitergefahren ist, innerhalb von $2s$ komplett abgebremst. Die Beschleunigung während dem Schnellerwerden lässt sich wie beschrieben berechnen:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,2 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{10s - 0s} = \frac{0,2 \frac{m}{s}}{10s} = 0,02 \frac{m}{s^2}$$

Für die Ausführung des Fahrprogramms wird etwa eine Fläche von $2,5m \times 1m$ benötigt.

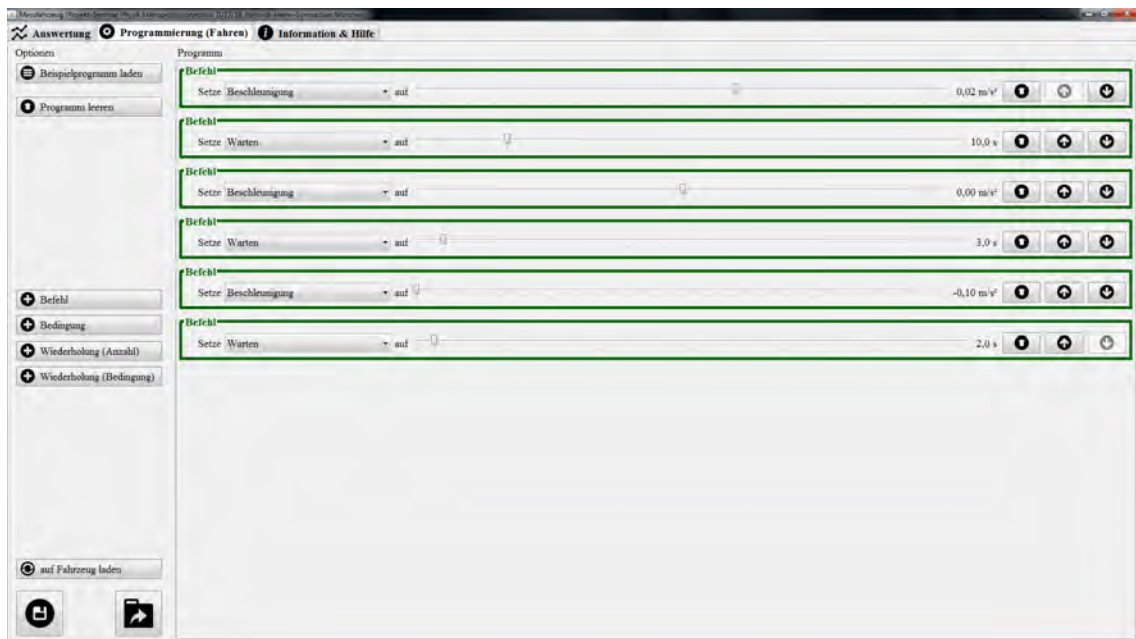


Abb. 8: Beispielaufgabe Gleichmäßige Beschleunigung

5.3 Beschleunigte Bewegung: Kurven (9. Klassenstufe)

Wenn sich ein Körper auf einer Kurvenbahn befindet, bleibt der Betrag seiner Geschwindigkeit gleich. Deshalb könnte man intuitiv denken, dass keine Beschleunigung stattfindet. Allerdings wirkt auf ein Fahrzeug in einer Kurve die sogenannte Radialkraft, sodass es eine Beschleunigung a_z erfährt. Das liegt daran, dass auch die Richtungsänderung eine Änderung der vektoriellen (d. h. durch Betrag und Richtung definierten) Größe Geschwindigkeit bedeutet und so eine Beschleunigung vorliegt. Bei der Bestimmung der Beschleunigung spielt der Krümmungsradius r eine relevante Rolle, der den Radius der Kurve, die gefahren wird, beschreibt. Der Betrag der Beschleunigung durch die Radialkraft wird wie folgt berechnet:

$$a_z = \frac{v^2}{r} \quad [a_z] = \frac{m}{s^2}$$

Im Beispiel soll ein Auto zunächst kurz beschleunigt werden, und anschließend zuerst auf einer geraden Bahn, dann in einer Kurve bei konstanter Geschwindigkeit fahren.

