

Gregor MILICIC, Frankfurt a. M. & Matthias LUDWIG, Frankfurt a. M.

## **Modellierung und 3D-Druck einer Wendeltreppe: Eine Anwendung des Computational Thinking**

Mit Computational Thinking (CT) wird, laut der „International Computer and Information Literacy Study“ (ICILS), ein Prozess bezeichnet, bei dem herausgearbeitet wird, wie Computer beim Problemlösen eingesetzt werden und unterstützen können. Beim CT zeigen die Lernenden die Fähigkeit, Probleme zu identifizieren, sie in Teilaufgaben zu zerlegen, die wichtigen Aspekte oder Muster zu erkennen, mögliche Lösungen zu skizzieren und diese in eine für Menschen und/oder Maschinen leicht nachvollziehbare Form zu notieren (Fraillon et al., 2019). Dadurch werden auch Aspekte der allgemeinen mathematischen Kompetenzen K2 – „Probleme mathematisch lösen“ und K5 – „Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen“ (KMK, 2012) beim CT genutzt, insbesondere „eine Strategie zur Lösung eines komplexeren Problems [...] entwickeln und anwenden“ (Anforderungsbereich III von K2), sowie „komplexe Verfahren durchführen, verschiedene Lösungs- und Kontrollverfahren bewerten“ (Anforderungsbereich III von K5). Die Beschäftigung mit CT wirkt sich außerdem signifikant positiv auf die Modellierungs-, Argumentations- und Problemlösekompetenz, sowie auf die Motivation der Lernenden aus (Calao et al., 2015).

Der Prozess des CT kann zudem als Folgeprozess im Anschluss an die Modellierung durchgeführt werden. Die einmalige bzw. erstmalige Lösung eines Anwendungsproblems kann mittels des Modellierungskreislaufs geschehen. Sobald jedoch das Problem wiederholt gelöst werden muss und das Vorgehen dabei identisch bleibt, sollte ein entsprechender Algorithmus definiert werden, damit die dann monotone Arbeit auf eine Maschine übertragen werden kann. Dieses Vorgehen entspricht auch der gängigen Praxis in der Angewandten Mathematik. Der Vergleich von verschiedenen Verfahren und die Weiterentwicklung von Algorithmen ist ein Aspekt, anhand dessen sowohl die historische Genese der Mathematik als Wissenschaft, als auch eine heuristische Herangehensweise aufgezeigt werden können.

Andererseits eröffnen Fähigkeiten des CTs weitere Anwendungen und Möglichkeiten im Mathematikunterricht, es können z.B. vermehrt Experimente und Simulationen direkt am PC mit digitalen Werkzeugen zu verschiedenen Algorithmen (Greefrath & Siller, 2018) durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit wird in diesem Beitrag vorgestellt. Es wird beschrieben, wie ein

einfacher Algorithmus entworfen und implementiert wird und dieser anschließend im Sinne der Modellierung an die realen Anforderungen angepasst wird. Ziel ist die Modellierung und Herstellung, d.h. 3D-Druck, einer Wendeltreppe für ein Puppenhaus unter der Verwendung von verschiedenen Werkzeugen und Technologien, wie in Abbildung 1 dargestellt.



Abb. 1: Puppenhaus mit der modellierten und ausgedruckten Wendeltreppe.

Die SchülerInnen sollten vor Beginn der Unterrichtssequenz mit Variablen und einfachen logischen Kontrollstrukturen (Schleifen und Bedingungen) vertraut sein, zudem wird die blockbasierte Programmiersprache Scratch verwendet.

