

# Der Raspberry Pi im Unterricht

## ***Mikrocontrollerprogrammierung Informatik Gymnasium Wahlpflichtbereich II***

ANDREAS PALLACK, THOMAS SCHULTE

Im WP-Unterricht der Jahrgänge 8 und 9 wird am Franz-Stock-Gymnasium Arnsberg der Kurs PIT, Physik/Informatik/Technik, angeboten. Im Rahmen dieses Kurses wurde eine Unterrichtsreihe entwickelt, die den Raspberry Pi, einen Minicomputer mit integriertem Mikrocontroller, verwendet. Über den Mikrocontroller, der mit einer grafischen Programmiersprache (Scratch) oder mit anderen Sprachen (z. B. Python) programmiert werden kann, werden Bauteile und Schaltungen gesteuert, die über ein Steckbrett mit dem Rechner verbunden werden (siehe Abbildung 2). Dieser Artikel soll einen Einblick in die möglichen Aktivitäten geben.

### **1 Projektbeschreibung und Ziele**

Die zweite didaktische Grundfrage Wolfgang Klafkis lautet:

„Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Schüler? Inwieweit kann ihnen das Thema Kulturtechniken aufzeigen, die sie für die zukünftige private und berufliche Lebensführung benötigen?“ (Klafki, 1991, S. 270)

Schaut man sich die Produkte der Firma Boston Dynamics im Internet<sup>1</sup> an, kann man erahnen, in welcher Welt unsere Schülerinnen und Schüler von heute einmal leben werden. Mit Atlas, einem humanoiden Roboter der Firma, wird die vollautomatisierte Fabrik, die in der Automobilindustrie bereits Realität ist, auch in vielen anderen Bereichen vorstellbar. Die Forschungen im Bereich der Künstlichen Intelligenz, die eng mit der Entwicklung solcher Roboter wie Atlas verwoben sind, bringen in rasanter Geschwindigkeit immer neue Ergebnisse.

Dies bedingt auch, dass sich die Anzahl an Arbeitsplätzen, die mit dem Verständnis oder der Ausführung von Computerprogrammierung zu tun haben, weiter erhöhen wird. Gleichzeitig erhöhen sich mit zunehmender Komplexität die Anforderungen: Das bloße Programmieren reicht nicht mehr aus. Es gilt Zusammenhänge zu verstehen und ethische wie auch Sicherheitsfragen zu bedenken – und dies über alle Bereiche der Arbeitswelt.

Natürlich muss die demokratische Gesellschaft irgendwann die Frage beantworten, ob sie Grenzen setzen will. Doch schon heute gibt es autonom fahrende Busse und Autos auf Versuchsstrecken in den Städten und es bedarf keiner großen Fantasie sich vorzustellen, dass wir in einigen Jahrzehnten ein Verkehrskonzept haben werden, das durch autonomes Fahren geprägt ist. Autonome Autos sind nichts anderes als fahrende Roboter.

---

1 <https://www.bostondynamics.com/> [30.06.2020].

„Everybody in this country should learn how to program a computer ... because it teaches you how to think.“ (Steve Jobs in Partovi & Partovi, 2013)

Diese Aussage kann erweitert werden: „und weil es vielen Spaß macht.“ Informatik ist eine Wissenschaft, die mit den von ihr entwickelten Systemen nahezu alle Bereiche von Forschung, Wirtschaft, Arbeit und Freizeit verbindet: Sie arbeitet interdisziplinär in verschiedenen Bereichen u. a. aus Technik, Naturwissenschaften und Mathematik, und sie vernetzt viele gesellschaftliche Bereiche. Obwohl Informatik nicht auf das Programmieren beschränkt ist, fördert gerade das Programmieren das Denken und Handeln, es greift immanent Strategien zur Erkenntnisgewinnung, wie z. B. Analyse, Synthese oder Rekursion, auf.

