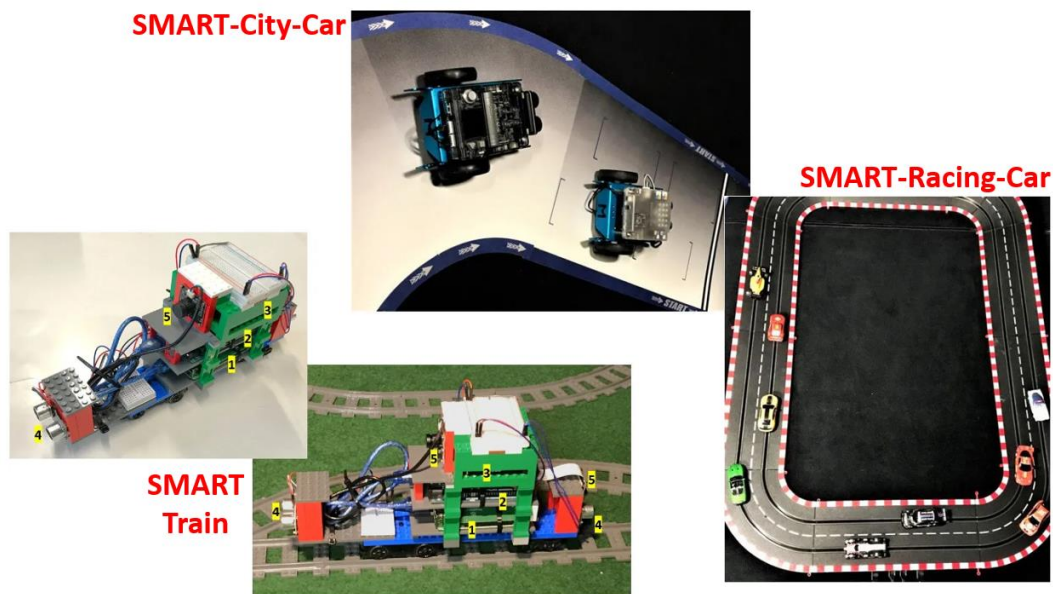


Abschlussbericht zum Förderprojekt „SMART Mobility“



Das MINT-Schul-Labor an der Hochschule Darmstadt

Die Hochschule Darmstadt gehört zu den größten praxisorientierten staatlichen Hochschulen in Deutschland. Der Hauptschwerpunkt in Lehre und angewandter Forschung liegt im Bereich Technik und Ingenieurwissenschaften (u.a. Elektrotechnik, Mechatronik und Maschinenbau).

Im Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften wird u.a. die mathematisch-technische Grundausbildung für alle Technik-orientierten Studiengänge durchgeführt. Dabei wird seit einigen Jahren verstärkt die Zusammenarbeit mit weiterführenden Schulen in der Region ausgebaut, um qualifizierten Nachwuchs an Studierenden zu garantieren. Neben sogenannten Schüler-Aktionstagen werden auch kontinuierlich stattfindende MINT-AGs an Partner-Schulen durchgeführt.

Seit 2019 wird hier das MINT-Schul-Labor auf- und ausgebaut: <https://www.mint-schul-labor.de/>
In den Räumen der Hochschule können interessierte Schülerinnen und Schüler an wöchentlich stattfindenden Terminen eigenständig und/oder unter Anleitung MINT-Projekte durchführen aus den Themenbereichen:

- **3D-Formung:** 3D-Druck und 3D-Scan, CNC-Bearbeitung, Gießverfahren und Einkristallzucht
- **Robotik:** Bau, Steuerung und Programmierung von Roboterarmen und ferngesteuerten bzw. (teil-) autonom betriebenen Modellfahrzeugen, Modell-Drohnen und -Raketen
- **Elektronik:** Analog- und Digital-Sensorik, Programmierung von modernen Mikrocontrollern (Arduino, ESP, Raspberry Pi, aber auch micro:bit, Calliope Mini etc.) zur Steuerung von verschiedenen Aktoren (Motoren, Displays, Audio-Ausgängen etc.)
- **Digitaltechnik:** Lern-Computer und -Prozessoren, Hardware-nahe Programmierung von einfachen und modernen CPUs, FPGA-Konfigurierung
- **Physikalische Experimente:** u.a. Mechanik, Fluid-Dynamik und Optik
- **Regenerative Energien:** u.a. Photovoltaik und Brennstoff-Zellen

