

Holzfahrzeuge digitalisieren



ROLAND HIRSCH

Fahrzeuge sind ein klassisches Grundschulthema im technischen Kontext und setzt sich im Allgemeinen mit dem Bau rollfähiger Artefakte und deren Lenkungen auseinander. Obwohl inzwischen viele Prozesse in modernen Fahrzeugen weitestgehend automatisiert sind und zunehmend digitalisiert werden, scheint dieses Thema in der Grundschule noch meilenweit davon entfernt zu sein. Um hierfür eine neue Brücke zwischen Werkstoffbearbeitung und mit einem Mikrokontroller gesteuerten Objekt zu schlagen, wurde ein Konzept entworfen, das im Rahmen der Go Digital Night am 15. Mai 2019 in München erprobt wurde und mit einigen zusätzlichen Informationen hier vorgestellt wird.

1 Einleitung

Bei dem vorgestellten Projekt Fahrzeug digitalisieren handelt es sich primär um ein Konzept und weniger um einen Bausatz, das unter dem Aspekt kreatives Arbeiten mit dem umgesetzt wurde, was an eigener Ausstattung und KiTec Materialien vor

Ort vorhanden und möglich war. KiTec – Kinder entdecken Technik – ist ein Projekt der Wissensfabrik e.V., die aus einem Netzwerk von Unternehmen, Bildungseinrichtungen und unternehmensnahen Stiftungen besteht. Mitwirkende Bildungseinrichtungen erhalten ein Handbuch für pädagogische Fach- und Lehrkräfte sowie Forschermappen für Schüler/innen, während

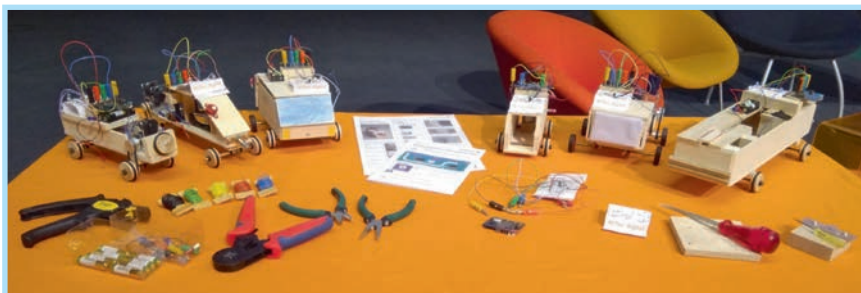


Abb. 1. Individualisierte Fahrzeuge der Grundschule sowie Bauteile und Werkzeuge

die Partnerunternehmen u.a. eine Fortbildung für begleitende Unternehmensvertreter/innen und/oder pädagogische Fach- und Lehrkräfte erhalten.

Das Projekt wurde ursprünglich für die dritte und vierte Klasse in der Grundschule entwickelt, wird aber mittlerweile vom Kindergarten bis in den Sek-I-Bereich hinein genutzt. Das Konzept von KiTec basiert auf je drei Kisten mit Werkzeugen, Holz und Kleinteilen, die durch die Bildungspaten finanziert werden.

Im Focus steht kreatives Arbeiten, also Kindern die Möglichkeit zu geben, technische Artefakte mit einfachen, aber echten, Handwerkzeugen und Materialien wie Holz, Metall und Kunststoff nach eigenen Vorstellungen konstruieren und bauen zu können.

Die Ergebnisse waren bisher überwiegend statisch wie z.B. Brücken oder Türme oder einfache mechanische Objekte wie z.B. Flaschenzüge, Fahrzeuge und Seilbahnen, stellten aber ein solides Fundament für funktionelle Erweiterungen, wie der geplanten Digitalisierung dar.

2 Von der analogen zur digitalisierten Version

Ausgehend von den bisherigen Erfahrungen mit den vorfindlichen Materialien sollten zunächst einfache Fahrzeuge in verschiedenen Versionen gebaut, in der höchsten Ausbaustufe in einer digitalisierten Version realisiert und auf der Go Digital Night im Rahmen von Workshops erprobt werden.