Eine weitere Motivation für das Projekt liefert der Medienkompetenzrahmen des Landes Nordrhein-Westfalen. Hier heißt es in Punkt 6 unter Spiegelstrich 6.3 „Modellieren und Programmieren“:

„Probleme formalisiert beschreiben, Problemlösestrategien entwickeln und dazu eine strukturierte, algorithmische Sequenz planen; diese auch durch Programmieren umsetzen und die gefundene Lösungsstrategie beurteilen.“ (Medienberatung NRW, 2019)

## 2 Unterrichtsreihe zur Einführung in die Beschaltung und Programmierung eines Mikrocontrollers

### Begründung der Wahl des Raspberry Pi

In der folgenden Unterrichtsreihe zur Mikrocontrollerprogrammierung wird ein Raspberry Pi eingesetzt (siehe Abbildung 1). Dieses Gerät integriert einen vollständigen Rechner und einen Mikrocontroller. Es ist wartungsarm und kann mit wenigen Befehlen vor Änderungen geschützt werden (siehe auch Begleitmaterial). Die Hardware kann in der Regel nicht repariert, aber kostengünstig ausgetauscht werden. Die Schülerinnen und Schüler können Daten entweder auf eigenen USB-Sticks speichern, oder jede Gruppe erhält eine eigene SD-Karte, auf der sich auch das Betriebssystem und alle verwendeten Programme befinden.

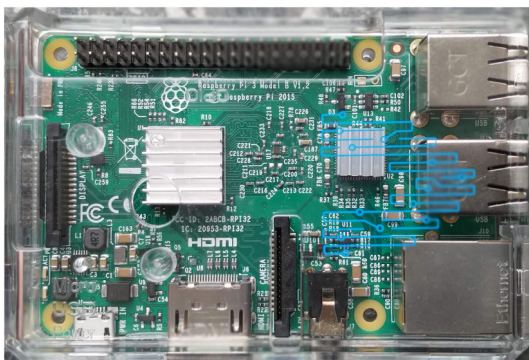


Abbildung 1: Raspberry Pi

In der Unterrichtsreihe stehen schülerorientierte Arbeitsformen wie problemlösender und entdeckender Unterricht im Vordergrund. Diese sind geprägt durch selbstständiges und durch Eigenaktivitäten des Einzelnen gesteuertes Arbeiten. Um das an einem so komplexen Thema wie der Mikrocontrollerprogrammierung realisieren zu können, müssen sich die Schülerinnen und Schüler sicher sein, dass sie die auftretenden Probleme lösen können. Dies soll im ersten Teil der Reihe nicht durch die Frustrationen, die der Syntaxdschungel einer nicht grafischen Sprache bietet, gefährdet werden. Isolation der Schwierigkeit: Im Mittelpunkt soll zunächst der Lerninhalt Mikrocontrollerprogrammierung stehen.

Der Raspberry Pi liefert in diesem Zusammenhang den entscheidenden Vorteil, dass sein Controller durch Scratch2 programmierbar ist, eine sehr einfach zu erlernende, grafische Programmiersprache.

## Der Übergang zu Python

Im Laufe der Unterrichtsreihe wird ein Schrittmotor zum Unterrichtsgegenstand. Spätestens an dieser Stelle bemängeln die Schülerinnen und Schüler die geringe Geschwindigkeit. Hier wird dann der Performance-Mangel von Scratch problematisiert und die Scriptsprache Python kommt ins Spiel. Sie bietet Möglichkeiten bis hin zur Problematisierung der objektorientierten Programmierung und ist mit der auf dem Raspberry Pi vorinstallierten Entwicklungsumgebung Thonny sehr komfortabel verwendbar.

## Verwendete Hardware

Als Inputbausteine für den Raspberry Pi wird ein einfacher Schalter sowie ein Infrarotsensor mit Schmitt-Trigger<sup>2</sup> verwendet. Obwohl es mit Einschränkung möglich ist, den Mikrocontroller des Raspberry Pi auch analog zu betreiben, ist er doch eher für die digitale Ansteuerung geeignet. Die digitale Sichtweise fiel den Schülerinnen und Schülern recht leicht. Auch sie kommt der Isolierung von Schwierigkeiten zugute.

Auf Output-Seite werden zunächst Leuchtdioden, dann Glühlämpchen gefolgt von Motoren verwendet. Da die Spannungen der Lämpchen mit 7 V schon über den Spannungsmöglichkeiten des Raspberry Pi liegen, kann hier der Einsatz eines Relais sehr einfach motiviert werden. Hierüber lassen sich dann auch Motoren ansteuern. Die von den Abmessungen her kleinere Bauform, der L293D<sup>3</sup>, wird von den Schülerinnen und Schülern problemlos als Blackbox akzeptiert.

