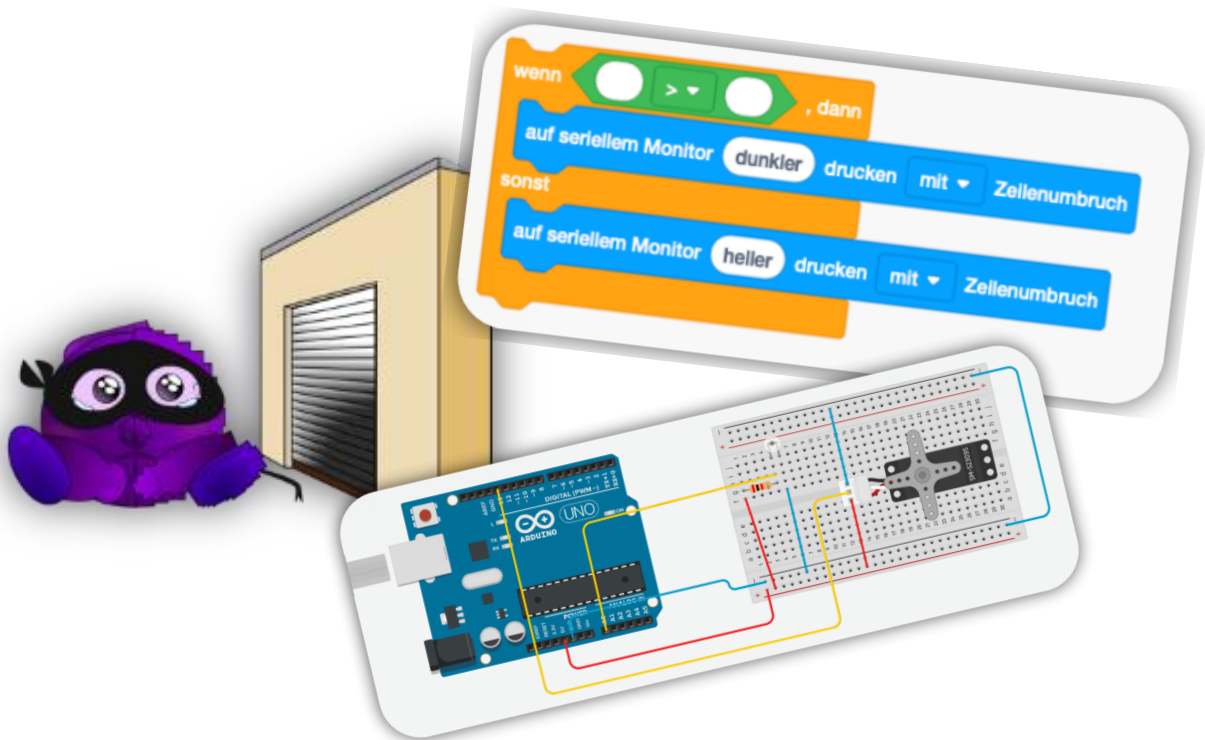


Smarter Electronics – Blockbasierte Mikrocontroller-Programmierung in Tinkercad



Verfasser: Fabian Reinartz

Kurz-Info:

Informatischer Inhalt: Grundlagen der Programmierung und der technischen Informatik

Jahrgangsstufe: Unter- und Mittelstufe

Vorwissen: keins

KURZINFORMATION FÜR DIE LEHRKRAFT

Titel: *Smarter Electronics – Blockbasierte Mikrocontroller-Programmierung in Tinkercad*

Schulstufe: *Mittel- und Oberstufe*

optimale Jahrgangsstufe: *Klasse 6 bis 8*

ggf. geeignete Kursart: *ITG oder Wahlpflichtfach*



Themenbereich: *Grundlagen der blockbasierten Programmierung – Kontrollstrukturen; Grundlagen der elektrischen Schaltungen – geschlossene Stromkreise, einfache Komponenten (Widerstände, LEDs, switches, digital-analog-Wandler), einfache Schaltungen*