Analog dazu wird das Messfahrzeug auf $0,2 \frac{m}{s}$ beschleunigt, fährt dann anschließend mit konstanter Geschwindigkeit vier 180° -Kurven und wird dann bis zum Stillstand abgebremst. Der Kurvenradius beträgt dabei $r = 0,5m$.

$$a_z = \frac{v^2}{r} = \frac{(0,2 \frac{m}{s})^2}{0,5m} = 0,08 \frac{m}{s^2}$$

Für die Ausführung des Fahrprogramms wird etwa eine Fläche von $2,5m \times 2m$ benötigt.

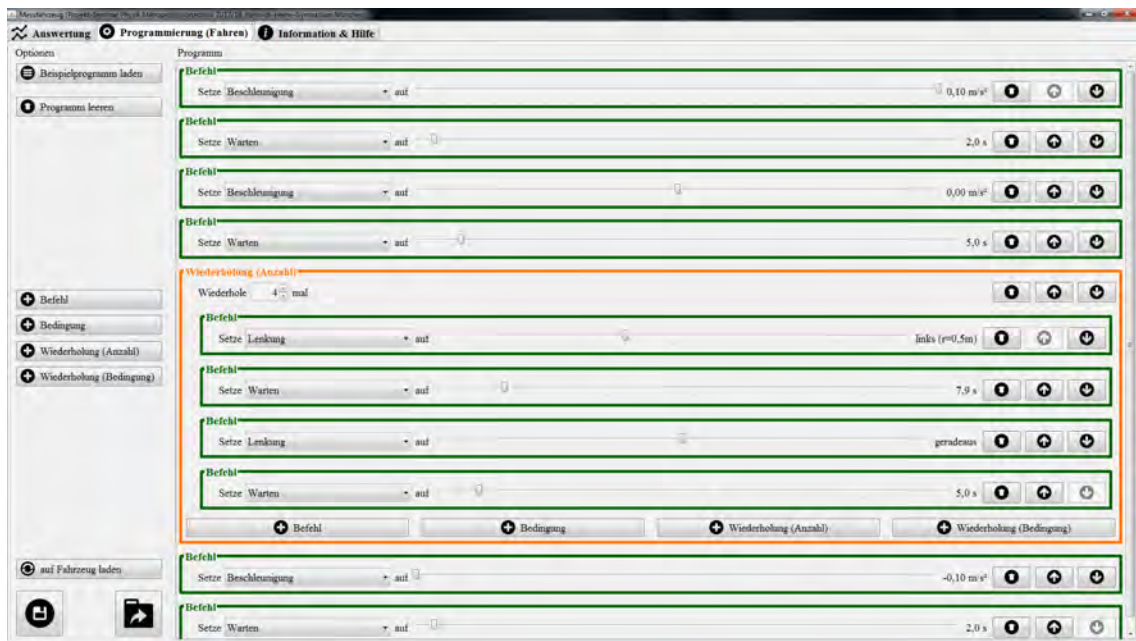


Abb. 9: Beispielaufgabe Gleichförmige Bewegung - Kurven

5.4 Ungleichmäßige Beschleunigung (10. Klassenstufe)

Bei einer ungleichmäßig beschleunigten Bewegung ist die Beschleunigung a nicht konstant, sondern verändert sich während der ablaufenden Bewegung.