Der Stepper, in dieser Reihe durch ein äußerst preiswertes Modell realisiert, wird über ein Modell aus Teilen der Physiksammlung, Spulen und Schalter eingeführt. Die Modellierung und Programmierung werden dann von den Lernenden selbstständig durchgeführt. An dieser Stelle kommt der Wunsch nach einer schnelleren Umgebung auf.

Zum einfachen Aufbau von Schaltungen ist es sinnvoll, ein Breadboard (Steckbrett) mit einem T-Cobbler (Adapterkabel zum Raspberry Pi) zu nutzen (Abbildung 2).

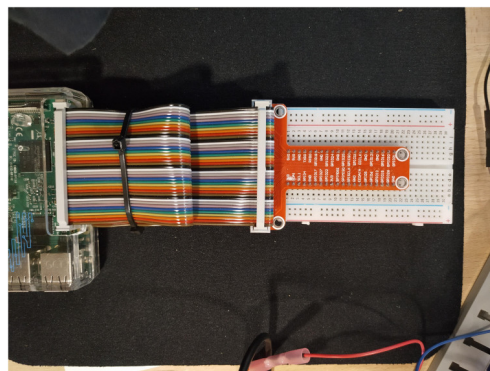


Abbildung 2: Breadboard und T-Cobbler

## Design und Analysewerkzeug

Zur Darstellung der Schaltungen sowie als Design- und Analysewerkzeug auch im Unterrichtsgespräch wurde die freie Software Fritzing<sup>4</sup> verwendet. Hierzu wurden eigene Abbildungen der verwendeten Bauteile und Spannungsquelle erzeugt<sup>5</sup>.

## Die Unterrichtseinheiten

### UE1: Wir entdecken den Raspberry Pi

Welche Bauteile von Computern kennen wir? Wo sind die Bauteile auf dem Raspberry Pi? Was ist sonst noch auf dem Rechner? Wie wird er gestartet und beendet? Dateisysteme in der LINUX-Welt.

2 Schmitt-Trigger = Schwellenwertschalter, der eindeutige binäre Schaltzustände ausgibt.

3 Motortreiber zur Ansteuerung von bis zu zwei Motoren.

4 Zum Herunterladen unter <https://github.com/fritzing/fritzing-app>, Informationen unter [fritzing.org](http://fritzing.org) (Friends-Of-Fritzing e.V., 2020) [02.07.2020].

5 Siehe Begleitmaterial zum Projekt auf [www.sinus.nrw.de](http://www.sinus.nrw.de).

Natürlich richtet sich die Dauer danach, welche Erfahrungen die Schülerinnen und Schüler bereits mit Rechnern haben. Den meisten fällt auf, dass sie auf ihren Computern die PINS so nicht haben.

### UE2: Der Mikrocontroller des Raspberry Pi

Benennung der PINS, die besonderen PINS: Der 3V3 PIN, der GND PIN und der 5 V PIN. Die PINS müssen über eine Programmiersprache gesteuert werden. Wir verwenden Scratch2.

### UE3: Einführung in Scratch2

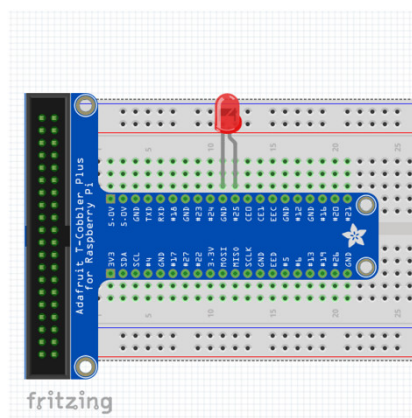
Diese UE richtet sich sehr stark nach der Vorerfahrung der Schülerinnen und Schüler. Falls sie noch keinerlei Erfahrung haben, bietet es sich an, den Kurs Scratch2 der Plattform [www.appcamps.de](http://www.appcamps.de) in Teilen durchführen zu lassen.