Durch die Bearbeitung der vorgestellten Aufträge erlernen die SchülerInnen zuerst die notwendigen algorithmischen Grundlagen mittels Scratch, anschließend erfolgt der Übergang zum freien und kostenlosen 3D-Modellierungsprogramm OpenSCAD, welches auf einer funktionalen Programmiersprache basiert und verschiedene Aspekte von CAD ermöglicht. Unter Verwendung von OpenSCAD können die SchülerInnen einen Algorithmus entwickeln, der in Abhängigkeit von den gegebenen Parametern des Puppenhauses ein 3D-Modell einer Wendeltreppe erzeugt. Innerhalb eines sich anschließenden Modellierungskreislaufs kann dieses 3D-Modell adaptiert und verbessert werden, bevor es im Abschluss ausgedruckt und am Puppenhaus validiert werden kann. Der 3D-Drucker wird in diesem Rahmen daher nicht zum reinen Selbstzweck, sondern zur Herstellung eines konkreten Produkts als Lösung eines Anwendungsproblems genutzt.

### **Abfolge von Aufgaben**

Ausgangspunkt der Unterrichtssequenz mit dem Ziel der Vermittlung der algorithmischen Grundlagen sind die beiden Scratchprogramme „Treppen steigen“ (<https://scratch.mit.edu/projects/329458100>) und „Treppen zeichnen“ (<https://scratch.mit.edu/projects/329492094>). Die SchülerInnen können anhand der Programme lernen, die Zählvariable auch innerhalb der Schleife für Berechnungen bzw. Ausführung von bestimmten Operationen zu nutzen. Bei der Aufgabe „Treppen steigen“ soll die Spielfigur die auf der

Bühne gezeichneten Stufen erklimmen. Bei der Aufgabe „Treppen zeichnen“ soll die Figur unter Nutzung des gegebenen Codeblocks *Rechteck* Stufen mit zunehmender Höhe zeichnen. In beiden Programmen kann die Zählvariable der Schleife zur Definition der Bewegung der Spielfigur genutzt werden.

Um den anschließenden Übergang von Scratch zu OpenSCAD einfacher zu gestalten kann die 3D-Modellierungsumgebung Blockscad genutzt werden, welche, wie Scratch, eine blockbasierte Programmierung ermöglicht. Innerhalb von Blockscad ist es zudem möglich, zwischen der blockbasierten Ansicht und dem zugehörigen Code für OpenSCAD zu wechseln.

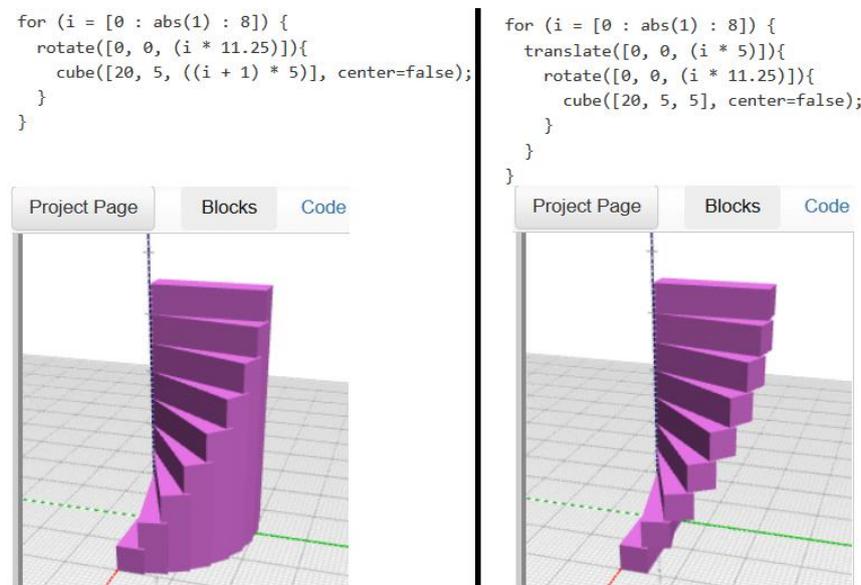


Abb. 2: Modelle der Wendeltreppe in Blockscad, inklusive des Codes in OpenSCAD.