EINORDNUNG IN GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Kernlehrplan NRW: *Kompetenzbereiche „Implementieren“ und „Modellieren“, Inhaltsfelder „Informatiksysteme“ und „Informatik, Mensch und Gesellschaft“*

Bildungsstandards der GI: *Prozessbereiche „Modellieren und Implementieren“ und „Strukturieren und Vernetzen“, Inhaltsbereich „Informatik, Mensch und Gesellschaft“*

Einbindung in den Unterricht: *Für die Unterstufe kann dieses Modul als Einführung in die (blockbasierte) Programmierung genutzt werden. Für einen Differenzierungskurs in der Mittelstufe, der vielleicht sogar in Kombination mit Physik unterrichtet wird, kann dieses Modul in der Unterrichtsreihe über elektrische Schaltungen eingesetzt werden. Hierbei werden dann in dem Modul auch physikalische Hintergründe, wie z. B. geschlossene Stromkreise betrachtet.*

Tinkercad beinhaltet alle wesentlichen Elemente prozeduraler Programmierung, sodass dieses Modul als Einstieg in die Programmierung dienen kann. Es werden allgemeine Kontrollstrukturen und Variablenkonzepte thematisiert, die dann im weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe vertieft werden können.

Vorkenntnisse: *Es sind keine Programmierkenntnisse erforderlich.*

Dauer: *5 bis 6 Stunden (+30 Minuten für technische Schwierigkeiten)*

Inhaltsbeschreibung: Bei Annäherung einen Warnton abgeben, je nach Lichteinstrahlung Rollläden automatisch hoch- und runterlassen oder die Temperatur durch farbiges Licht abbilden. Viele Geräte, die den Alltag erleichtern, werden durch Mikrocontroller gesteuert. Mit Hilfe von Elementen aus Informatik, Physik und Elektrotechnik soll den Teilnehmenden die Welt der Mikrocontroller nähergebracht werden. Dazu brauchen die Kinder/Jugendlichen nicht einmal einen eigenen (Arduino-)Mikrocontroller samt zugehöriger Bauteile, denn sie „bauen“ Ihre Schaltungen detailgetreu mittels des Online-3D-Modellierungsprogramms Tinkercad, das über den Browser aufgerufen werden kann. Programmiert wird ebenfalls in Tinkercad. Um mangelnde Kenntnisse in textueller Programmierung der noch recht jungen Schülerinnen und Schüler sowie Neueinsteigenden abzufangen, wird auf die blockbasierte Programmiersprache, die Tinkercad bietet, zurückgegriffen.

Nach einer zentralen Einführung in die Handhabung und Funktionen von Tinkercad, erfolgt die Bearbeitung eines Einstiegsprojekts, in dessen Rahmen die Teilnehmenden den eigenständigen Umgang mit Tinkercad und auch bereits Grundkonzepte der Programmierung erlernen. Nach diesem Einstiegsprojekt stehen den Lernenden dann drei verschiedene Stationen zur Auswahl, die nicht nur unterschiedliche thematische Ausrichtungen, sondern auch unterschiedliche Komplexitätsgrade aufweisen. Zur Auswahl stehen eine Rollladensteuerung, eine Einparkhilfe und ein Farbthermometer.

Technische Voraussetzungen:

- ein Computer/Laptop (mind. 4 GB RAM) pro Schülerin oder Schüler; im Falle einer Durchführung im Klassenverband können zwei Schülerinnen/Schüler zusammen an einem Computer arbeiten
- stabile Internetverbindung
- Mikrofon und Lautsprecher bzw. Headset, falls nicht schon im Laptop/Computer integriert
- ggf. ein Drucker, um die Arbeitsblätter auszudrucken (falls keiner zur Verfügung steht, können diese auch digital verwendet werden)
- Zustimmung der Erziehungsberechtigten in die Nutzung von Zoom (zur Kommunikation mit den Betreuenden)

INHALT

Kurzinformation für die Lehrkraft.....	2
Lernziele	5
Fachliche Analyse.....	5
Einordnung in gesetzliche Rahmenbedingungen.....	7
Lehrplan Informatik.....	7
Bildungsstandards der GI	7
Benötigte unterrichtliche Voraussetzungen	7
Einbettung in den Schulunterricht	7
Didaktische/Methodische Schwerpunktsetzung.....	8
Verlaufsplan des Moduls	9
Quellenverzeichnis	10
Abbildungsverzeichnis	10
Anhang	11

LERNZIELE

Die Schülerinnen und Schüler ...