### UE4: Die Befehle „setgpio ... to ...“ und die Abfrage „gpio ... is high?“

Die Schülerinnen und Schüler setzen ihre Scratch2-Kenntnisse ein, um diese Befehlsgruppe zu erforschen. Man kann z. B. die Scratch-Katze dann vorwärtsgehen lassen, wenn der GPIO-PIN 12 auf HIGH steht.

### UE5: Die LED als Indikator für den Zustand HIGH

In der Fachliteratur wird teilweise davor gewarnt, die LED direkt an den Output-Pin und Ground anzuschließen (siehe Abbildung 3). Bei uns ist dadurch bisher kein Raspberry Pi zu Schaden gekommen. Man muss natürlich hier die Verwendung von 5 V und 3V3 PINS strikt verbieten.



die 3,3 V benötigen, um zu leuchten. Hier kommt die externe Spannungsquelle (mit integriertem Volt- und Amperemeter) ins Spiel. Um sie zu schalten, wird ein Relaisbaustein verwendet.

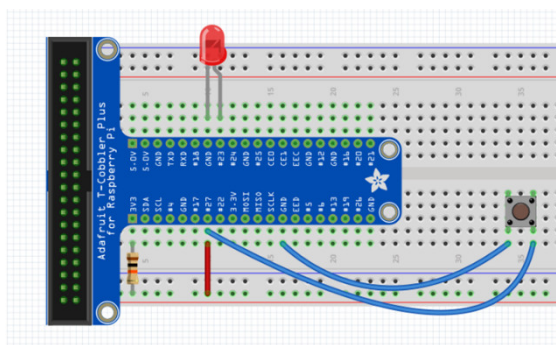
Bei der benötigten Zeit für die UE kommt es sehr darauf an, inwieweit im Physikunterricht schon Schalter, Wechselschalter, Relais sowie elektrische Stromstärke und Spannung besprochen wurden. Ein Gespräch mit der Physiklehrkraft ist hier unabdingbar.

#### **UE8: Der Motor soll sich nach links und rechts drehen**

Es wird ein Relaisbaustein mit 4 Relais verwendet, benötigt für diese Schaltung werden jedoch nur zwei davon. Sehr gute Schülerinnen und Schüler schaffen es, die Schaltung selbst zu entwickeln, andere benötigen Hilfestellungen. Die Schülerinnen und Schüler erkennen hier, wie sinnvoll die Verwendung von elektrischen Schaltbildern ist. Am Ende sollte die gemeinsame Besprechung eines optimierten Schaltbildes stehen. Natürlich wird die Schaltung realisiert. Wer das mit Fischertechnik macht, kann den Motor auf einer Zahnstange von links nach rechts fahren lassen.

#### **UE9: Der Input-Pin**

Der Input-Pin wird über einen einfachen Taster eingeführt, der über einen Widerstand einen mit dem 3V3 Pin verbundenen Input-Pin auf Ground schaltet (siehe Abbildung 4). Alternativ kann man direkt zum Sensor übergehen, wodurch eine Problematisierung von Pullup- und Pulldown-Widerständen unnötig wird. Später in Python kommt man jedoch nicht darum herum, das Thema aufzugreifen, da man hier bei der Initialisierung des Input-Pins entsprechende Angaben machen muss.



**Abbildung 4:** LED mit Taster

#### **UE10: Wie funktioniert ein Bewegungsmelder**

Es wird ein Infrarotsensor zur Steuerung eines Relais verwendet. Es ist erstaunlich, wie überaus begeistert die Schülerinnen und Schüler auf diese Schaltung reagieren, obwohl Bewegungsmelder heute überall eingesetzt werden.

#### **UE11: Optimierungen der Motorsteuerung durch den L293D**

Wir lernen einen IC kennen, der spezielle Fähigkeiten hat. Dies ist für die Schülerinnen und Schüler das erste Mal, dass sie einen IC bewusst verwenden. Dass die heutige Welt ohne diese Bausteine nicht mehr vorstellbar ist, muss nicht extra gesagt werden.

### UE12: Der Elektromotor lässt sich nicht genau positionieren, eine Alternative ist der Stepper

Im Titel ist schon abzulesen, wie der Stepper motiviert wird. Das Problem, einen Gegenstand durch einen Motor genau zu positionieren, lässt sich durch Sensor und Motor, einen Stepper oder einen Servomotor lösen. Wir verwenden hier den Stepper.