Dazu wurden zunächst in einem speziellen Projekt der BMW Group im Sachunterricht der Grundschule sechs individuelle Fahrzeuge (Abb. 1) von Kindern auf der Basis von KiTec entworfen, konstruiert, gebaut und ergänzend mit einem Motor sowie einem Schalter versehen. Diese erste Erweiterung sorgte dafür, dass nun das Fahrzeug durch manuelles Betätigen eines Schalters vorwärtsfahren konnte.

Für die geplanten Workshops sollten diese Fahrzeuge jedoch nicht mehr nur manuell geschaltet, sondern durch einen Einplatinencomputer - in diesem Fall durch einen BBC micro:bit - gesteuert werden. Allerdings gab es sowohl logistisch als auch zeitlich keine Möglichkeit, die Teilnehmer vor Ort weitere individuelle Fahrzeuge bauen zu lassen. Deshalb war es notwendig, ein geeignetes Serienfahrzeug im Vorfeld zu entwickeln und zu fertigen.

Nach der Durchführung der Veranstaltung wurde zusätzlich noch ein Montagesatz komplett aus lasergeschnittenem Material konzipiert, der jedoch vorerst nicht mehr eingesetzt wurde.

2.1 Der Umbau

Die Ausgangsbasis für den Umbau stellten die Erfahrungen aus dem GS Unterricht und den dort individuell angefertigten Fahrzeugen dar. Demnach gliedert sich die Automatisierung eines

Fahrzeuges grob in drei Schritte:

- Fahrzeugaufbau
- Motorisierung (an- und abschalten)
- Automatisierung (Einsatz eines Einplatinencomputers)

Bei den individuell gefertigten Fahrzeugen aus der Grundschule war eine Motorisierung bereits vorgegeben und mit einer 9V-Blockbatterie sowie einem Getriebemotor analog realisiert. Deshalb musste die ursprüngliche Schaltung für den geplanten Umbau angepasst werden. Bei der Gestaltung der Serienfahrzeuge konnte dies jedoch bereits während der Konzeption berücksichtigt und die Komponenten aufeinander abgestimmt werden.

Deshalb unterscheidet sich der Aufbau der Schaltung zwischen Individualfahrzeug und Serienfahrzeug lediglich durch die verwendeten Motoren und deren Spannungsversorgung, wie die Abbildungen 2 und 3 zeigen.