Möchte man anhand der klassischen kinematischen Formeln die zurückgelegte Strecke s oder die erreichte Geschwindigkeit v berechnen, stößt man auf das Problem, dass ein konkreter Wert für a benötigt wird, welcher sich hier jedoch verändert. Wählt man kleinere Intervalle, in denen die Beschleunigung annähernd konstant ist und addiert die zurückgelegten Strecken beziehungsweise die Geschwindigkeitsdifferenzen, so erhält man näherungsweise Gesamtstrecke und -geschwindigkeit. Das nennt sich Methode der kleinen Schritte, wobei die Anzahl der Schritte die Genauigkeit des Ergebnisses bestimmt.

$$s = \frac{1}{2} \times a \times t^2 + v_0 \times t \qquad v = a \times t + v_0$$

Beispielhaft lässt sich die Bewegung eines anfahrenen Autos beschreiben. Das Wechseln des Ganges aber auch schon die unterschiedliche Betätigung des Gaspedals sorgt für eine Veränderung der Beschleunigung.

Analog dazu wird das stehende Messfahrzeug mit drei unterschiedlichen Beschleunigungen für jeweils $2s$ beschleunigt ($a_1 = 0,02 \frac{m}{s^2}$; $a_2 = 0,03 \frac{m}{s^2}$; $a_3 = 0,04 \frac{m}{s^2}$). Anschließend fährt es für $2s$ mit einer konstanten Geschwindigkeit weiter und wird innerhalb von $2s$ bis zum Stillstand abgebremst. Exemplarische Berechnung der Geschwindigkeit v_{ges} nach der Beschleunigungsphase ($t = 6s$):

$$v_{ges.} = v_0 + v_1 + v_2 + v_3 = 0 \frac{m}{s} + 0,02 \frac{m}{s^2} \times 2s + 0,03 \times \frac{m}{s^2} \times 2s + 0,04 \frac{m}{s^2} \times 2s = 0,18 \frac{m}{s}$$

Für die Ausführung des Fahrprogramms wird etwa eine Fläche von $1,5m \times 1m$ benötigt.