### UE13: Python, damit es schneller geht

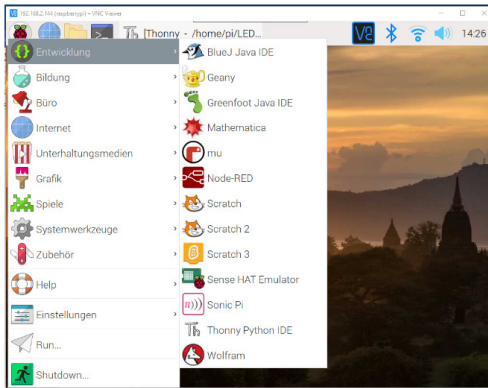


Abbildung 5: Thonny Python IDE

Der Stepper läuft mit Scratch sehr langsam. Um zu testen, ob er mit einer anderen Programmiersprache schneller läuft, wird Python eingesetzt. Das bietet sich an, da die Programmierumgebung Thonny auf dem Raspberry Pi bereits vorinstalliert ist. Auf Scratch-Befehle basierende Templates helfen dabei. Wer hier noch weiterarbeiten möchte, kann auf [www.appcamps.de](http://www.appcamps.de) den Python-Kurs verwenden. Die Erfahrung zeigt, dass sich die Schülerinnen und Schüler nach den vorhergehenden Reihen selbstbewusst an die neue Sprache heranwagen. Es steht ihnen frei, welche der vorhergehenden Versuche sie nun mit Python wiederholen möchten.

### UE14: Technische Verbesserungen, ein Motor Drive Controller Board mit dem IC L298N

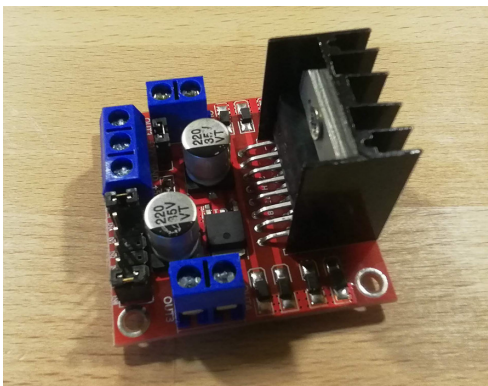


Abbildung 6: L298N-Baustein

Sehr ähnlich arbeitend wie der L293D kann man den Motortreiber L298N verwenden. Es wird auf der Basis einer Anschlussbeschreibung experimentiert und Ideen für mögliche Einsatzzwecke entwickelt.

Was nun angeschlossen werden soll, eine Vertiefung der Programmiersprache Python oder ein technisches Projekt, muss situationsabhängig entschieden werden. Objektorientierte Programmierung, bei der man tatsächlich Objekte programmiert, lässt das theoretische Konzept in anderem Licht erscheinen. Wenn man genügend finanzielle Mittel zur Verfügung hat, kann man sich mit dem erworbenen Wissen aber auch an Projekte heranwagen, die bis zum 3D-Drucker reichen.

Aus den möglichen Eingangs- und Ausgangsverarbeitungen lassen sich nun Projekte entwickeln, angefangen bei einfachen Steuerungen über dem Modell eines eigenen Smart-Home bis hin zur Entwicklung von Robotern. Bei der Realisierung wird man jedoch schnell an die Grenzen von Scratch stoßen. Die Sprache ist einfach nicht performant genug. Hier wird schnell der Wunsch nach einer höheren Programmiersprache wach, die schnellere Abläufe erlaubt. Hierzu bietet sich beim Raspberry Pi die Sprache Python an, für die die Silbe „Pi“ im Namen des Rechners steht.

### 3 Erfahrungsbericht

Der Ablauf der Unterrichtsreihe hängt sehr von der Lerngruppe ab. Wie stark sind die Schülerinnen und Schüler bereits daran gewöhnt, selbstständig zu arbeiten? Mit zunehmendem Selbstbewusstsein werden die Ergebnisse besser.

Bisher ist erst ein Raspberry Pi zerstört worden. Hierbei handelte es sich nicht um ein Experiment einer Gruppe leistungsstarker Schülerinnen und Schüler, sondern um eine Unkonzentriertheit einer schwächeren Schülergruppe.