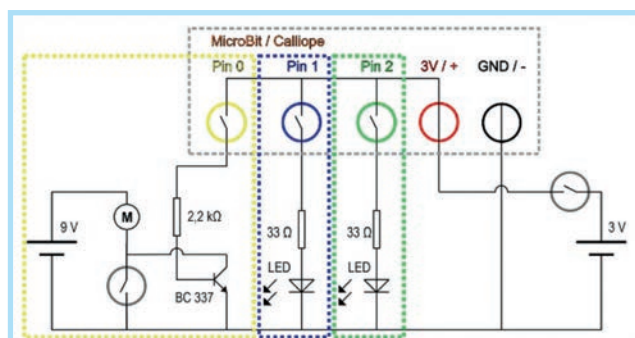


Abb. 2. Schaltung Individualfahrzeuge

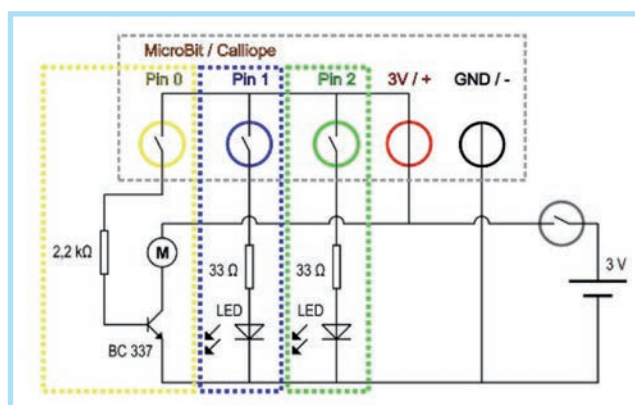


Abb. 3. Schaltung Serienfahrzeuge

Um den Umbau zu bewerkstelligen sollten in einem ersten Schritt alle Fahrzeuge durch eine elektrische Schaltung so aufgerüstet werden, dass der BBC micro:bit zwei Leuchten - realisiert mittels LED - sowie den Motor ein- und ausschalten kann. Dieser Ansatz hat aber keine Auswirkung auf die prinzipielle Funktionsweise und Bedienung. Sie kann sowohl per Hand als auch durch den Einplatinencomputer vorgenommen werden. Somit kann vorher wie folgt getestet werden, ob die Verdrahtung auch in Ordnung ist.

- Motor einschalten:
analog über Stecker gelb an rot oder digital Pin 0 = 1 des BBC micro:bit
- Linke LED ein:
analog über Stecker blau an rot oder digital Pin 1 = 1 des BBC micro:bit
- Rechte LED ein:
analog über Stecker grün an rot oder digital Pin 2 = 1 des BBC micro:bit

Insbesondere bei der Fehlersuche ist das wichtig, weil sich die Ursachen besser lokalisieren lassen. Das variantenreiche An- und Abschalten der einzelnen Komponenten kann anschließend über die Programmierung des BBC micro:bit realisiert werden.

2.2 Die nötigen Teile

Damit man die notwendigen Bauteile für eigene Versionen organisieren kann, wurde die folgende Materialliste mit den passenden Bezeichnungen zusammengestellt:

Verwendete Materialien:

- Pappelsperholz 4 mm oder 8 mm dick
- Schrauben
- Motor
- Zahnräder und Schnecken mit Modul M1
- Schweißdraht 3 mm
- Gummidistanzringe
- Holzräder mit Ø-Ring
- Reduzierhülsen 4 auf 3 mm
- Aderendhülsen (empfehlenswert mit Kabelquerschnitt 1,0 mm² und 1,5 mm²)
- Widerstände (33 Ohm, 2,2 kOhm)
- LED
- Transistor BC 337
- Labor-/Banannenstecker mit 4 mm Durchmesser (für BBC micro:bit oder Calliope)
- Flachsteckerhülsen 2,8 mm (für Batteriekasten)
- Batteriehalter mit Lötflanschen für 2 Microzellen (AAA)
- Kupferlitze isoliert, 0,14 mm² (Farben rot, schwarz, blau, gelb, grün)

Für die hier durchgeführte Realisierung mit den Widerständen 33 Ohm und 2,2 kOhm, dem Transistor BC 337 sowie zwei blauen LEDs lassen sich prinzipiell auch viele andere Werte verwenden. Beim Transistor und bei den LEDs gibt es mittlerweile eine Riesenauswahl, die sich aber in ihren technischen Daten stark unterscheiden. Deshalb sind gegebenenfalls die Datenblätter zu lesen und der Vorwiderstand, z.B. mit Hilfe einer APP zu berechnen.

Die Corel-Draw-Zeichnung für den lasergeschnittenen Bausatz und die nccad-Datei für die CNC-Fräse stellt der Autor gerne bei Bedarf und Anfrage zur Verfügung. Allerdings passt der damit hergestellte Getriebelock nur für die vom Autor verwendeten Motoren, die nicht über die gängigen Lehrmittelhändler wie Opitex, Winkler usw. erhältlich sind. Mit leichten Änderungen lässt sich die Datei jedoch so anpassen, dass handelsübliche Motoren aus dem Technikunterricht verwendet werden können.