- **Chemie- und Biotechnik:** u.a. Mineralogie, Lumineszenz, Wasser- und Luftanalytik, Mikroskopie
- **Mathematik und Informatik:** u.a. moderne Programmiersprachen wie C++ und Python

Hintergrund und Motivation zum Projekt „SMART Mobility“

Mobilität ist eines der großen technischen und gesellschaftlichen Themen in Deutschland und Europa. SMART bedeutet hier die intelligente, digitale Steuerung der Fahrzeuge (Auto, LKW, Bahn, Flugzeug, Schiff) um...

- sowohl Treibstoff (Energie)
- als auch Zeit (beispielsweise durch Stauvermeidung)

... zu sparen. Im Wesentlichen werden dabei zwei sich ergänzende Ansätze verwendet:

- Zentrale Steuerung durch Verkehrsleitsysteme, welche Informationen über die aktuelle Verkehrslage von Straßen-Sensoren erhält und entsprechende Aktor-Systeme bedienen können, wie beispielsweise Ampelsteuerungen, Wechselverkehrszeichen, Schranken etc.
- Dezentrale, in die Fahrzeuge eingebaute Assistenz-Systeme, die ebenfalls Fahrzeug-Sensoren auslesen und entsprechende Steuerungseinheiten bedienen können, wie beispielsweise (teil-) autonome Fahrassistenten oder Fahrer-Hinweissysteme.

Dabei können die dezentralen Fahrzeugsysteme auch mit den zentralen Verkehrsleitsystemen interagieren, in dem Daten per Funk ausgetauscht werden. In den letzten Jahren sind große Entwicklungen in diesem Bereich durchgeführt und bereits einige Systeme eingeführt worden.

Mit dem Projekt „SMART-Mobility“ möchten wir interessierten SchülerInnen der Unter- und Mittelstufe (5. – 10. Klasse) die technischen Aspekte dieser Thematik anhand von Experimenten an Modell-Fahrzeugen und -Anlagen näherbringen. Dabei werden, neben den allgemeinen Problemanalyse- und -lösungs-Kompetenzen folgende Fähigkeiten gefördert:

- Mechanischer Aufbau von Fahrzeugen und (allgemein) Mechatronischen Systemen
- Moderne analoge und digitale Sensorik
- Arbeitsweise von modernen Minicomputern und Mikrocontrollern
- Programmierung von Minicomputern und Mikrocontrollern
- Sensor-Datenerfassung und deren Auswertung

Unser Projekt „Smart-Mobility“ gliedert sich in die drei Teil-Themen:

- SMART-Train
- SMART-City-Car
- SMART-Racing-Car

Im Folgenden werden einige der bislang erzielten Details-Ergebnisse vorgestellt.

Details-Ergebnisse im Teilprojekt „SMART-Train“

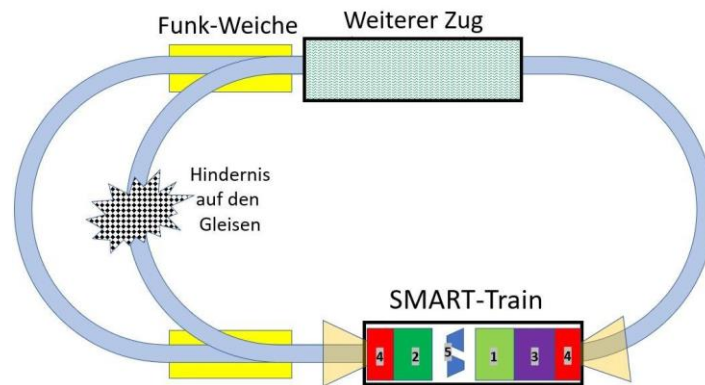


Abbildung 1: Prinzipdarstellung zum Teilprojekt SMART-Train

Im Teilprojekt SMART-Train beschäftigen wir uns mit (Modell-)Eisenbahnen und intelligenten Zügen. In der Regel wird eine (Modell-)Eisenbahn "von außen", also von einem Leitstand, gesteuert. Über die Gleise (bzw. die Oberleitung) wird der Zug mit Strom versorgt und fährt "einfach" los. Beim SMART-Train steuert ein im Zug enthaltener Computer bzw. Controller den Zug selbstständig auf Basis von Messungen, welche von Sensoren am und im Zug vorgenommen werden (siehe Abbildung 1). Auf diese Weise kann der Zug beispielsweise Funk-Weichen stellen, mit anderen Zügen kommunizieren oder Hindernisse auf den Gleisen erkennen.