Hohe Sorgfalt sollte auf die Einführung des Steckbretts gelegt werden. Einige Schülerinnen und Schüler haben lange Schwierigkeiten damit, sich die leitenden Verbindungen vorzustellen. Es gibt T-Cobbler, die gleich den 3,3 V- und den 5 V-Anschluss auf die äußeren Bahnen des Breadboards legen. Diese T-Cobbler sollte man nicht verwenden, da bei deren Nutzung zu schnell Fehler passieren.

Viele Schülerinnen und Schüler fühlen sich in der beschriebenen Lernumgebung nach einer gewissen Einarbeitungszeit sehr wohl. Sie arbeiten kreativ, konzentriert und selbstständig unter minimaler Anleitung. Für die Schülerinnen und Schüler, die sich bis zum Ende der Reihe schwertaten, waren die mit Fritzing erstellbaren Grafiken eine enorme Hilfe. Sie zeigten Lösungen auf oder beschrieben Teillösungen, die dann ausgearbeitet werden mussten. Der Stepper wurde im Modell aus vier Elektromagneten mit Schaltern und einem zentral aufgestellten, drehbar gelagerten Stabmagneten als Demonstrationsversuch aus der Physiksammlung aufgebaut. Die Schülerinnen und Schüler haben aus dem Modell ein Programm zur Steuerung des Steppers entwickelt. Es wurde untersucht, wie viele Zyklen die Schleife des Programms durchlaufen muss, um den Stepper um 360° zu drehen. Anschließend wurde das Programm so verändert, dass es auf die Eingabe eines Winkels mit der entsprechenden Drehung des Rotors reagierte. Die Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler gelang dabei durch nur wenige steuernde Impulse.

#### Projektbeispiele

##### Der Flipper

In der Holzwerkstatt hergestellt bietet der Flipper (siehe Abbildung 7) einen idealen Einsatzort für Sensoren, Lampen und Summer.

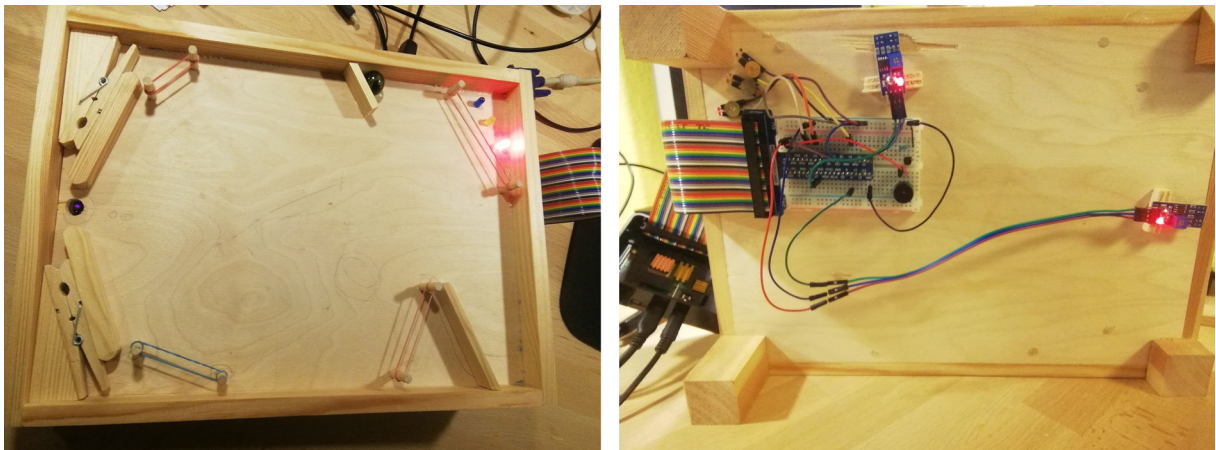
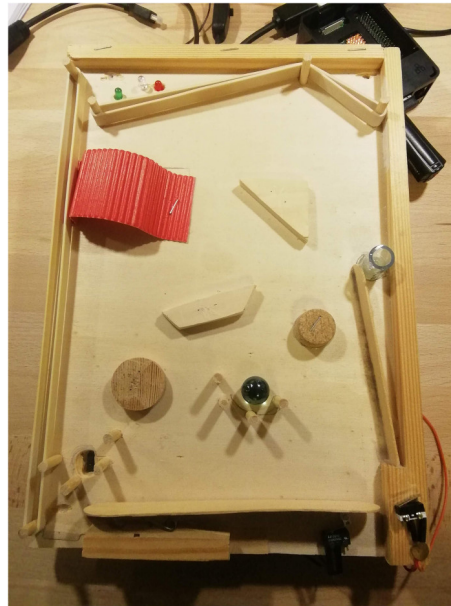