2.3 Der mechanische Schaltungsaufbau

Für die Realisierung der Schaltung kommen verschiedene Verbindungstechniken in Frage. Da der Einsatz der Fahrzeuge auch in der Grundschule erfolgen soll, bietet sich die Technik der Kartonplatine (Abb. 5) mit Verpressen (fest Zusammendrücken) von Aderendhülsen (Abb. 4), wie in Abbildung 6 dargestellt, an.



Abb. 4. Aderendhülse

Der Schaltungsentwurf auf der Kartonplatine kann selbst vorgenommen und die Anzahl der Verdrahtungspunkte optimiert werden. Für die durchgeführten Workshops (je 90 Minuten) wurde die Kartonplatine bereits vorab angefertigt, um die Bestückung zu erleichtern und noch genügend Zeit für die Programmierung des BBC micro:bit übrig zu haben.



Abb. 5. Kartonplatine

Die Gestaltung der Kartonplatine wurde unter dem Aspekt vorgenommen, einen möglichst fehlerfreien Aufbau ohne ausführliche Erklärungen bzw. Anleitungen zu ermöglichen. So wurden

neben den Schaltzeichen auch die Formen und Farben der einzelnen Bauteile in der grafischen Gestaltung mitberücksichtigt.

Die Farbringe der Widerstände erleichtern die Zuordnung zu den entsprechenden Werten $33\ \Omega$ und $2,2\ \text{k}\Omega$. Da diese Bauteile keine Polarität haben, ist die Einbaulage nicht relevant.

Die LEDs müssen dagegen lagerichtig eingebaut werden, da sie nur in einer Richtung den Strom durchlassen und nur dann leuchten können. Da es sich hier z. T. um transparente LEDs handelt, kann die Polarität neben den üblichen Merkmalen, wie einem langen und kurzen Draht, sowie einer Abflachung am Gehäuse auch durch einen langen und kurzen Anschluss im LED-Inneren identifiziert werden.

Der Transistor hat jeweils drei Anschlüsse mit spezifischen Bedeutungen. Die abgeflachte Seite muss deshalb Richtung $2,2\ \text{k}\Omega$ zeigen, damit Kollektor (zum Motor) und Emitter (zu Punkt A) angeschlossen werden.

Zur Kontrolle kann auf der Rückseite der Kartonplatte vorher noch eingezeichnet werden, wieviel Anschlüsse pro Verbindungspunkt vorhanden sein sollten.

Zur Bestückung der Kartonplatte werden zuerst die Verbindungspunkte (violett eingefärbt) z. B. mit einem Vorstecher durchstoßen bzw. gelocht. Danach werden alle Kabel bzw. Drähte der Bauteile pro Verbindungspunkt hindurch geschoben, auf der Rückseite des Kartons eine Aderendhülle aufgeschoben und dann z. B. mit einer Flachzange fest verpresst (siehe Abb. 6 und 7). Dadurch können bereits Schüler/innen in der Grundschule mit entsprechenden Werkzeugen diese Schaltung erstellen.



Abb. 6. Verpressen mit einer Flachzange

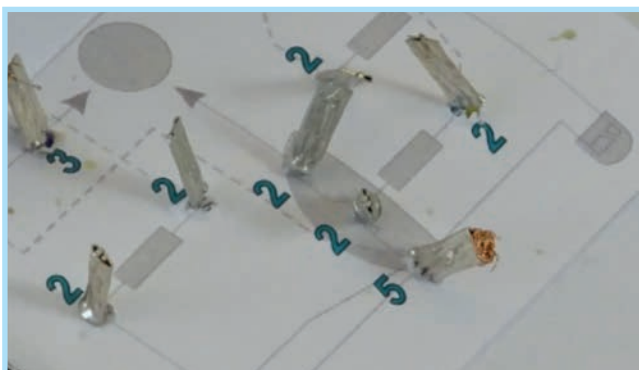


Abb. 7. Rückseite der Kartonplatte mit verpressten Aderendhüllen

Eine Biegevorrichtung (Abb. 8) – hilfreich aber nicht notwendig – wurde für die Widerstände als auch für die LEDs eingesetzt. Nach dem Biegen der LEDs ist die Polung jedoch nur noch, sofern transparent, am inneren Aufbau sowie an der abgeflachten Stelle am Bund erkennbar, jedoch nicht mehr zweifelsfrei an der Länge der Anschlussdrähte, was durch den Gebrauch der Vorrichtung etwas aufgefangen werden konnte.

