



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Einführung in die Programmierung mit OpenSCAD

Fächerübergreifender Unterricht anhand von 3D Druck“

verfasst von / submitted by

Elisabeth Geiderer

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 406 884

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium: UF Mathematik/ UF Informatik und
Informatikmanagement

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Renate Motschnig

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, am 20.06.2018

Elisabeth Geiderer

Gendergerechte Formulierung

Diese Arbeit wurde mit bestem Wissen und Gewissen gendergerecht formuliert.

Es wird entweder eine geschlechtsneutrale Form (z.B. die Lehrperson/Lehrkraft) verwendet oder die Betroffenen mit beiden Geschlechtern angesprochen.

Ist im Text nur eine der beiden Formen zu finden, so ist auch nur die weibliche bzw. männliche Form gemeint.

Bei Zitaten oder Gedankengängen anderer wurde allerdings die ursprüngliche Formulierung des Autors beibehalten. Das heißt hier wird möglicherweise nur eine Form des Geschlechts genannt (meist die männliche), betroffen sind aber beide Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
Motivation	1
Forschungsfrage	2
Forschung	2
Aufbau der Arbeit.....	2
Theoretischer Hintergrund für einen Unterricht mit 3D Druck	4
Vorgeschichte des 3D Drucks	4
Von der Idee zum Druck.....	5
Slicing Software	5
Das Fused Filament Fabrication Verfahren	10
Die Bezeichnung Fused Filament Fabrication	10
Aufbau eines FFF-Druckers.....	10
Ablauf des Fused Filament Fabrication Verfahrens	11
Das verwendete Material.....	12
Drucker	13
Renkforce RF100.....	14
Ultimaker 2+	14
Anwendungen des 3D Drucks	15
Medizin	15
Autos.....	15
Häuser	15
Weltall	15
Schuhe	16
Programmieren mit OpenSCAD.....	17
Wahl des 3D Design Programms	17
Einführung in die Erstellung von 3D-Objekten mit OpenSCAD	18
OpenSCAD Guide.....	19
Überblick	20
Allgemeines	20
Cube()	21
Sphere()	21
Cylinder()	21
Verschieben, drehen und skalieren von Objekten	24
Boolsche Operatoren	25
For-Schleife.....	28

Variablen	29
Funktionen.....	30
Weitere Befehle:	31
Fächerübergreifender Unterricht: Einführung in die Programmierung mit OpenSCAD	34
Fächerübergreifender Unterricht.....	34
Verankerung des Themas in den Lehrplänen.....	35
Informatik.....	35
Mathematik	36
Gemeinsamkeiten der Konzepte	36
Zielgruppe.....	36
Inhalte.....	37
Ziele des Unterrichts	39
Angesprochene Kompetenzen	40
Konzept 1.....	41
Unterrichtsmethoden.....	41
Genauer Stundenaufbau	42
Unterlagen.....	44
Konzept 2.....	45
Unterrichtsmethoden.....	45
Genauer Stundenaufbau	47
Unterlagen.....	49
Beforschung beider Konzepte	50
Fragebögen.....	53
Reflexion der Unterrichtsstunden	59
Anonyme Fragen der SchülerInnen.....	65
Finales Konzept.....	67
Neue Inhalte	67
Unterrichtsmethoden.....	68
Genauer Stundenaufbau	70
Unterlagen.....	72
Leistungsbeurteilung	72
Überprüfung des finalen Konzepts.....	75
Fragebögen.....	75
Reflexion.....	79
Resümee	83
OpenSCAD	83

Mathematik	85
3D Druck und seine Unterrichtsmethoden	86
Literaturverzeichnis	88
Abbildungsverzeichnis	91
Anhang	93
Angaben Gruppenpräsentationen	93
Handout für SchülerInnen	96
Fragebogen „Vorerfahrung“	99
Fragebogen „Eindrücke nach den Einheiten“	100
Auswertungen der Fragebögen	101
Vorerfahrungen	101
Eindrücke nach den Einheiten	105
Gesammelte Fragen der SchülerInnen	111
Zusammenfassung	113
Abstract	114

Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit dem Themenbereich 3D Druck in der Schule.-Es wird der Frage nachgegangen, wie dieser in einem fächerübergreifenden Unterricht mit Mathematik bestmöglich im Schulunterricht eingesetzt werden, und somit auch das Modellieren von 3D Objekten mit OpenSCAD unterrichtet werden kann. Das Ziel der Arbeit ist es, LehrerInnen einen umfassenden Überblick über das Thema 3D Druck und die Programmierung mit OpenSCAD zu geben, ihnen die nötigen Hintergrundinformationen und Anleitungen aufzubereiten und anschließend ein erforschtes und geprüftes Unterrichtskonzept zu präsentieren, mit dem es bestmöglich ist, SchülerInnen der achten Schulstufe eines Realgymnasiums in die Welt des 3D Drucks einzuführen.

Motivation

Das Thema 3D Druck erwies sich für mich im Zusammenhang mit einer wissenschaftlich-pädagogischen und praktischen Auseinandersetzung schon seit geraumer Zeit sehr reizvoll. Jedoch war mein Eindruck lange Zeit jener, dass diese Technologie für den Hausgebrauch und auch für den Schuleinsatz noch zu teuer und daher sehr fern war. Doch im Diplomandenseminar stellte uns Frau Prof. Motschnig Daniel Pfeiffer vor, den Geschäftsführer der Österreichischen Gesellschaft für 3D Druck, der mich vom Gegenteil überzeugte. Kurze Zeit später durfte ich im Labor des Vereins mit dem Präsidenten Stephan Pfannerer persönlich, meinen ersten 3D Druck beobachten.