- verwenden Wertzuweisungen.
- modifizieren und ergänzen Quelltexte (in Blockform) von Programmen nach Vorgaben.
- interpretieren Fehlermeldungen beim Entwickeln von Software.
- verwenden bei der Implementierung algorithmische Bausteine (Schleifen, if-else-Anweisungen).
- stellen Vermutungen an über Zusammenhänge und entwickeln Lösungsmöglichkeiten im informatischen Kontext.
- beschreiben den Umgang mit Informatiksystemen aus ihrer eigenen Lebenswelt.
- implementieren auf der Grundlage von Modellen oder Modellausschnitten Computerprogramme für Arduino.
- planen und bauen einfache elektrische Schaltungen auf.
- beurteilen technische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für Mensch und Gesellschaft und ihrer Auswirkung auf die Umwelt.
- nutzen die physikalischen Eigenschaften von Licht und Schall in einem informatischen Kontext.

FACHLICHE ANALYSE

- Das Modul besteht aus mehreren Phasen, die maßgeblich durch die Bearbeitung unterschiedlicher Stationen strukturiert werden. **Station 0** wird von allen Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Es folgt die Bearbeitung einer der **Stationen 1 bis 3**. Leistungsstarke bzw. schnelle Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit, auch zwei oder mehr der drei weiteren Stationen zu bearbeiten.
- Die **Station 0**, die von jedem durchlaufen wird, dient als Einführung in die Blockprogrammierung. Hier werden alle benötigten Grundkenntnisse vermittelt, die auch für die weiteren Stationen relevant sind. Zu Beginn wird der Arduino Mikrocontroller inkl. Steckbrett und Tinkercad vorgestellt, damit die Schülerinnen und Schüler sofort wissen, womit sie während des Moduls arbeiten werden. Es werden die einzelnen Anschlüsse erklärt und auch, woher die Stromversorgung kommt. Danach werden mittels „Informationskästen“ die Funktionen einer LED und eines Widerstands verdeutlicht, die während dieser Station eine wesentliche Rolle spielen, denn die Schülerinnen und Schüler sollen diese LED zum Leuchten und Blinken bringen. Damit diese auch nicht durchbrennt, ist ein Widerstand wichtig. Nachdem diese grundlegenden Informationen, die auch für den Physikunterricht relevant sind, vermittelt wurden, wird die Informatik nun ins Spiel gebracht. Da die LED an einen digitalen Pin angeschlossen werden muss, muss dieser programmiert werden. Nach diesem kurzen Arbeitsauftrag werden Methoden benötigt, die die Schülerinnen und Schüler einfach aufrufen müssen, ohne genau zu wissen, wie diese Methoden programmiert wurden. Sie wissen jedoch, was die einzelnen Methoden benötigen, was also die Aufrufparameter sein müssen, und was sie genau tun. Mit diesen Methoden sollen sie die LED nun zum Blinken bringen. Ebenfalls in dieser Station wird die bedingte Anweisung benötigt und dementsprechend auch erklärt. Die LED soll eingeschaltet werden, wenn der Taster betätigt wird. Hierfür braucht man einen analogen Anschluss für den Taster und eine Anweisung (if-Anweisung), die das ermöglicht. In einem weiteren „Informationskasten“ wird die Syntax (beispielsweise „==“ bei Vergleichen) einer bedingten Anweisung vermittelt. Damit die LED sich auch wieder ausschaltet, brauchen die Schülerinnen und Schüler zusätzlich die else-Anweisung, sodass sie die komplette bedingte Anweisung erlernen können. Zum Ende der Station wird der se-

rielle Monitor vorgestellt, da auch dies ein wichtiges Werkzeug der Programmierung ist und für die weiteren Stationen benötigt wird.