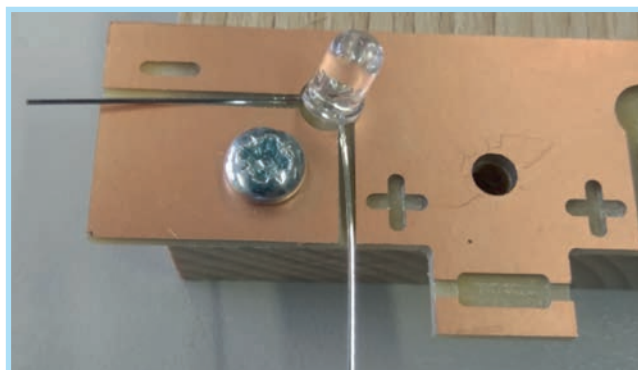


Abb. 8. Biegevorrichtung für LED (links und rechts) sowie Widerstand (Mitte)

Die Stromversorgung erfolgte über einen Batteriehalter mit zwei $1,5\ \text{V}$ -Batterien. In der abgebildeten Version wurden zwei Flachsteckerhülsen mit einer Breite von $2,8\ \text{mm}$ (siehe Abb. 9) auf die Lötösen des Batteriehalters aufgesteckt. Das Abziehen eines Steckers ersetzte hierbei den Ein- und Ausschalter. Variationen mit anderen Batteriehaltern, mit und ohne integriertem Schalter sind ebenfalls denkbar und möglich.

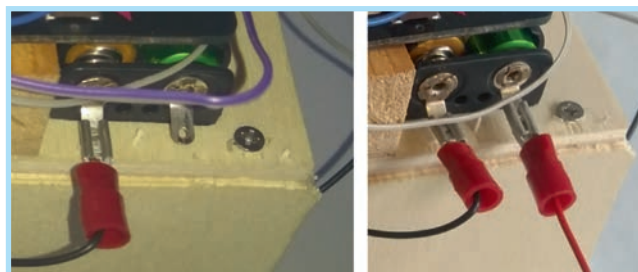


Abb. 9. Flachsteckerhülsen am Batteriekasten

2.4 Das Schaltungslayout

Das Layout der Schaltung, also die Funktionsweise, ist leicht zu durchschauen, weil es sich im Prinzip nur um die Parallelschaltung von drei Stromkreisen handelt. Der Stromkreis für die LEDs besteht aus einem Taster, einem Vorwiderstand sowie einer LED in Serie. (siehe Abb. 2 und 3, blau und grün eingrahmt).

Die Transistorschaltung muss dagegen immer dann angewendet werden, wenn der Verbraucher (hier der Motor) einen größeren Strombedarf als $20\ \text{mA}$ und eine Spannung größer als $3\ \text{V}$ benötigt. Entsprechend lassen sich anstelle des Motors z. B. auch Glühbirnchen, LED-Lichterketten etc. einsetzen.

Der Transistor dient in beiden Fällen als Schalter. D. h. der Schalter ist offen, wenn dem Transistor über den Widerstand

2,2 k Ω Basisstrom zugeführt wird. Während im Individualfahrzeug dann der Kollektorstrom von der 9 V-Batterie über Motor und Transistor fließt, ist es beim Serienfahrzeug der Kollektorstrom aus dem 3 V-Block.

Insbesondere in der Schaltung der individuellen Fahrzeuge wird durch die Parallelschaltung der beiden Bauteile Transistor und Schalter (grau) deutlich, dass der Transistor die Funktion eines Schalters besitzt (siehe Abb. 2).