Nach einer Ausbildung zur 3D Druck Trainerin, war ich bereits mitten im Thema und beschäftigte mich damit, Konzepte für 3D Druck Workshops an Schulen zu entwickeln.

Fragen wie:

- Wie kann das Thema „3D-Druck“ SchülerInnen näher gebracht werden und welche Tools stehen zur Verfügung?
- Inwiefern ist OpenSCAD geeignet, um SchülerInnen das Erstellen von 3D-Objekten beizubringen?
- Inwiefern eignet sich OpenSCAD dazu SchülerInnen Programmiergrundlagen zu vermitteln und wie trägt dies zum informatischen Denken bei?

beschäftigten mich fortan bei der Arbeit mit den SchülerInnengruppen, weswegen ich mich auch in dieser Arbeit damit befassen möchte und folgende Forschungsfrage konkretisiert habe:

Forschungsfrage

„Welche Methoden eignen sich, um SchülerInnen bestmöglich an das Thema 3D Druck und das Erstellen von dreidimensionalen Objekten heranzuführen und inwiefern eignet sich das Tool OpenSCAD zur Einführung in die Modellierung?“

Forschung

Um eine geeignete Methode für das Lehren von 3D Druck, die Modellierung von Objekten mit OpenSCAD und den dazu passenden fächerübergreifenden Unterricht mit Mathematik zu finden, werde ich mittels Action Research ein geeignetes Konzept entwickeln.

Dazu werde ich zwei verschiedene Konzepte an SchülerInnengruppen der 8. Schulstufe in dem GRG Kundmannngasse, 1030 Wien testen. Diese Konzepte werden durch Fragebögen und Reflexionen der Lehrperson erforscht.

In einem weiteren Schritt, wird aus den Ergebnissen dieser Forschung ein weiteres, finales Konzept entwickelt, welches durch einen erneuten Forschungsdurchgang noch bewertet wird.

Im Anschluss werde ich meine Ergebnisse in dieser Arbeit veröffentlichen.

Aufbau der Arbeit

Im ersten Kapitel dieser Arbeit „Theoretischer Hintergrund für einen Unterricht mit 3D Druck“, beschäftige ich mich mit den technischen Grundlagen und der Theorie, die zum Unterricht des 3D Drucks notwendig sind. Es wird ein Überblick über die Geschichte, die Verfahren und einzelne Drucker gegeben.

In einem weiteren Kapitel werde ich mich mit der Programmiersprache OpenSCAD auseinandersetzen. Dabei soll eine Anleitung entstehen, die LehrerInnen einen schnellen Einstieg in diese Programmierumgebung und -sprache ermöglichen soll, um diese schnell für ihre Zwecke im Unterricht einsetzen zu können.

Der Hauptteil dieser Arbeit wird sich damit befassen ein geeignetes Unterrichtskonzept, für die Einführung in das Programmieren mit OpenSCAD und den Umgang mit einem 3D Drucker zu finden. Dazu werden zwei verschiedene Unterrichtskonzepte präsentiert. Anschließend werden die Ergebnisse der Erforschung mittels Action Research dargelegt.

Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse werden in einem neuen Konzept verarbeitet, das im Kapitel „Das finale Konzept“ beschrieben wird. Zu guter Letzt werden die Ergebnisse der Forschung zusammengefasst und damit die Forschungsfrage beantwortet.

Theoretischer Hintergrund für einen Unterricht mit 3D Druck

Das vorliegende Kapitel befasst sich mit der Theorie des 3D Drucks. Damit sollen den LeserInnen die Möglichkeiten des 3D Drucks, eine kurze Vorgeschichte des 3D Drucks, die Drucker selbst und auch die Verfahren und verwendeten Materialien näher gebracht werden. Der besondere Fokus liegt dabei auf der Schule: Alle zusammengetragenen Informationen konzentrieren sich auf schulrelevante Themen, die meines Erachtens nach für LehrerInnen als Basiswissen wesentlich sind und ihnen dazu dienen sollen, informativen Unterricht über 3D Druck abzuhalten.

Vorgeschichte des 3D Drucks

Bereits seit den 80er Jahren wurde daran gearbeitet, 3D Druck Technologien zu entwickeln. Diese aber auch für den Heimbereich geeignet zu machen, begann mit Dr. Adrian Bowyer, von der University of Bath. Ab 2005 entwickelte er einen 3D Drucker namens Darwin, mit Bauplänen für Hard- und Software, die zur freien Verfügung stehen. Das große Ziel des Projekts war es, möglichst viele Bestandteile des Druckers selbst wieder mit einem 3D Drucker herstellen zu können. 2007 wurde die erste Version, also der Drucker Darwin, erstmals vorgestellt. Dieser Rep-Rap Drucker arbeitet mit einer Technik namens Fused Deposition Modeling, einer Technik, bei der Material schichtweise aufgebaut und so ein 3D Objekt produziert werden kann. Dieses Verfahren wurde ursprünglich von der Firma Stratsys entwickelt, das Auslaufen der Patente machte es Adrien Bowyer aber möglich, dieses für seinen Drucker zu verwenden (Hanselmann und Micieli 2014, S. 10).

Der genaue Ablauf des Fused Deposition Modeling Verfahrens findet sich in Kapitel „Das Fused Filament Fabrication Verfahren“ ab Seite 10.

Ein weiteres Projekt, das zum 3D Druck für die breite Masse beigetragen hat, ist das „Fab@Home“ Projekt. An der Cornell Universität arbeiteten Evan Malone und Hod Lipson daran und wurden von dem RepRap Projekt inspiriert. Es entstand der Bausatz „Fab@Home Model 1“, ein Drucker, der um 2.400 US-Dollar verkauft wurde. Somit war das Ziel, einen für den Endverbraucher leistbaren Drucker zu entwickeln, erreicht. Mit diesem Drucker war es auch möglich mittels Solid Freeform Fabrication Verfahren (mit einer Art Spritze wird das Material schichtweise aufgetragen) Material wie Knete, Gips, aber auch Schokoladenmasse zu verarbeiten (Hanselmann und Micieli 2014, S. 10–11).