- In **Station 1** soll ein Rollladen programmiert werden, der sich mit Hilfe eines Motors runterdreht, wenn weniger Licht auf den Sensor scheint, und hochdreht, wenn mehr Licht auf den Sensor scheint. Diese Station hat einen hohen Schwierigkeitsgrad, sodass empfohlen wird, dass sich erfahrenere Schülerinnen und Schüler hiermit befassen, wobei dies nicht bedeutet, dass Schülerinnen und Schüler ohne Vorkenntnisse diese Station nicht bearbeiten dürfen oder können. Die Materialien sind so konzipiert, dass auch Anfänger diese Station lösen können, diese jedoch länger brauchen oder vielleicht mehr Hilfe benötigen.
Das Licht wird mittels eines Helligkeitssensors erfasst, welcher an einen analogen Pin angeschlossen wird. Dies funktioniert ähnlich wie in Station 0, sodass die Schülerinnen und Schüler ihre bereits erworbenen Kenntnisse einsetzen können. Die Aufgabe besteht nun darin, zu überprüfen, ob die Helligkeit zu- oder abnimmt. Zur Wiederholung und zur Sicherung der bedingten Anweisung wird das Grundgerüst nochmals gezeigt. Zusätzlich gibt es eine Veränderung, da nun die Bedingung ist, dass etwas größer bzw. kleiner als etwas anderes ist. Es wird also nicht mit zwei Gleichheitszeichen überprüft und verglichen, sondern mit den (auch aus der Mathematik bekannten) Zeichen „>“ und „<“.
- In **Station 2** soll eine Einparkhilfe, wie man sie aus herkömmlichen Autos kennt, programmiert werden. Diese Station ist vom Schwierigkeitsgrad her etwas einfacher, weshalb sie sich auch für unerfahrene Schülerinnen und Schüler sehr gut eignet.
Anstelle eines Infrarotsensors (wie bei Einparkhilfen üblich) wird an dieser Stelle ein Ultraschallsensor benutzt. Dieser wird zunächst von den Schülerinnen und Schülern erforscht, sodass Schwellenwerte, die erreicht werden können, festgehalten werden. Der Piezo-Signalgeber dient zur Benachrichtigung, wenn man sich einem Gegenstand nähert. Um dies umzusetzen, war die Anfangsaufgabe wichtig, da die Schülerinnen und Schüler jetzt wissen, welche Werte des Sensors bedeuten, dass man noch Platz hat bzw. bei welchen Werten es gefährlich wird. Außerdem benötigt man ebenfalls wieder die bedingte Anweisung, die mittels eines „Informationskastens“ wiederholt wird. Da hier aber auch doppelte Anweisungen benötigt werden, wird erklärt, dass man dafür den „Und-Block“ benötigt und wo dieser zu finden ist.
- In **Station 3** wird ein Farbthermometer gebaut, das mittels einer RGB-LED die Farbe verändert, sobald es wärmer bzw. kälter wird. Zu Beginn sollen die Schülerinnen und Schüler sich mit einer solchen RGB-LED vertraut machen und sie testen. Das heißt, dass, nachdem diese spezielle LED angeschlossen wurde, herausgefunden werden soll, welche Farben sie annehmen kann und was man dafür benötigt. Danach soll dies auch programmiert werden. Um diese LED auch mit der Temperatur zu steuern, wird ein Temperatursensor eingeführt, der (wie die anderen Sensoren der Stationen 1 bis 3) an einen analogen Pin angeschlossen wird. Dieser Sensor ermittelt Werte, die Tinkercad direkt in Temperaturen umrechnen kann. Auf den Arbeitsblättern wird genau beschrieben, wie das funktioniert, und es besteht die Möglichkeit, dass die Schülerinnen und Schüler diese Umrechnung selbst durchführen. Um diese gemessenen Werte zu sehen, soll wieder der serielle Monitor eingeschaltet werden. Um nun für bestimmte Temperaturen die richtige Farbe anzuzeigen, benötigen die Schülerinnen und Schüler die bedingte Anweisung. Da die Temperaturbereiche, die betrachtet werden, sowohl eine Unter- als auch eine Obergrenze haben, wird auch in dieser Station der logische Operator „&&“ erläutert und mit dem entsprechenden Block verknüpft.