Durch den Wechsel der jeweiligen Repräsentationsform können die Lernenden erfahren, dass der Programmcode äquivalent durch Blöcke und Textzeilen definiert werden kann. Es ist ratsam, einige einführende Aufgaben zur Einarbeitung in Blockscad zu verwenden, z.B. die Erstellung von 10 Würfeln wachsender Größe. Erneut kann die Zählvariable innerhalb einer Schleife zur Definition der Größe genutzt werden, eine zusätzliche Translation der Würfel erhöht die Komplexität zusätzlich und erzeugt eine gerade Treppe. Um die in Abbildung 2 (links, <https://www.blockscad3d.com/community/projects/703538>) dargestellte Wendeltreppe zu erhalten, müssen die Blöcke nicht verschoben, sondern rotiert werden. Nach jeder Aufgabe sollten sich die Lernenden auch mit dem OpenSCAD-Code vertraut machen und direkt im OpenSCAD-Programm ausführen.

Nach Erarbeitung und Entwicklung des Algorithmus' kann sich ein Modellierungskreislauf anschließen, um die Treppe den Anforderungen anzupassen. Eine Möglichkeit besteht darin, wie in Abbildung 2 (rechts,

<https://www.blockscad3d.com/community/projects/604667>) dargestellt, Quader derselben Größe zu verwenden und diese zu rotieren und verschieben. Abschließend kann die Treppe gedruckt und an das Puppenhaus gestellt werden, um das Ergebnis des Verfahrens im Sinne des Modellierungskreislaufs mit der realen Situation abzugleichen und zu validieren. Die in Abbildung 2 dargestellte Treppe würde so wohl kaum in der Realität geplant und gebaut werden, die Trittfläche der Stufen und auch die eckige Außenform könnten noch angepasst werden. Dem Prinzip der Modellierungsspirale folgend (Frank et al., 2018) können die SchülerInnen daher anschließend analysieren, an welchen Stellen der Algorithmus entsprechend angepasst werden müsste. Eine Möglichkeit wäre z.B. die Verwendung von Kreissegmenten anstelle von Quadern um eine abgerundete Form zu erhalten, außerdem könnte der Abstand der Stufen zueinander angepasst werden um eine größere Trittfläche zu erhalten.

### **Ausblick und weitere Forschungsansätze**

Eine empirische Studie könnte Aufschluss über die Effektivität des Wechsels der Darstellungsformen und der Nutzung von Struktogrammen auf den Lernerfolg geben. Hierzu könnten die SchülerInnen zu jeder der beschriebenen Aufgaben das dazugehörige Struktogramm erstellen. Außerdem könnten auch Scratchprogramme analog zu den vorgestellten Treppenaufgaben auf Basis von gegebenen Struktogrammen selbstständig von den SchülerInnen implementiert werden. Analog zur Studie von Calao (Calao et al., 2015) könnte zudem der Einfluss der vorgestellten Unterrichtssequenz auf die mathematischen Kompetenzen validiert werden.

### **Literatur**

- Calao, L. A., Moreno-León, J., Correa, H. E. & Robles, G. (2015). *Developing Mathematical Thinking with Scratch – An Experiment with 6th Grade Students*. EC-TEL.
- Frailon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T. & Duckworth, D. (2019). *Preparing for life in a digital world: the IEA International Computer and Information Literacy Study 2018 International Report*.
- Frank, M., Richter, P., Roeckerath, C. & Schönbrodt, S. (2018). Wie funktioniert eigentlich GPS? – ein computergestützter Modellierungsworkshop. In G. Greefrath & H.-S. Siller (Hrsg.), *Digitale Werkzeuge, Simulationen und mathematisches Modellieren, Realitätsbezüge im Mathematikunterricht* (S. 137-163). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Greefrath, G. & Siller, H.S. (2018). Digitale Werkzeuge, Simulationen und mathematisches Modellieren. In G. Greefrath & H.-S. Siller (Hrsg.), *Digitale Werkzeuge, Simulationen und mathematisches Modellieren, Realitätsbezüge im Mathematikunterricht* (S. 3-22). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Kultusministerkonferenz (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Wolters Kluwer, Köln.