Beinahe alle Drucker, die heute für den Heimbereich existieren, basieren auf einem dieser beiden Projekte (Hanselmann und Micieli 2014, S. 11).

Von der Idee zum Druck

Um einen Überblick über 3D Druck zu bekommen, ist es wesentlich, sich den Weg von der eigenen Idee zum fertigen Druckobjekt vor Augen zu führen. Daher möchte ich in diesem Abschnitt einen Überblick über diesen Ablauf geben:

Sobald eine Idee im Raum steht, welches Objekt gedruckt werden soll, gibt es mehrere Möglichkeiten weiter zu verfahren:

1. Das Objekt wird in einem CAD Programm selbst konstruiert (Multec GmbH 2014, S. 3)
2. Man lädt sich bereits fertig modellierte Objekte aus einer online Datenbank herunter z.B. thingiverse.com (MakerBot Industries 2018)
3. Man scannt ein Objekt mit einem 3D Scanner ein (Hanselmann und Micieli 2014, S. 42)

Der nächste Schritt ist es, dieses Objekt als stl-Datei abzuspeichern oder zu exportieren (Multec GmbH 2014, S. 3).

Dieses wird dann in eine Software, wie zum Beispiel Simplify3D, importiert, damit verschiedene Einstellungen getroffen werden können: Das Modell kann bewegt, skaliert oder gedreht werden. Schließlich werden alle Druckeinstellungen wie Füllgrad (Infill), Material, Druckqualität, Stützmaterial (Support, der bei manchen Objekten notwendig ist, um Überhänge zu stützen) festgelegt (Genauerer siehe Kapitel „Slicing Software“ ab Seite 5).

Zu guter Letzt wird das virtuelle 3D-Modell in eine Befehlsdatei, den sogenannten GCode übersetzt, der dem Drucker Schritt für Schritt angibt was er zu tun hat. Diesen Prozess nennt man „Slicen“ (Multec GmbH 2014, S. 6–9).

Um 3D Drucke anzufertigen, ist eine genauere Auseinandersetzung mit einem Slicing Programm unumgänglich, weswegen hier direkt im Anschluss noch eine Übersicht über verschiedene Slicing Softwares gegeben und das Programm Cura genauer beschreiben wird.

Slicing Software

3D Druck Slicing Programme haben die Aufgabe, 3D Modelle in Anweisungen zu übersetzen, die der 3D Drucker versteht (Simplify3D 2018). Es wird also ein 3D Modell, das meist in einem stl-Format vorliegt, in die Slicing Software geladen, von der Software in dünne Schichten „geschnitten“ und die einzelnen Schichten von der Slicing Software so vorbereitet, dass sie dem Drucker Informationen weitergeben kann, wie sich der Druckkopf bewegen muss um diese Schicht herzustellen (Caroli 2014, 195f).

Dieser Zwischenschritt ist deswegen nötig, weil der Mikroprozessor des Druckers zu schwach ist, um diese Aufgabe zu bewältigen. Die großen Berechnungen werden also noch am Computer selbst durchgeführt, der 3D Drucker selbst bekommt nur mehr Anweisungen, in denen angegeben wird, zu welcher X- und Y-Koordinate sich der Druckkopf bewegen soll und wie viel Material dabei ausgegeben werden soll (Caroli 2014, S. 195).

Kurz gesagt: „Slicer – Software, die ein dreidimensionales Computermodell in für den 3-D-Drucker verständlichen G-Code umrechnet (Caroli 2014, S. 275).“

Es gibt eine Vielzahl an Slicing Programmen von denen ich hier nun eine Auswahl nennen möchte:

Software	Nutzer	Preis
Cura	Einsteiger und Fortgeschrittene	Kostenlos
Simplify3D	Einsteiger und Fortgeschrittene	Ca. 120 €
Slic3r	Fortgeschrittene und Profis	Kostenlos
Craftware	Einsteiger und Fortgeschrittene	Kostenlos
3DPrinterOS	Einsteiger und Fortgeschrittene	Basis kostenlos
Repetier	Fortgeschrittene und Profis	Kostenlos

(Locker 2018)

Auf die Empfehlung von Stephan Pfannerer, dem Präsidenten der Österreichischen Gesellschaft für 3D Druck werde ich mich im Anschluss mit der Slicing Software Cura näher auseinandersetzen.

Cura (ab Version 3.0)

Cura ist die 3D Slicing Software der Firma Ultimaker. Sie steht kostenlos zum Download verfügbar. Ursprünglich nur für den firmeneigenen Drucker Ultimaker vorgesehen, gibt es nun seit einiger Zeit auch Profile für andere Drucker (Locker 2018).

Mit den Basiseinstellungen ist die Software für 3D Druck-EinsteigerInnen geeignet, kann aber durch die erweiterte Einstellungen für Fortgeschrittene ebenso gute Dienste leisten (Locker 2018).

Um mit Cura ein Modell auf den Druck vorzubereiten, braucht man zunächst ein 3D Modell. Dieses sollte im STL, OBJ, X3D oder 3MF Format vorliegen. Cura sliced dieses Modell und bereitet es somit für den Druck vor. Nun kann man eine Vorschau sehen, das Objekt skalieren oder rotieren bzw. eine Vielzahl anderer Einstellungen treffen, die im Laufe dieses Kapitels noch erklärt werden (Ultimaker B. V. 2018h).