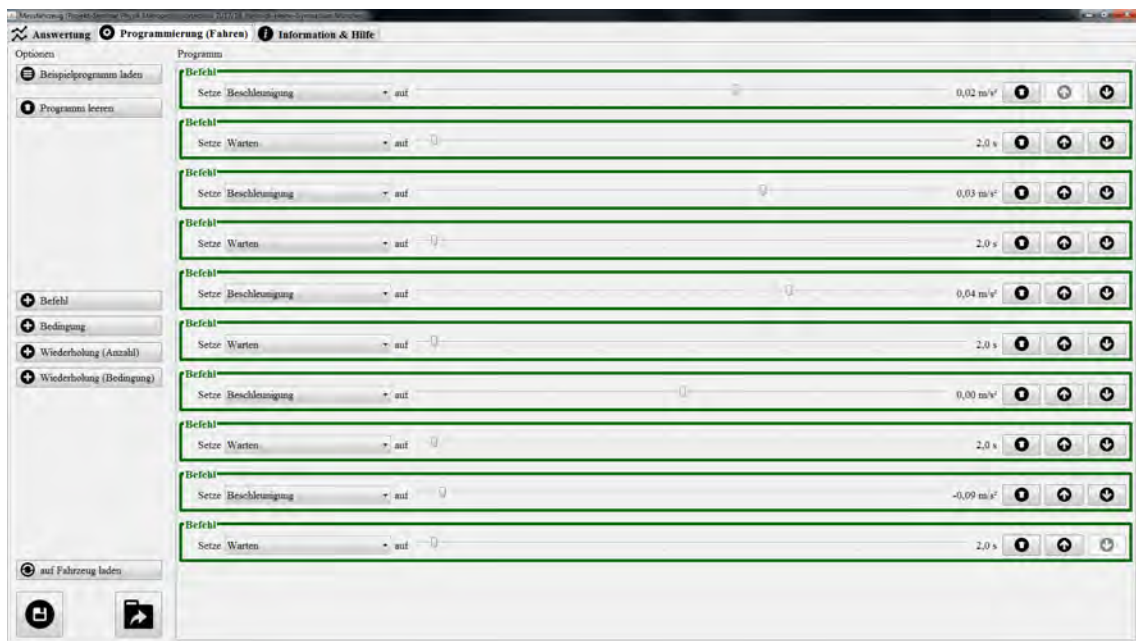


Abb. 10: Beispielaufgabe Ungleichmäßige Beschleunigung

5.5 Kreisbahnen (10. Klassenstufe)

Bei einer Kreisbewegung ist die Bahnkurve kreisförmig. Die Richtung der Bewegung bildet zu jedem Zeitpunkt mit dem Radius einen rechten Winkel. Wenn bei einer Kreisbewegung der Betrag der Geschwindigkeit überall gleich ist, dann handelt es sich um eine gleichförmige Kreisbewegung. Die Beschleunigung ist aber gegensätzlich zu der geradlinigen gleichförmigen Bewegung nicht gleich null. Die Beschleunigung, die das Objekt erfährt, ist die Zentripetalbeschleunigung a_z . Für diese gilt wie bei den Kurven:

$$a_z = \frac{v^2}{r} \quad [a_z] = \frac{m}{s^2}$$

In dem Beispiel hier fährt das Messfahrzeug Kreise mit einem Radius von $0,25m$ bei einer Geschwindigkeit von $0,2\frac{m}{s}$.

$$a_z = \frac{v^2}{r} = \frac{(0,2\frac{m}{s})^2}{0,25m} = 0,16\frac{m}{s^2}$$

Für die Ausführung des Fahrprogramms wird etwa eine Fläche von $1,5m \times 1,5m$ benötigt.