3 Das Serienfahrzeug für den Workshop

Die Konstruktion des Serienfahrzeuges wurde gezielt für den besonderen Bedarf im vorgesehenen Workshop entwickelt und deshalb bewusst einfach gehalten.

Die Fertigung erfolgte rationalisiert mit Maschinen wie CNC-Fräse und Lasercutter, weil die so gefertigten Teile mit vorgebohrten Löchern und formschlüssigen Verbindungen den Zusammenbau der Fahrzeuge in Serie erheblich vereinfachten. Abbildung 10 zeigt die vormontierten Serienfahrzeuge.



Abb. 10. Vormontierte Serienfahrzeuge

Im normalen Unterricht, sind solche Feinheiten nicht zwingend erforderlich. Vielmehr ist eine individualisierte Konstruktion und eine manuelle Fertigung mit elementaren Materialien und Werkzeugen durchaus möglich, wenn ausreichend Zeit zur Verfügung steht.

Das einzige Spezialteil bei der eingesetzten Serienkonstruktion war der Antriebsblock. Es ist ein gefräster Holzblock für die Aufnahme des Motors und des Schneckengetriebes (Abb. 11). Diese Sonderkonstruktion sollte durch ein maschinelles Verfahren wie Fräsen oder z.B. 3D-Druck erfolgen, weil hier eine höhere Genauigkeit gefordert ist und es auf den entsprechenden Motor angepasst werden muss. Das hier verwendete Spezialteil ließ sich der Konstruktion entsprechend problemlos an der Bodenplatte befestigen.

Der Motor selbst wurde am Antriebsblock mit Schrauben befestigt und einer M1-Schnecke versehen, damit der Abtrieb über ein M1-Zahnrad mit 10 oder 20 Zähnen erfolgen konnte (siehe Abb. 11). Das Zahnrad wurde auf die Achse, einen Schweißdraht mit 3 mm Durchmesser, aufgedrückt und die Hinterräder mit Reduzierhülsen darauf aufgesteckt. Die Vorderräder wurden dagegen mittels Gummistellringen an einem weiteren Schweißdraht, der als Vorderachse diente, positioniert und gehalten.

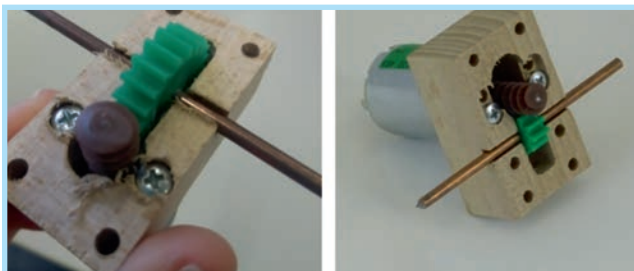


Abb. 11. Version für Zahnrad mit 20 bzw. 10 Zähnen als Abtrieb

Die Grund- und Dachplatten bestehen in der vorgestellten Konstruktion aus dünnem Pappelsperrholz (4 mm), während die Seitenwände aus dicken Pappelsperrholz (8 mm) gefertigt wurden. An den Seitenwänden lassen sich Grund- und Dachplatte jeweils durch kleine Schrauben (Senkschrauben 2,2 x 16), durch Nageln und/oder Kleben befestigen.

Die Grundplatte und der Antriebsblock (Abb. 12) sowie der Aufbau sollten grundsätzlich fest aber lösbar, z.B. durch Schrauben, miteinander verbunden sein, weil sonst das Getriebe oder der Motor nicht mehr demontierbar sind. Auf dem Dach befindet sich noch die Steckerleiste für den BBC micro:bit sowie der aufgeschraubte Batteriekasten wie auf Abbildung 13 gut zu sehen ist.