Beim ersten Öffnen von Cura kann man den gewünschten Drucker auswählen. Für einige Drucker gibt es vorgefertigte Profile, sollte der eigene Drucker nicht dabei sein kann man für diesen unter „Others“ selbst ein Profil erstellen (Ultimaker B. V. 2018i).

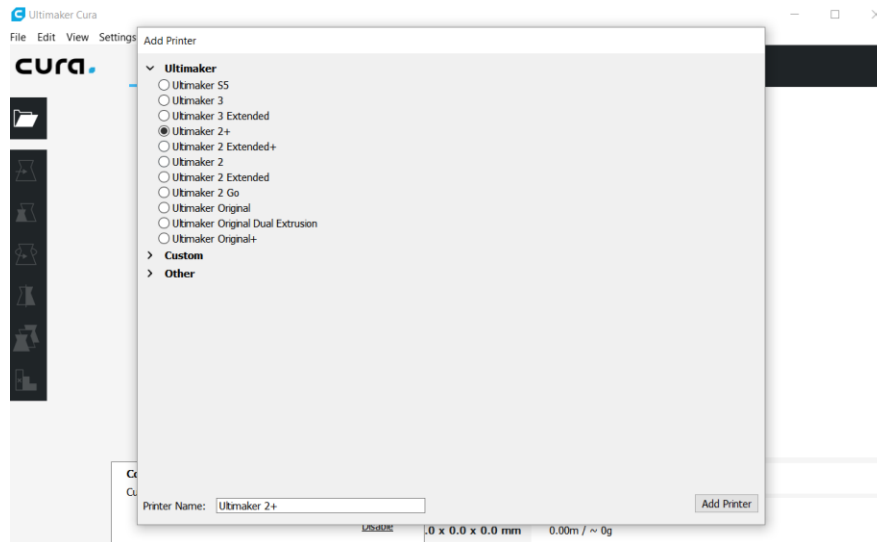


Abbildung 1

Wenn man die Auswahl des Druckers getroffen hat, gibt es die Möglichkeit, durch „Open File“ sein 3D Modell auszuwählen und in Cura zu öffnen (Ultimaker B. V. 2018i).

Im rechten Bereich der Programmoberfläche können die Druckeinstellungen getroffen werden. Für EinsteigerInnen werden die „Recommended Settings“ empfohlen. Diese setzen sich aus den essentiellen 3D Druck Einstellungen zusammen:

- Layer height: ist die Höhe einer gedruckten Schicht des Objekts und wird in Millimeter angegeben. Je geringer die layer height, desto höher ist die Qualität des Drucks. Verwendet man jedoch eine größere layer height Einstellung so wird der Druck schneller fertig (Ultimaker B. V. 2018e).

- Print speed:

Die Druckgeschwindigkeit wird grundsätzlich in mm/s angegeben.

Verwendet man die recommended settings so wird die Geschwindigkeit des Drucks auf die ausgewählte Schichthöhe angepasst (Ultimaker B. V. 2018f).

- Infill: Hier wird entschieden, wie viel Material im Inneren des Objekts gedruckt wird. Ein höherer Prozentsatz bei der Infill Einstellung führt zu einem soliderem Objekt. Für die meisten Objekte reicht aber einen Füllgrad von 10-20% (Ultimaker B. V. 2018c).
- Enable gradual bedeutet, dass in niedrigeren Schichten weniger Infill verwendet wird. So kann Material gespart werden (Ultimaker B. V. 2018c).
- Generate support: Es gibt Objekte, die einen Überhang haben, der eventuell „in die Luft gedruckt“ werden müsste. Um dem Herunterfallen des Plastiks vorzubeugen, werden Stützstrukturen gedruckt. Durch das Anhaken von Generate Support kann dies aktiviert werden. Dabei gibt es zwei verschiedene Auswahlmöglichkeiten: Entweder es werden nur Überhänge gestützt, die über dem Druckbett hängen (also an der Außenseite des Objekts),

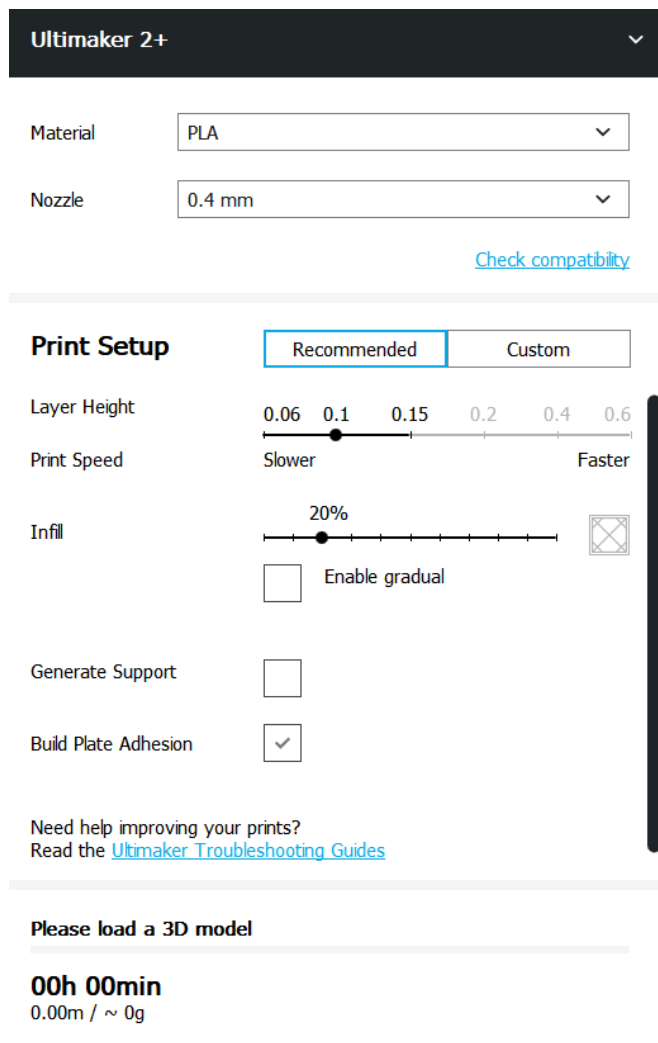


Abbildung 2

diese Einstellung wird mit touching buildplate bezeichnet, oder es werden alle Überhänge gestützt, diese Einstellung nennt sich everywhere (Ultimaker B. V. 2018b).