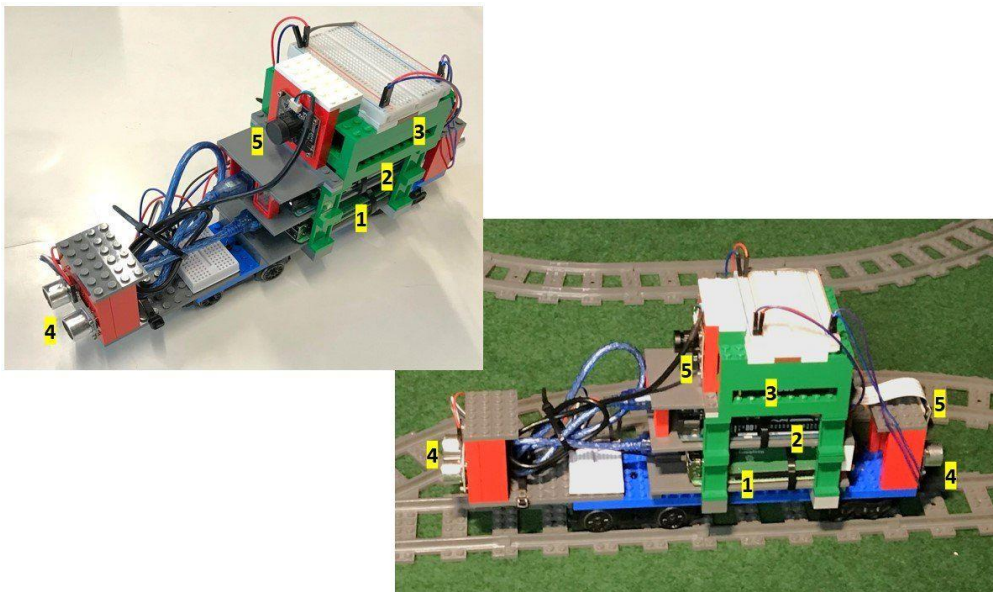


Abbildung 2: Beispiel eines SMART-Trains, bestehend aus Lego-City-Bauteilen und (1) Raspberry Pi mit Build HAT, (2) Arduino Mega, (3) Powerbank, (4) Ultraschall-Abstandssensoren, (5) USB- und Pi-Cams

Zur Umsetzung dieses Konzepts verwenden wir das Eisenbahn- und Schienensystem aus der „Lego City“-Serie. Auf dem Lego-City Zugfahrwerk werden mit weiteren Lego-Bausteinen folgende Komponenten montiert (siehe Abbildung 2):

- Raspberry Pi Mikrocomputer zur Steuerung des Zugs
- Arduino Mega Mikrocontroller für die Zugsensoren
- Ultraschall-Abstandssensoren, Mini-Kameras und weitere Sensoren zur Detektion des Streckenverlaufs
- Energieversorgung mittels einer Powerbank