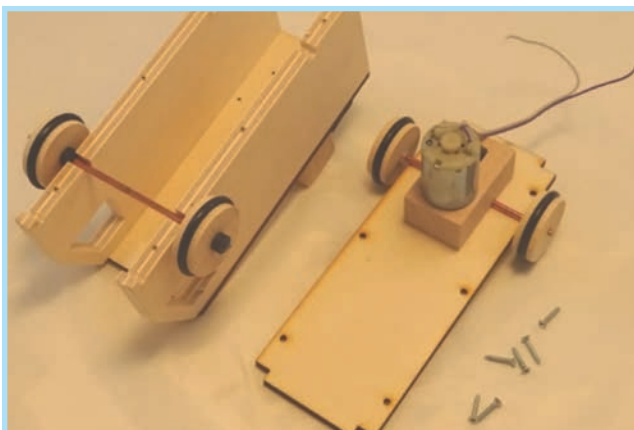


Abb. 12. Serienfahrzeug geöffnet mit Aufbau und Grundplatte mit montierten Antriebsblock ohne Digitalausrüstung

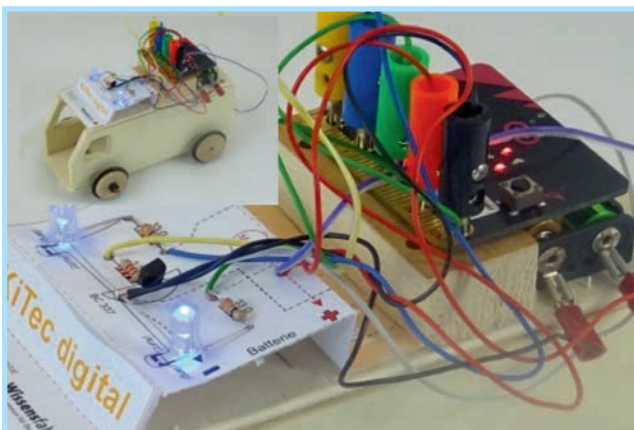


Abb. 13. Mit einem BBC micro:bit aufgerüstetes Fahrzeug

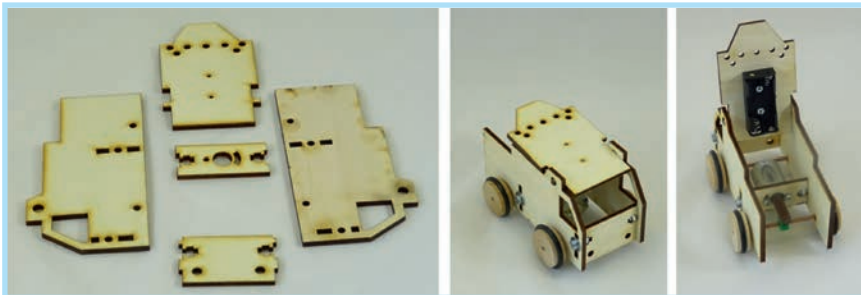


Abb. 14. Lasergeschchnittene Bauteile und montiertes Fahrzeug mit Motor & Getriebe sowie Batteriekasten

Insgesamt sind die Workshops auf positive Resonanz gestoßen, wie das allgemeine Interesse und diverse besondere Rückmeldungen der Workshopteilnehmer/innen zeigten. Beispielsweise war bei zwei Schülerinnen das Interesse an den Bausätzen so hoch, dass sie es nicht mehr interessierte, ob es eine Plenumsphase oder etwas zu essen gab. In einem anderen Fall beschwerte sich ein Vater im Auftrag seines Kindes darüber, dass es nichts mit nach Hause mitnehmen konnte.

4 Weitere Entwicklungen

Nach den durchgeführten Workshops wurden die dort gesammelten Anregungen zur Serienfertigung aufgegriffen und in einer Projektstudie fortgeführt. Im Makerspace Engineering Education (M.EE) der IngenieurDidaktik an der TU Dortmund wurde dazu u. a. getestet, ob sich die dafür notwendigen Fahrzeugteile ausschließlich mit dem dort vorhandenen Lasercutter herstellen lassen.