- Build plate adhesion: Wenn die Grundfläche des Modells nicht ganz flach ist oder man aus anderen Gründen die Haftung des Objekts auf dem Druckbett verbessern möchte, kann man einen Brim oder Raft einstellen.
 - Brim: Hier werden beim Druck der ersten Schicht um das Objekt herum zusätzlich mehrere Drucklinien gemacht, die mit dem Objekt verbunden sind und somit die Grundfläche vergrößern. Empfohlen wird der Brim bei sehr großen oder sehr dünnen, kleinen Objekten.
 - Raft: Dabei wird eine Art Gitter zwischen dem Objekt und dem Druckbett gedruckt. Empfohlen bei Objekten, deren Grundfläche nicht ganz glatt ist (Ultimaker B. V. 2018d).

Ganz oben rechts kann die Ansicht von „Solid view“ auf „Layer view“ verstellt werden. Dadurch kann man genau sehen, wie das Objekt gedruckt wird. Es kann das Innenleben des Objekts, sowie Stützen angezeigt werden und durch einen Slider das Objekt Schicht für Schicht überprüft werden (Ultimaker B. V. 2018i).

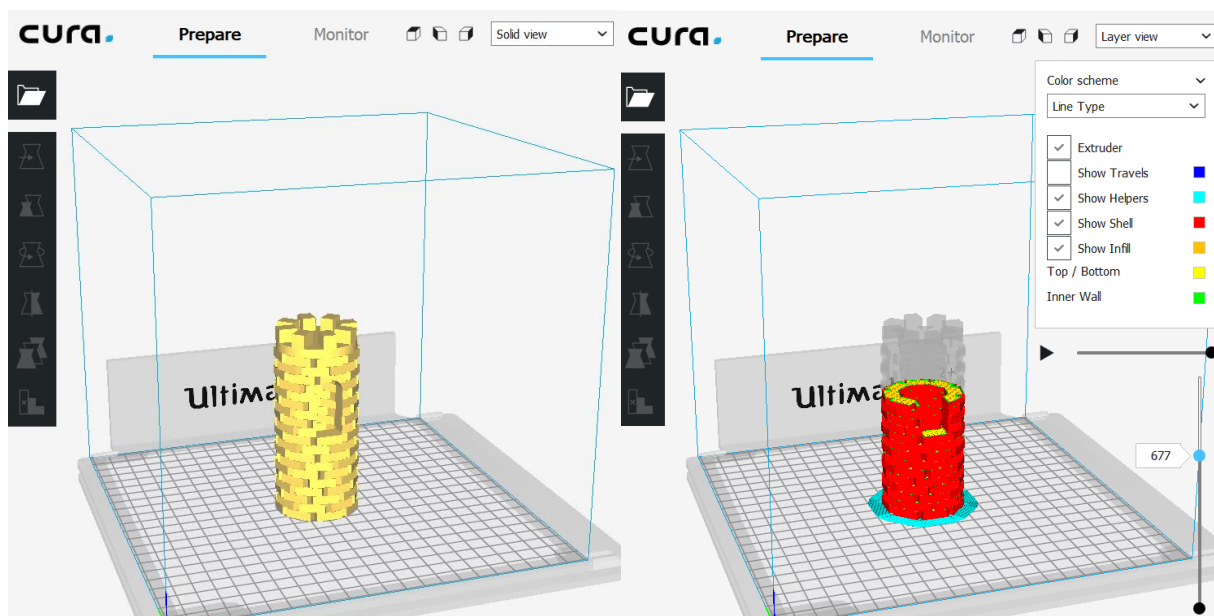


Abbildung 3

Und schließlich, sobald alle Einstellungen getroffen wurden, kann man den Druckauftrag entweder kabellos über ein Netzwerk an den Drucker schicken, oder mit USB Stick bzw. SD Karte arbeiten (Ultimaker B. V. 2018h).

Das Fused Filament Fabrication Verfahren

Für meine Diplomarbeit habe ich mich dafür entschieden, das Fused Filament Fabrication Verfahren (FFF-Verfahren) genauer zu behandeln. Diese Entscheidung traf ich aus folgenden Gründen: Erstens ist es ein günstiges 3D-Druck Verfahren und wird im Privatgebrauch sehr häufig eingesetzt, wodurch es meiner Meinung nach auch für Schulen geeignet ist. Zweitens gibt dieses Verfahren die Möglichkeit, ohne Chemikalien zu drucken, ein riesiger Vorteil im Vergleich zu vielen anderen Verfahren, wodurch es aus Sicherheitsgründen auch ein geeignetes Verfahren für die Schule ist.

Die Bezeichnung Fused Filament Fabrication

Fused Deposition Modelling ist ein 3D Druck Verfahren, das 1989 von S. Scott und Lisa Crump entwickelt und patentiert wurde. Nachdem beide die Gründer von Stratasys sind, wurde das Verfahren und die zugehörige Bezeichnung patentiert (materialise 2018). Als das Patent für das Verfahren auslief übernahm die Open-Source-Community das Verfahren unter dem Namen Fused Filament Fabrication für sich (Hanselmann und Micieli 2014, S. 22). Dieses möchte ich nun im Anschluss genauer erklären.