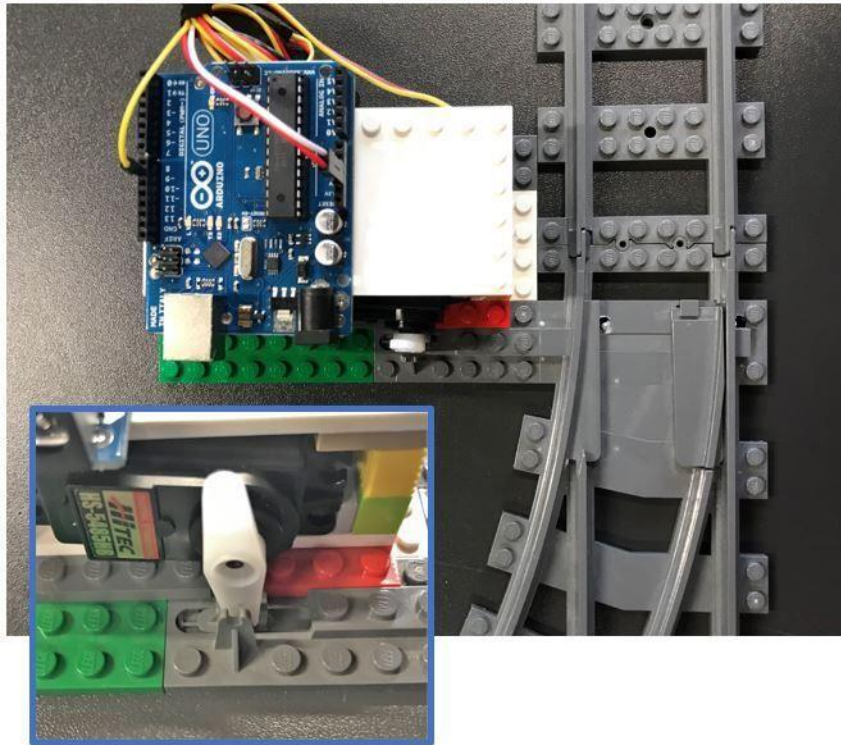


Abbildung 3: Beispiel einer SMART-Weiche, bei der die Standard-Weiche des Lego-City-Systems mit einem Servomotor über einen Arduino-Controller geschaltet wird.

Die von uns entwickelte SMART-Weiche besteht aus einer Standard-Weiche der Lego-City-Serie, die wir über einen Servomotor schalten, welcher über einen Arduino-Controller gesteuert wird (siehe Abbildung 3).

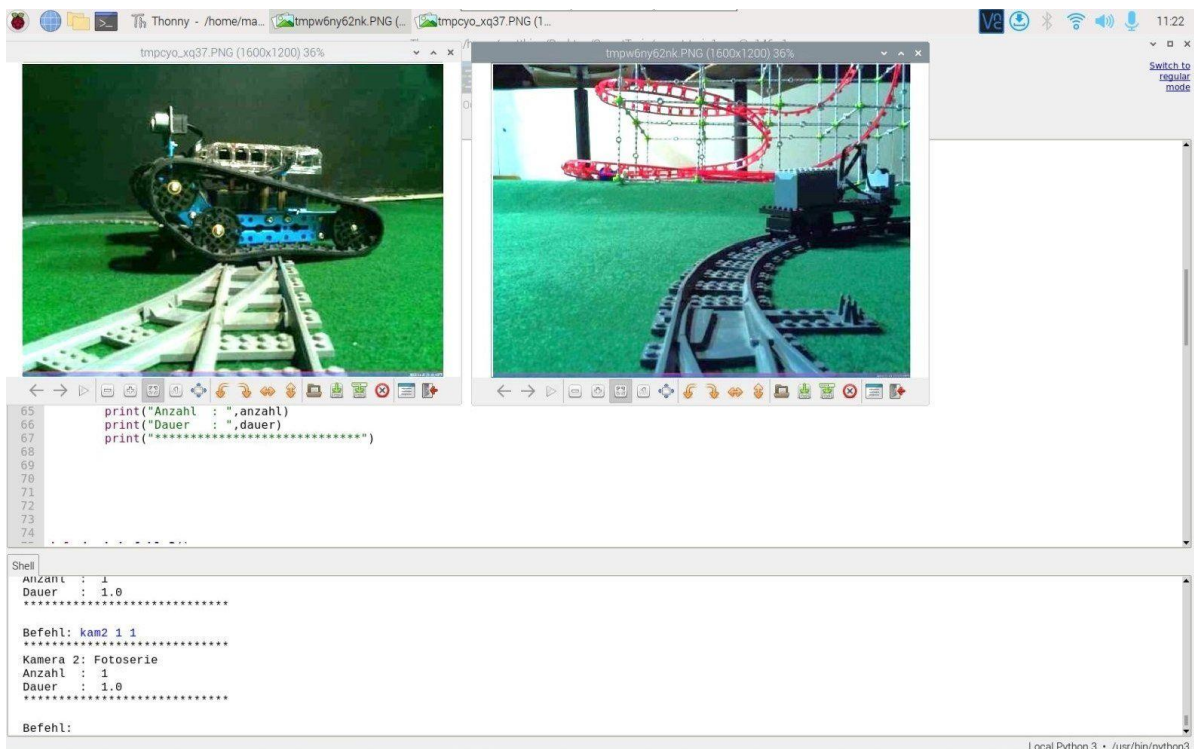


Abbildung 4: Programmierung und Bedienung des SMART-Train-Mikrocomputers (Raspberry Pi) in Python zur Kommunikation zwischen allen Komponenten über WLAN.