EINORDNUNG IN GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

LEHRPLAN INFORMATIK

Das Modul knüpft an die Kompetenzbereiche *Implementieren* und *Modellieren* an. Auch Schülerinnen und Schüler, die bisher über keine Programmierkenntnisse verfügen, können direkt zu Beginn und auch während des Moduls Grundlagen der (blockbasierten) Programmierung erlernen. Hierbei werden einfache Kontrollstrukturen, Methoden und (je nach Station) Variablen erläutert, die die Lernenden nachher anhand von beispielhaften Modellen (z. B. das Farbthermometer) selbst implementieren.

Im Bereich der Inhaltsfelder greift das Modul sowohl *Informatiksysteme, Informationen und Daten, Algorithmen* als auch das Themenfeld *Informatik, Mensch und Gesellschaft* auf. Die Begriffe „analog“ und „digital“ bzw. „digitale und analoge“ Anschlüsse werden beschrieben, sodass die Lernenden diese anwenden können und den Unterschied erkennen. Zusätzlich tragen alltagsnahe Beispiele (Einparkhilfe, Rollladensteuerung, Thermometer) dazu bei, den Schülerinnen und Schülern zu verdeutlichen, dass ihnen Informatik nahezu überall begegnet. Zudem wird ein Algorithmus unter Anleitung implementiert.

BILDUNGSSTANDARDS DER GI

Dieses Modul kann auch bei Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe eingesetzt werden. Auch hier knüpft das Modul an die Inhaltsbereiche *Informationen und Daten, Algorithmen, Informatiksysteme* und *Informatik, Mensch und Gesellschaft* und die Prozessbereiche *Modellieren und Implementieren, Darstellen und Interpretieren* und *Kommunizieren und Kooperieren* an.

BENÖTIGTE UNTERRICHTLICHE VORAUSSETZUNGEN

Für dieses Modul werden keine Vorkenntnisse benötigt. In den zur Verfügung gestellten Materialien wird alles Nötige beschrieben. Dennoch sind grundlegende Physik- bzw. Elektrotechnikenkenntnisse für den Bau der Schaltungen und Stromkreise von Vorteil.

Da es sich um eine Distanzunterrichtseinheit handelt, in der via Zoom kommuniziert und über das 3D-Modellierungsprogramm Tinkercad gebaut und programmiert wird, ist eine ausreichende Hardware erforderlich. Jeder Schüler und jede Schülerin benötigt ein Endgerät (Computer oder Laptop) mit Mikrofon und Lautsprecher sowie mindestens 4GB Arbeitsspeicher. Außerdem sollte eine Maus und eine Tastatur an das Gerät angeschlossen sein, da Tinkercad nicht für mobile Endgeräte optimiert ist. Die Erziehungsberechtigten müssen der Verwendung von Zoom zustimmen.

EINBETTUNG IN DEN SCHULUNTERRICHT

Da dieses Modul für Schülerinnen und Schüler der Unter- wie auch der Mittelstufe geeignet ist, bieten sich viele Möglichkeiten, um es in den Schulunterricht einzubetten.

Das Fach Informatik in der Mittelstufe ist in NRW häufig als Differenzierungskurs vorzufinden. Ob nun als Kombination mit beispielsweise dem Fach Physik oder auch im Falle eines „reinen“ Informatikunterrichts: Das Modul lässt sich für die Betrachtung der gesellschaftlichen Aspekte oder auch für die Einführung grundlegender Kenntnisse einer (blockbasierten) Programmiersprache einsetzen. Die Beispiele in den einzelnen Stationen und auch das Bauen einfacher Stromkreise verdeutlichen den Teilnehmenden, dass Informatik sehr vielfältig und überall vertreten ist.