Aufbau eines FFF-Druckers

In der folgenden Abbildung sieht man die verschiedenen Bestandteile eines 3D Druckers. Diese unterscheiden sich von Drucker zu Drucker zwar im Aufbau und dem Aussehen, die Funktion ist in den meisten Fällen aber sehr ähnlich (Caroli 2014, S. 17).

Die Komponenten sind:

1. Die Rahmenkonstruktion
2. Die drei Achsen
3. Extruder
4. Hotend
5. Motor
6. Druckbett
7. Elektronik
8. Plastikdraht (Caroli 2014, S. 17)

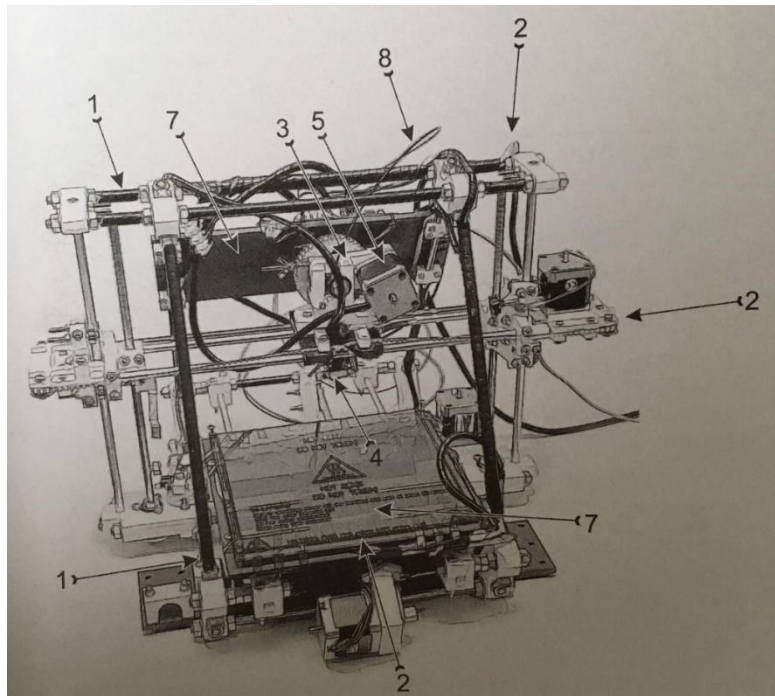


Abbildung 4 aus (Caroli 2014, S. 17)

Ablauf des Fused Filament Fabrication Verfahrens

Der Ablauf des FFF Verfahrens kann übersichtlich in drei Vorgänge eingeteilt werden:

1. Eine Schicht wird durch Stränge, die aus der Druckerdüse kommen aufgebaut
2. Nun wird entweder der Druckkopf um die Schichthöhe angehoben oder das Druckbett um die gleiche Höhe nach unten bewegt. Danach wird mit dem Druck der nächsten Schicht begonnen (zurück zu Punkt 1).
3. Wenn Schritt 1 und 2 so oft ausgeführt wurden, bis das Objekt fertiggestellt wurde kann das fertige Objekt vom Druckbett gelöst werden (Caroli 2014, S. 16).

Durch diesen Ablauf entsteht nach und nach ein fertiges 3D Objekt. Dieses besteht aus verschiedenen Bestandteilen:

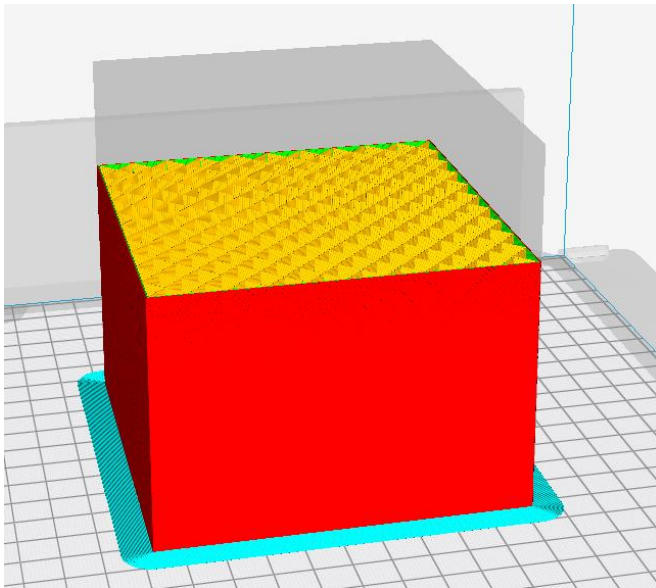


Abbildung 5

In Abbildung 5 sieht man den Aufbau eines 3D Objekts. Türkis gehalten sind die Hilfsstrukturen, in dieser Abbildung ein sogenannter Brim, der der Haftung des Objekts auf dem Druckbett dienen soll. Die rotgefärbte Außenwand wird Shell genannt. Im inneren Bereich sieht man als Füllstrukturen das sogenannte Infill.

Um sicher zu gehen, dass auch Überhänge schön gedruckt werden, wird oft auch Stützmaterial verwendet (materialise 2018).

Beim Druck mit dem FFF-Verfahren selbst, wird ein langer Plastikdraht verwendet (materialise 2018). Genauer dazu findet sich im anschließenden Kapitel „Das verwendete Material“.

Das verwendete Material

Das Ausgangsmaterial für den FFF-Druck ist meist Kunststoff, der als Draht auf einer Spule aufgewickelt ist. Dieser wird auch als Filament bezeichnet (Hanselmann und Micieli 2014, S. 22). Es gibt viele verschiedene Arten von Filament die zum Drucken verwendet werden: ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol), PLA (Polylactid), PVA(Polyvinylalkohol), Nylon, Holz aber auch Stein-Filament (Caroli 2014, S. 104–107). Die bekanntesten Materialien sind allerdings ABS und PLA (Caroli 2014, S. 104), die ich im Anschluss genauer erklären möchte.