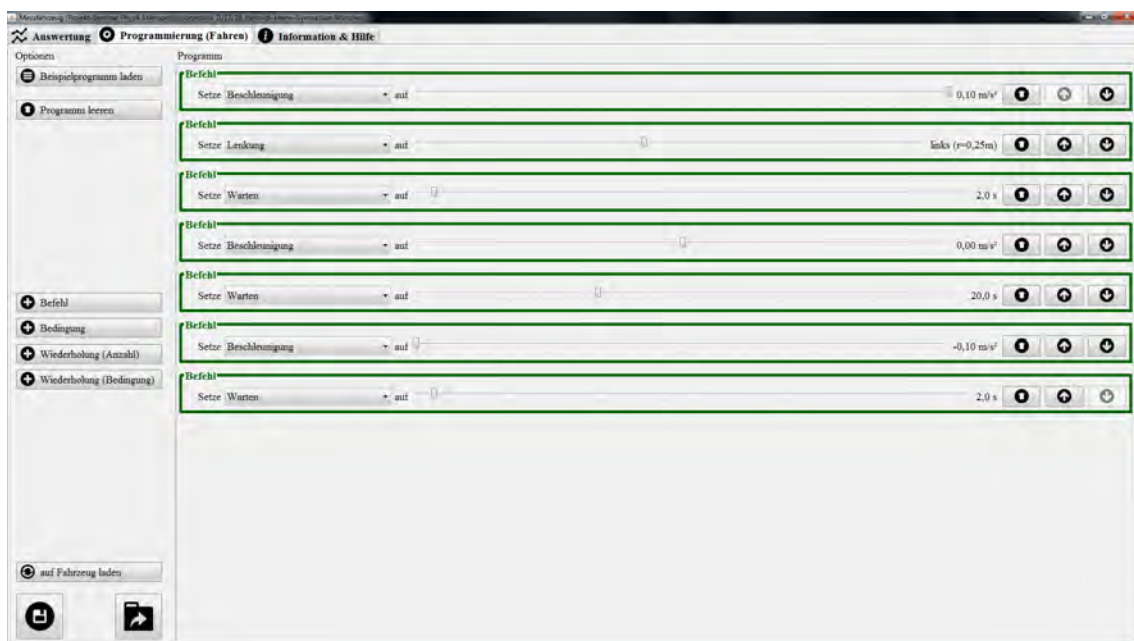


Abb. 11: Beispielaufgabe Kreisbahnen

6 Ausblick

Diese Anleitung soll dazu dienen, die Bedienung und den Umgang mit unserem Messfahrzeug auf einer einfachen Ebene zu erlernen. Die besprochenen Beispiele stellen einfache Anwendungsbereiche vor, anhand derer die Verwendung des Fahrzeugs erprobt und getestet werden kann, repräsentieren aber keineswegs die hard- und software-technischen Möglichkeiten des Autos bzw. Programms. Sie kratzen gewissermaßen an der Oberfläche des technisch Möglichen, ein tieferes Einsteigen ist unbedingt erwünscht. Wir wollen alle, sowohl Lehrer als auch Schüler, dazu anregen, zu experimentieren und weitere Funktionen und Anwendungen zu entdecken.

Dafür sei noch mal auf das Informationen & Hilfe-Menü im Computerprogramm verwiesen. Vor allem in der Programmierung des Fahrzeugs lassen sich durch verstärkte Nutzung der Bedingungen und Wiederholungen und insbesondere ihrer Verschachtelung wesentlich komplexere Fahrten erstellen, die vielleicht zu überraschenden Ergebnissen führen. Zusätzlich können in der Auswertung Messdaten von weiteren Sensoren wie die Winkelbeschleunigungen sowie Entfernungen, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Spannung und Stromstärke analysiert werden. Auch durch Betrachtung der Diagramme in den einzelnen Richtungen können Erkenntnisse gewonnen werden.

Zu viel wollen wir an dieser Stelle aber gar nicht vorgeben, sondern hoffen, den Forscherdrang mancher zu wecken und zur intensiven Beschäftigung mit der Physik anzuregen. Bei Fragen bezüglich des Fahrzeugs und seiner Funktionen stehen die Mitglieder des Seminars natürlich zur Verfügung.

Wir hoffen, dass das Messfahrzeug im Physikunterricht zum Einsatz kommt und durch kreativen Einsatz Freude am Experimentieren und damit Lernerfolge mit sich bringt. Es soll eine praktische Bereicherung darstellen, deren Einsatz vor allem Spaß hervorrufen und Neugier auf mehr wecken soll, denn mit diesen Gefühlen lernt und auch lehrt es sich viel einfacher und angenehmer.

Anhang

7 Abbildungsverzeichnis

Deckblatt: eigene Darstellung (Braun, Tim)

Abb. 1: Gruppenfoto mit Messfahrzeug:

eigene Photographie (Fritsch, Simon; 12/2018; Heinrich-Heine-Gymn. München)

Abb. 2: Frontansicht des Fahrzeugs:

eigene Darstellung (Braun, Tim)

Abb. 3: Heckansicht des Fahrzeugs:

eigene Darstellung (Braun, Tim)

Abb. 4: Sensoren- und Schnittstellen-Übersicht:

eigene Darstellung (Braun, Tim / Schubert, Florian)

Abb. 5: Programm - Auswertung:

eigene Darstellung (Schubert, Florian)

Abb. 6: Programm - Programmierung (Fahren):

eigene Darstellung (Schubert, Florian)

Abb. 7: Beispielaufgabe Gleichförmige Bewegung:

eigene Darstellung (Schubert, Florian)

Abb. 8: Beispielaufgabe Gleichmäßige Beschleunigung:

eigene Darstellung (Schubert, Florian)

Abb. 9: Beispielaufgabe Gleichförmige Bewegung - Kurven:

eigene Darstellung (Schubert, Florian)

Abb. 10: Beispielaufgabe Ungleichmäßige Beschleunigung:

eigene Darstellung (Schubert, Florian)

Abb. 11: Beispielaufgabe Kreisbahnen:

eigene Darstellung (Schubert, Florian)