Abbildung 7: Flipper von oben (links) und von unten (rechts)

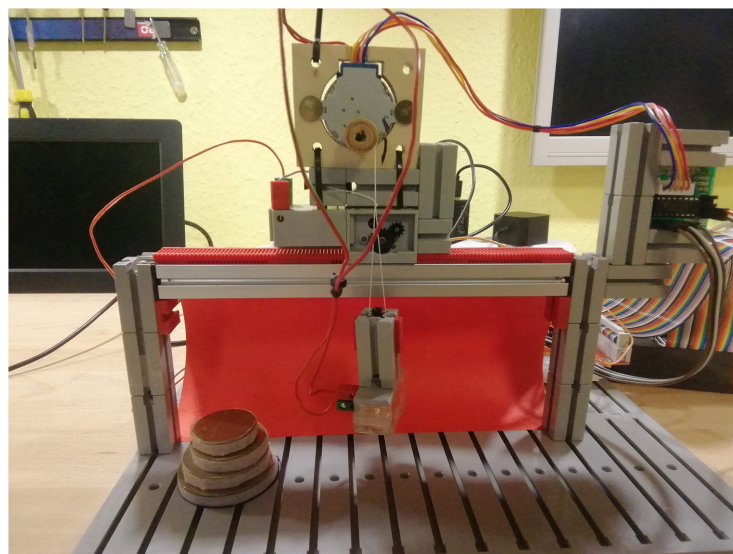


**Abbildung 8:** Kugelspiel

Er ist auch als einfaches Kugelspiel (siehe Abbildung 8) oder als eine Kombination aus beiden geeignet.

### Die Türme von Hanoi

Bei den Türmen von Hanoi (siehe Abbildung 9) ist sowohl der Bau als auch die elektronische Ausführung deutlich schwieriger. Der Roboter kann den Turm von Hanoi verschieben. Theoretisch ist die Realisation auf Programmebene auch mit Scratch möglich, der Roboter läuft dann aber sehr langsam. Hier ist in jedem Falle Python vorzuziehen. Das Programm zum Spiel ist ein Standardbeispiel für rekursive Programmierung. Zu beachten ist, dass die Verwendung des IC L293D ohne Kühlkörper hier an Grenzen stößt, weil der Chip einfach zu heiß wird, als Folge kann das Breadboard schmelzen. Letztlich wurde der oben beschriebene L298N-Baustein verwendet, der über eine ausreichende Kühlung verfügt.



**Abbildung 9:** Turm von Hanoi

## Literatur

- Allgemeiner Deutscher Automobil Club (ADAC) (Hrsg.) (2019). *Autonomes Fahren. Digital entspannt in die Zukunft*. Verfügbar unter <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/technik-vernetzung/aktuelle-technik/> [02.07.2020].
- Friends-Of-Fritzing e. V. (2020). *Fritzing. Electronics made easy*. Verfügbar unter <https://fritzing.org/> [02.07.2020].
- Klafki, W. (1991). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (Reihe Pädagogik, 2., erw. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Medienberatung NRW (Hrsg.) (2019). *Medienkompetenzrahmen NRW*. Verfügbar unter <https://medienkompetenzrahmen.nrw/> [02.07.2020].
- Partovi, H. & Partovi, A. (2013). *What Most Schools Don't Teach* (Code.org). Verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=nKlu9yen5nc> [02.07.2020].

## Projektgruppe

Dr. Andreas Pallack, Franz-Stock-Gymnasium Arnsberg  
Thomas Schulte, Franz-Stock-Gymnasium Arnsberg