Alle Mikro-Computer und -Controller des SMART-Train-Systems sind in ein lokales WLAN-Netz eingebunden, so dass diese untereinander berührungslos kommunizieren können (siehe Abbildung 4). Auf diese Weise steuert der SMART-Train nicht nur die eigene Fahrt sondern auch das komplette Schienennetz. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel zur Sensor-gesteuerten Streckenkontrolle auf mögliche Hindernisse.



Abbildung 5: Beispiel-Protokoll einer Sensor-gesteuerten Fahrt, bei der ein Hindernis auf den Schienen detektiert und rechtzeitig gestoppt wird.

Das Teilprojekt SMART-Train bieten wir SchülerInnen der Mittelstufe an (8.-10. Klasse) an, die bereits einige Erfahrungen mit Sensorik und der Programmierung eines Raspberry Pi's haben.

Details-Ergebnisse im Teilprojekt „SMART-City-Car“

Im Teilprojekt SMART-City-Car steuern wir Modell-Autos (teil-)autonom im Stadtverkehr. Anders als beim SMART-Train muss der Mikrocontroller hier (neben den anderen Verkehrsteilnehmern) auch den Straßenverlauf erkennen, um korrekt lenken zu können. Normalerweise erfolgt dies mit einer Kombination aus Kameras (und Bildverarbeitung) und LIDAR-Sensoren. Hier vereinfachen wir aber diese hochkomplexe Messaufgabe, in dem wir die Fahrbahnen „optisch markieren“, so dass unter den Modell-Fahrzeugen montierte Licht- und Farbsensoren die aktuelle Position relativ zur Straße detektieren können. Als Modell-Fahrzeuge verwenden wir hauptsächlich mbot2-Rover der Firma Makeblock.

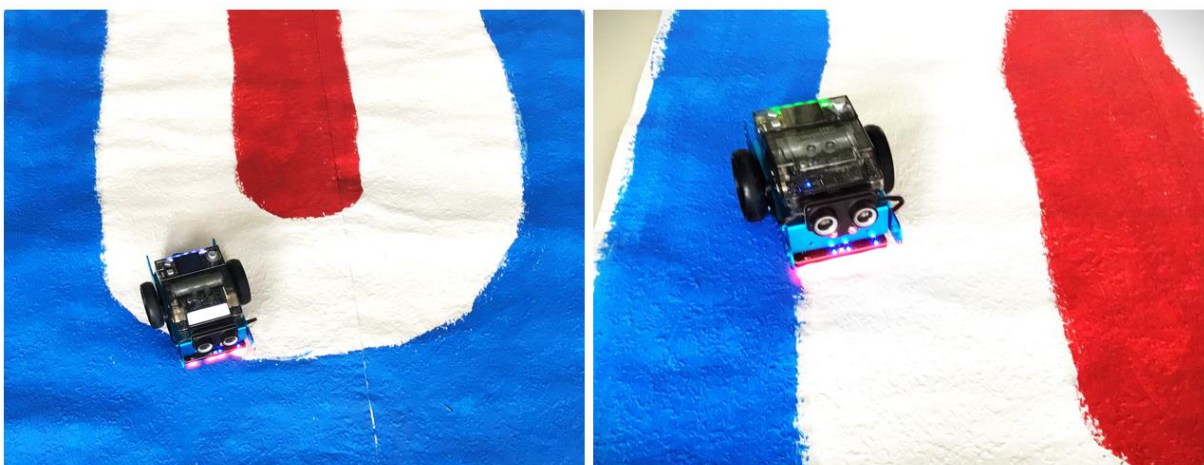
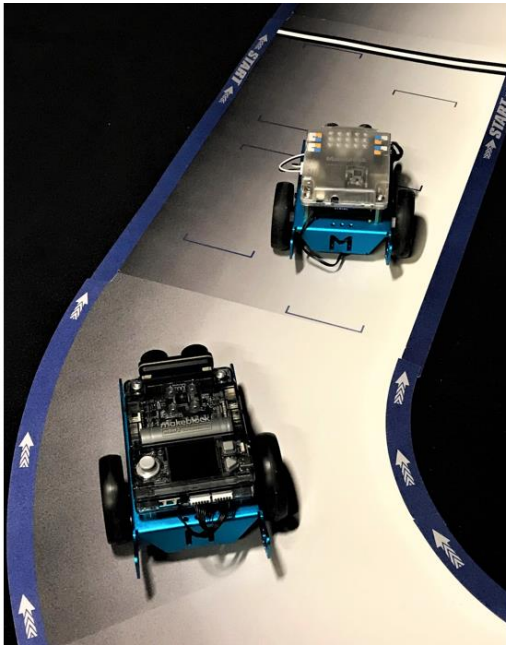