Da zur Bearbeitung keine speziellen Voraussetzungen erforderlich sind und Grundlagen der Programmierung vermittelt werden, ist dieses Modul hilfreich, um die Einführung der blockbasierten Programmierung in der Mittelstufe zu gestalten. Die Schülerinnen und Schüler bekommen direkt einen realitätsnahen Bezug zur Programmierung vermittelt, sodass auch hier die gesellschaftlichen Aspekte der Informatik nicht fehlen.

Beschreibung des Moduls:

Zum Einstieg erfolgen eine Begrüßung und eine kurze Erläuterung der Inhalte und Ziele des Moduls. In diesem Kontext werden auch die einzelnen Stationen kurz vorgestellt. Die Teilnehmenden bilden Zweierteams, in denen sie größtenteils arbeiten. Dies unterstreicht die Wichtigkeit von Kooperation in der Informatik. Daraufhin beginnen alle Gruppen mit Station 0. In dieser Station werden alle relevanten Informationen eingeübt, sodass im Anschluss alle Lernenden einen ähnlichen Wissensstand aufweisen, auf deren Basis sie sich mit den nachfolgenden Stationen beschäftigen können. Konkret werden grundlegende Programmierbausteine (z. B. Variablen, Kontrollstrukturen) erläutert und auch die Begriffe des elektrotechnischen Teils (LED, Widerstand) des Moduls beschrieben.

Nachdem Station 0 geschafft ist, wählt jedes Team eine weitere Station zur Bearbeitung. Die Stationen sind vom Schwierigkeitsgrad unterschiedlich, sodass auf eine Differenzierung nach der Leistungsstärke der Lernenden geachtet wird. Auch können Teams, die sehr schnell Station 0 oder sogar schon eine weiterführende Station erfolgreich beendet haben, sich direkt mit einer weiteren Station beschäftigen oder das Bonusmaterial zu den jeweiligen Stationen bearbeiten.

Zum Ende des Moduls stellen einzelne Teams ihre Lösungen den anderen vor, um auch Kompetenzen des Präsentierens wie auch das Geben eines konstruktiven Feedbacks zu fördern.

Didaktische Prinzipien nach Baumann und Hubwieser:

Prinzip der Stabilisierung: Die Aufteilung der Arbeit während des Moduls in einzelne Stationen dient dazu, grundlegendes Wissen mit Station 0 aufzubauen und mit den weiteren Stationen dieses erworbene Wissen zu vertiefen.

Prinzip der Lebensnähe und Aktualität: Alle weiterführenden Stationen sind aktuelle Beispiele aus dem Alltag der Jugendlichen. So ist beispielsweise Station 2 eine Einparkhilfe, welche alle Schülerinnen und Schüler beim Autofahren mit Eltern, Verwandten und Bekannten selbst schon einmal erlebt haben.

Prinzip der Zielvorstellung: Vielen Schülerinnen und Schülern fehlt das Verständnis, wieso sie manches überhaupt lernen müssen. Die alltagsnahen Beispiele verdeutlichen den Jugendlichen, wo die Wissensinhalte dieses Moduls zum Einsatz kommen.

Prinzip des individuellen Lerntempos: Sobald ein Team mit Station 0 oder einer weiteren Station fertig ist, kann es direkt im Anschluss eine weitere Station zur Bearbeitung auswählen. Dies fördert zum einen die leistungsstarken und die schnellen Lernenden und zum anderen auch die leistungsschwächeren, die – auch wenn sie etwas länger brauchen – genügend Zeit haben, ihre Stationen erfolgreich zu beenden.

Spiralprinzip: In den einzelnen Arbeitsblättern werden die Grundlagen häufig anhand des Sachspiels erlernt. Später wird dann derselbe Inhalt auf einem höheren Niveau behandelt. Dies ist insbesondere bei der Einparkhilfe und dem Farbthermometer der Fall.