PLA

PLA steht für Polylactid oder auch Polymilchsäure. Es handelt sich dabei um Biopolymere, die zur Gruppe der Polyester gehören und aus einer Aneinanderreihung von Milchsäuremolekülen bestehen (Caroli 2014, S. 105).

Nachdem PLA biologisch abbaubar ist, ist es für die umweltbewussten 3D DruckerInnen ein geeignetes Material (Stiller 2014, S. 61). Aus diesem Grund, ist es meiner Meinung nach, auch das Material, das man in Schulen verwenden sollte.

ABS

Acrylnitril-Butadien-Styrol, kurz ABS, ist ein Kunststoff und kann laut Stiller 2014 als „der Inbegriff von Plastik angesehen werden“. Zu verarbeiten ist dieses Material bei ca. 200 bis 250°C. Allgemein wird ABS als ungefährlich beschrieben, trotzdem wird laut Stiller 2014 darauf hingewiesen „... einen Drucker, der dieses Material verarbeitete, in einem gut gelüfteten Raum zu halten.“

Die Vorteile von ABS sind jedoch, dass es UV-beständig ist, eine sehr hohe Festigkeit hat und dem Material von Produktionsmodellen sehr ähnlich ist (materialise 2018).

Drucker

Für die geplanten Unterrichtsstunden brauchte ich zwei 3D Drucker, die ich in die Schule mitnehmen konnte. Die österreichische Gesellschaft für 3D Druck stellte mir mehrere Geräte ihres Bestands zur Auswahl. Darunter waren ein BQ Hephestos 2, ein Prusa i3 Mk2, ein Renkforce RF100, ein Ultimaker 2+, ein Wanhao, eine BQ Witbox, und einige weitere 3D Drucker.

Drucker wie der BQ Hephestos 2 oder der Prusa i3 Mk2 musste ich ablehnen, da sie durch ihren eher offenen Aufbau den Transport zur Schule verkompliziert hätten. Ebenso die BQ Witbox, die mir ihren 22,1 kg (Walke-Chomjakov 2015), eher eines der Geräte ist, das man an Ort und Stelle lässt.

Um den fächerübergreifenden Unterricht durchzuführen, habe ich mich für zwei Drucker entschieden, den Ultimaker 2+ und den Renkforce RF100. Die Wahl dieser beiden Drucker basiert auf persönlichen positiven Erfahrungen aus vorhergehenden Workshops, die ich für die Österreichische Gesellschaft für 3D Druck an diversen Schulen hielt. Beide Drucker sind gut transportfähig, der Renkforce durch seinen massiven Aufbau, der Ultimaker durch den fast geschlossenen Bauraum. Obwohl sie mit dem gleichen Verfahren arbeiten, hat man trotzdem die Möglichkeit, den SchülerInnen Unterschiede an den Geräten zu zeigen: unterschiedliche Filamentdurchmesser, verschieden große Bauräume und einmal eine beheizte Druckplatte, während sich die andere durch eine besondere Oberfläche auszeichnet.

Nach eigenem Ermessen sind diese Drucker belastbar und zuverlässig, weswegen ich sie für meine Unterrichtssequenzen verwendet habe. Um sich ein genaueres Bild von den gewählten Druckern zu machen, werden an dieser Stelle nun die technischen Daten der verwendeten Geräte dargestellt.

Renkforce RF100

Technischen Details:

Bauraum: 100 x 100 x 100mm

Druckbett: magnetisch und wechselbar

Für Filamentdurchmesser: 1.75mm

Düsendurchmesser: 0.4mm (Conrad Electronic gmbH& Co KG o.J.a)

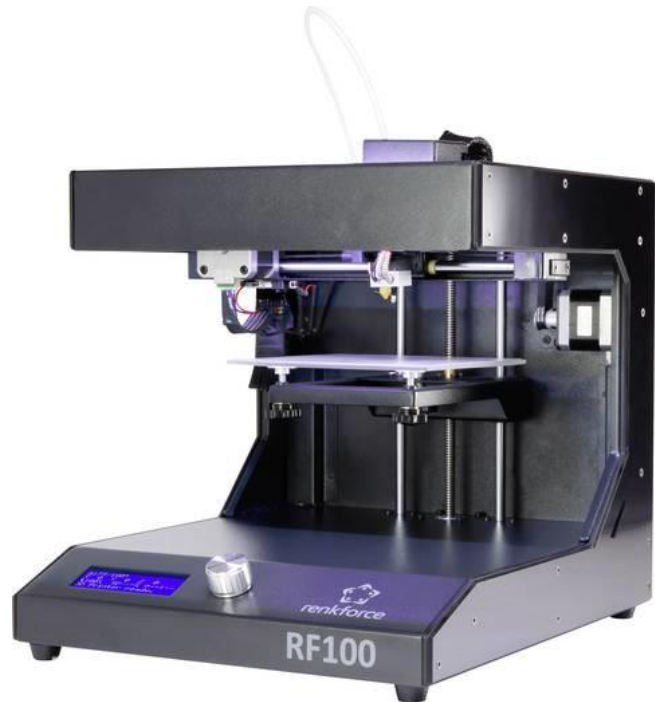


Abbildung 6



Abbildung 7

Ultimaker 2+

Technischen Details:

Bauraum: 223 x 223 x 205mm

Druckbett: 50°C bis 100°C beheizbar

Für Filamentdurchmesser: 2.85mm

Düsendurchmesser: kann zwischen 0.25, 0.4, 0.6 und 0.8mm gewählt werden (das Gerät, das für die Unterrichtseinheiten verwendet wurde hatte eine 0.4mm Düse) (Ultimaker B. V.)