Abbildung 6: Experimente zum SMART-City-Car auf Basis von Fahrbahnen, welche unterschiedlich gefärbte Begrenzungen aufweisen.

Bei Experimenten zur Farbmarkierung der Fahrbahn­ränder haben wir auf großen Papierbögen Fahrbahnen aufgemalt, deren Ränder (links und rechts) unterschiedliche Farben haben. In Abbildung 6 beispielsweise ist der (in Fahrtrichtung) rechte Fahrbahnrand blau und der linke Rand rot. Die Farbsensor-Bank des mbot2 „erkennt“ auf diese Weise rechtzeitig, wenn das Fahrzeug sich dem rechten (blauen) bzw. linken (roten) Fahrbahnrand nähert und korrigiert entsprechend die Fahr­richtung. Die Programmierung erfolgt innerhalb der Software mBlock entweder in Scratch (SchülerInnen der 5. und 6. Klasse) oder bereits in Python (SchülerInnen der 7. bis 9. Klasse).



Graustufen-Verlauf

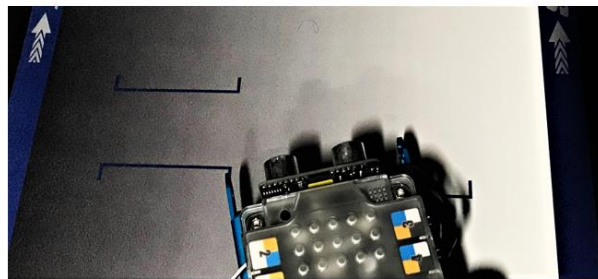
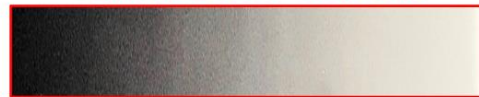


Abbildung 7: Experimente zum SMART-City-Car auf Basis von speziellen Hot-Wheels-Fahrbahnen, welche einen Graustufen-Verlauf aufweisen.

Bei speziellen Fahrbahnen aus einer „Hot Wheels“-Serie liegt quer über die Straße ein Graustufen-Verlauf, welcher unter den Autos angebrachten Helligkeitssensoren die Information liefert, wo sich das Fahrzeug (eher links oder eher rechts) auf der Straße befindet. Neben den "Original" Hot Wheels - Autos lassen wir mbot2-Rover über diese Bahn fahren, deren Controller wir in Verbindung mit der Lichtsensor-Bank wir so programmieren, dass das Fahrzeug beispielsweise stets in der Fahrbahnmitte "die Spur hält". Im Vergleich zur oben vorgestellten Methode der farbigen Fahrbahn­ränder lässt sich hierdurch eine „viel feinere“ Fahrweise realisieren. Auch programmieren wir die mbot2-Rover über die mBlock-Software in den Sprachen Scratch und/oder Python.

Noch im Aufbau befindet sich die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander, sowohl mit Hilfe von Ultraschall-Abstandssensoren als auch über eine Bluetooth-Kommunikation der „Verkehrsteilnehmer“ untereinander.