Das Ergebnis in Abbildung 14 zeigt, dass es durchaus möglich ist und nur noch Zukaufteile erforderlich sind, damit eine Serienproduktion ohne großen Aufwand erfolgen kann. Die Verbindung der Seitenteile erfolgt hierbei durch Querstreben, die mit einer M4-Schraube sowie passenden Muttern form- und kraftschlüssig verbunden werden.

Zur Aufnahme des BBC micro:bit finden sich auf dem hinteren Teil des Daches fünf Löcher, die zwei davor liegenden können für den Calliope verwendet werden.

Mit einer solchen Konstruktion kann der Fokus noch mehr auf die Schaltungstechnik, die Programmierung des Einplatinencomputers sowie der weiteren Ausstattung des Fahrzeuges wie Berührungssensoren und Scheinwerfer gelegt werden.

5 Zusammenfassung und Resümee

Zur Erprobung des Konzeptes wurden auf der Go Digital Night insgesamt drei Workshops angeboten. Durch die Möglichkeit, neben der Programmierung des BBC micro:bit auch noch mit Werkzeugen eine Schaltung aufzubauen und damit ein Produkt zu schaffen, waren die Teilnehmerplätze schnell vergeben.

Der Durchlauf mit Grundschüler/innen der dritten und vierten Klassen hat prinzipiell gezeigt, dass die Herstellung der Schaltung unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen zu bewältigen ist. Lediglich der vorgesehene Zeitrahmen von einer guten Stunde war etwas zu knapp ausgefallen.

In den beiden anschließenden Workshops mit Schüler/innen der Sekundarstufe I sind die Schaltungen dagegen in weniger als einer Stunde komplett fertig gestellt und mit dem BBC micro:it in Betrieb genommen worden.

Das vorliegende Projekt zeigt, wie konventionelle Produkte aus dem Sach- und Technikunterricht durch relativ geringen Aufwand eine Hinführung zur Digitalisierung bieten können. Denn obwohl die Anzahl der anzuschließenden Bauteile wie Motoren und LEDs in diesem Fall recht gering ist, wird dennoch das Grundprinzip einer digitalisierten Automatisierung deutlich.

Die für die Fertigung erforderlichen Grundkenntnisse in der Elektrotechnik gehen nicht über den einfachen Stromkreis mit Widerstand, Leuchtmittel und einem Schalter hinaus. Auch die Transistorschaltung ist begreifbar, wenn sie als strombetätigter Taster aufgefasst wird.

Nach der Fertigung kann die Schaltung im Handbetrieb auf Funktionsfähigkeit überprüft werden und der Einplatinencomputer die Steuerung übernehmen. Im Computer-Betrieb können nun die einzelnen Funktionen variabel durch Programmierung des Einplatinencomputers betätigt werden. Damit ist eine Beschäftigung mit dem Produkt auch nach deren Herstellung garantiert.

Es gibt noch eine Vielzahl von Objekten, die digital automatisiert werden könnten. Deshalb kann möglicherweise schon in einer der nächsten Ausgaben des MNU-Journals eine weitere Handvoll von Ideen präsentiert werden.

Literatur

BACHINGER, A., TEUFEL, M. (Hg.) (2018). *Computational Thinking mit BBC micro:bit*, Grieskirchen: Austro.Tec

BERGNER, N., LEONHARDT, T. (2018). *Programmieren mit dem Calliope mini*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

KAINKA, B. (2017). *Calliope und Micro:bit in der Praxis*. Independently published

KiTec – Kinder entdecken Technik, Präsentation KiTec, https://www.wissensfabrik.de/wp-content/uploads/2018/08/Präsentation_KiTec.pdf (10.01.2020)

DIPL. ING. ROLAND HIRSCH ist Studienrat im Hochschuldienst an der TU Dortmund im Bereich Ingenieurdidaktik, Otto-Hahn-Str. 6, 44227 Dortmund, roland.hirsch@tu-dortmund.de. ■