Prinzip des aktiven Lernens: Die Schülerinnen und Schüler lernen in diesem Modul, wie in allen Modulen des Infospheres, durch aktives Handeln. Sie behandeln einen Sachverhalt, indem sie eigenständig, aber angeleitet einen Algorithmus entwerfen, der die gegebenen Probleme löst.

VERLAUFSPLAN DES MODULS

Zeit	Phase	Inhalt	Medium	Sozialform
0:00-0:05	Begrüßung	<i>Begrüßung der Schülerinnen und Schüler, Vorstellung Betreuerteam und Schülerlabor</i>	Computer/Laptop, Mikrofon und Lautsprecher/Headset, Internet, Zoom	
0:05-0:20	Einstieg	<i>Vorstellung des Moduls, des Arduinos und der 3D-Modellierungssoftware Tinkercad; Einteilung der Teams</i>	Computer/Laptop, Mikrofon und Lautsprecher/Headset, Internet, Zoom, Tinkercad	LV, UG
0:20-1:30	Erarbeitung	<i>Erarbeitung von Programmiergrundlagen und elektrotechnischen Grundlagen sowie Einführung in die Arbeit mit dem Arduino-Mikrocontroller anhand von Station 0</i>	Computer/Laptop, Mikrofon und Lautsprecher/Headset, Internet, Zoom (Breakout Sessions), Tinkercad, Arbeitsblätter zu Station 0	PA
1:30-1:50	Pause			
1:50-2:00	Sicherung	<i>Vorstellung der Ergebnisse der Partnerarbeit zwecks Bildung gemeinsamer Wissensbasis (ca. zwei oder drei Teams)</i>	Computer/Laptop, Mikrofon und Lautsprecher/Headset, Internet, Zoom (Screensharing), Tinkercad, Arbeitsblätter zu Station 0	SV
2:00-4:30	Vertiefung	<i>Vertiefung des Grundlagenwissens und Erarbeitung mit neuen elektrotechnischen Bauteilen anhand der zur Auswahl stehenden Stationen 1 bis 3 Während dieser Bearbeitungsphase können individuelle Pausen stattfinden.</i>	Computer/Laptop, Mikrofon und Lautsprecher/Headset, Internet, Zoom (Breakout Sessions), Tinkercad, Arbeitsblätter zu Station 1 bis 3	PA
4:30-4:55	Sicherung	<i>Präsentation von mindestens einem Team pro Station und kurze Feedbackrunde</i>	Computer/Laptop, Mikrofon und Lautsprecher/Headset, Internet, Zoom (Screensharing), Tinkercad	SV, UG
4:55-5:00	Verabschiedung	<i>(Evaluation), Verabschiedung der Schülerinnen und Schüler</i>	Computer/Laptop, Mikrofon und Lautsprecher/Headset, Internet, Zoom	

Legende: Lehrervortrag (LV), Unterrichtsgespräch (UG), Schülervortrag (SV), Partnerarbeit (PA)

QUELLENVERZEICHNIS

Gesellschaft für Informatik (GI): *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I.* Abgerufen von: https://informatikstandards.de/fileadmin/GI/Projekte/Informatikstandards/Dokumente/bildungsstandards_2008.pdf (2.6.2021).

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen: *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. Wahlpflichtfach Informatik.* 1. Auflage 2014. Abgerufen von: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/75/KLP_GOSt_Informatik.pdf (1.6.2021).

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- **Titelbild** – Quelle: InfoSphere und Screenshots aus Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/learn/circuits>)
- **Modulbild** – Quelle: Screenshot aus Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/learn/circuits>)

ANHANG

- Arbeitsblätter zu den Stationen:
 - Station 0 – Einstieg
 - Station 1 – Rollladensteuerung
 - Station 2 – Einparkhilfe
 - Station 3 – Farbthermometer
- Bonusmaterial zu den Stationen:
 - Station 2 – Einparkhilfe – Bonus
- Während des Moduls wird das 3D-Modellierungsprogramm Tinkercad für Bau und Programmierung genutzt: <https://www.tinkercad.com/learn/circuits>