Details-Ergebnisse im Teilprojekt „SMART-Racing-Car“

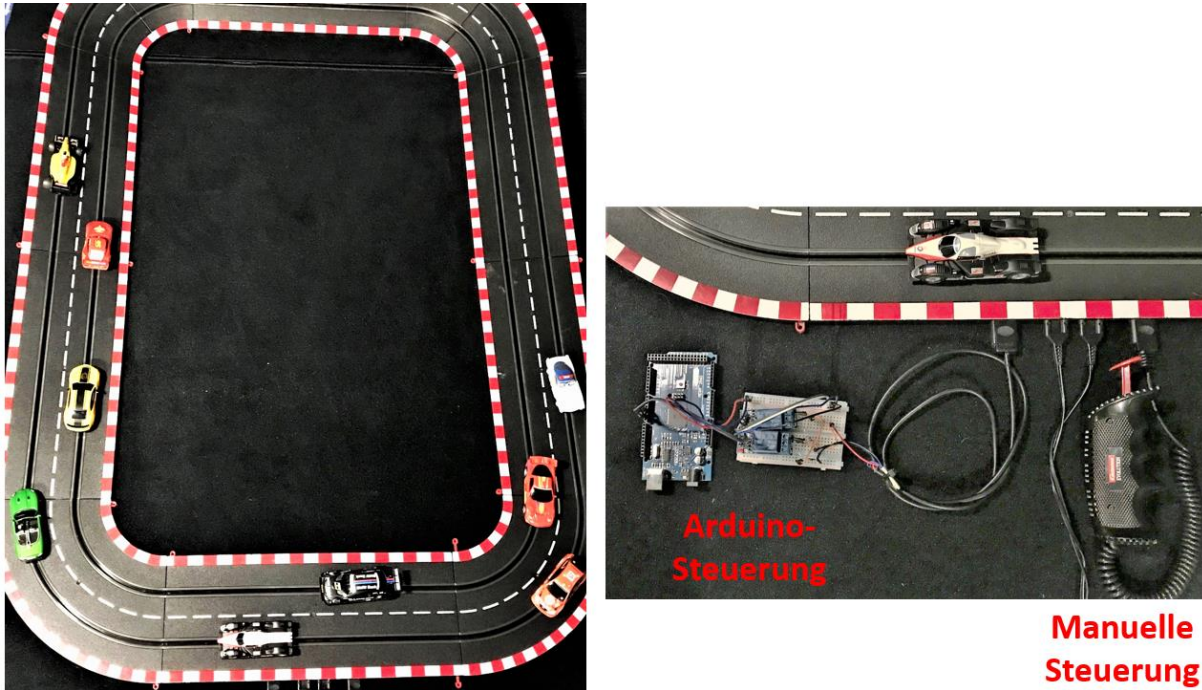


Abbildung 8: Erste Experimente zum SMART-Racing-Car auf Basis einer Carrera-Bahn, welche von oben durch eine Digital-Kamera mit anschließender Bildverarbeitung beobachtet wird (links). Die automatische Steuerung der Wagen erfolgt über einen Arduino Mega.

Im Teilprojekt SMART-Racing-Car gehen wir auf die Carrera-Rennstrecke und steuern die Rennautos sowohl manuell als auch über einen Microcontroller (siehe Abbildung 8). Dieser erhält Informationen über seinen aktuellen Standort und die anderen Fahrzeuge von fest-montierten Kameras über der Rennbahn. In ersten Versuchen konnten wir dieses Verfahren bereits erfolgreich testen. Die zugehörige Programmierung der Bildverarbeitung ist so anspruchsvoll, dass wir dieses Teilprojekt eher mit Oberstufen-SchülerInnen durchführen. Unser ambitioniertes Ziel ist es, die automatische Steuerung so lange zu trainieren, bis der Mikrocontroller Rennen gegen manuell gesteuerte Fahrzeuge gewinnen kann.

(Bisheriges) Fazit zum Förderprojekt „SMART-Mobility“

- Unsere (teilweise sehr ambitionierten) Projekt-Ziele haben wir, insbesondere die SchülerInnen unserer MINT-AGs, mit viel Einsatz und Spaß (!) erreichen können.
- Unsere Aktivitäten zu „SMART-Mobility“ werden auch nach dem „offiziellen“ Ende des Förderzeitraums weiterlaufen. Dabei helfen uns die Kreativität der Teilnehmenden, immer neue Modell-Fahrzeuge zu bauen und weitere technische Lösungen zu realisieren.
- Wir bedanken uns herzlich bei der VDE-Initiative „Labs for Chips“ für die großzügige Förderung dieses Vorhabens.