Anwendungen des 3D Drucks

Meine Recherche ergab die Sammlung vieler verschiedener Anwendungen des 3D Drucks. An dieser Stelle werde ich einige nennen, die mir als besonders spannend bzw. motivationsfördernd für SchülerInnen erschienen.

Medizin

Mittels 3D Scanner können passgenaue Prothesen erstellt werden, die preiswerter sind als herkömmlich gefertigte Prothesen. Ein Unternehmen, das sich mit dieser Anwendung des 3D Drucks beschäftigt, ist das Robohand-Projekt. Es ist ein Open-Source-Projekt sodass es sogar möglich sein soll sich selbst, mit den nötigen Kenntnissen eine Prothese herzustellen (Stiller 2014, 22f).

Autos

Die Firma Urbee arbeitet mit den 3D Druckern der Firma Stratasys daran, ein Stadtauto zu bauen, das das grünste Auto der Welt werden soll. Dabei werden 3D gedruckte Elemente zusammengesetzt, um die Verkleidung des Fahrzeugs zu erstellen. Ein Vorteil ist, dass dadurch Gewicht gespart wird, und dadurch Sprit gespart werden kann (Stiller 2014, 18f).

Häuser

Auch Häuser können bereits 3D gedruckt werden. Die russische Firma Apis Cor ist die erste Firma, die einen mobilen 3D Drucker entworfen hat, der ganze Häuser bauen kann (Apis Cor o.J.).

Weltall

Eine Mondbasis wäre viel leichter zu errichten, könnte man 3D-Drucker verwenden, die direkt die Materialien am Mond verarbeiten. Die ESA hatte unter anderem ein Forschungsprojekt, bei dem eine zellenförmig strukturierte Wand zur Abwehr von Mikrometeoriten und Weltraumstrahlung entwickelt wurde. Außerdem wird daran geforscht welche Auswirkungen das Drucken im Vakuum mit sich bringt (Europäische Weltraumorganisation 2013).

Schuhe

Adidas arbeitet mit der amerikanischen Firma Carbon zusammen an dem perfekten Laufschuh aus dem 3D-Drucker. Der „Futurecraft 4D“ soll ab Herbst (100.000 Paar) in den Läden zu kaufen sein. Sie arbeiten weiterhin an innovativen personalisierten Laufschuhen (ADIDAS AG o.J.).

Besonderes Augenmerk liegt auf den Zwischensohlen, deren Produktion viel Zeit und verschwendetes Material bedeuteten.

Ein besonderer Vorteil ist auch, dass Adidas schon während der Designphase die Zwischensohlen testen konnte und somit aus 50 verschiedenen Veränderungen, die optimale aussuchen konnte (Sawyer 2018).

Programmieren mit OpenSCAD

In diesem Kapitel wird erläutert, warum das Computer Aided Design Programm OpenSCAD für die Arbeit mit den SchülerInnen gewählt wurde, dieses im Anschluss erklärt und ein Einblick in die grundlegenden Funktionen von OpenSCAD gegeben. Gleichzeitig soll diese Erarbeitung als Handbuch für Lehrerinnen und Lehrer dienen, welches eine Einleitung in die Arbeit mit OpenSCAD bietet, und die wichtigsten Befehle und Funktionen beinhaltet.

Wahl des 3D Design Programms

Hanselmann und Micieli teilen in ihrem Buch die verschiedenen 3D Design Programme in drei große Anwendungsgruppen ein:

- „Konstruktion/CAD
- Gestaltung, Animation
- Morphing und Sculpting“

Konstruktionsprogramme und CAD Software (Computer Aided Design) werden im technischen Bereich eingesetzt, weil es mit ihnen möglich ist, sehr genaue 3D Modelle zu erstellen und diese später maßgenau zu drucken.

Beispiele für diese Art von Software sind Tinkercad, Blockscad SketchUp und OpenSCAD.

Bei Gestaltungs- und Animationsprogrammen steht das Design im Vordergrund. Es gibt meist viele Werkzeuge wie Spiegelungen, Schatten, Farben etc. Diese Programme waren in erster Linie dazu gedacht, 3D Figuren und Objekte zu erstellen und diese zu animieren. Viele bieten aber bereits Erweiterungen an, mit denen es möglich ist, die Objekte auch 3D zu drucken.

Beispiele dafür sind: Blender, Maya, Cinema 4D.

Morphing- und Sculpting-Programme arbeiten mit einer Art virtuellen Knetmasse, die man formen oder verschmelzen kann.

Beispiele: Autodesk Meshmixer, Sculptris oder zBrush (Hanselmann und Micieli 2014, S. 76–78)

Wie aus den oben beschriebenen Möglichkeiten bereits hervorgeht, gibt es eine Vielzahl an Wegen, wie man ein 3D Modell herstellen kann. Für den Mathematik und Informatikunterricht hielt ich die Anwendungsgruppe Computer Aided Design am passendsten. Um die mathematischen Hintergründe erklären zu können, war ich auf der Suche nach einem Programm, das das Koordinatensystem im $\mathbb{R}^3$ gut darstellt. Nun standen im Bereich CAD für mich mehrere Tools zur Auswahl: Tinkercad, SketchUP, Blockscad, OpenSCAD,...

Um dem Informatikunterricht gerecht zu werden, fand ich den Aspekt des Programmierens ebenfalls sehr wichtig. Weswegen die Programme Tinkercad und SketchUP wegfielen. Zu guter Letzt blieben noch Blockscad und OpenSCAD übrig.

Für das Erstellen von 3D Objekten in den Testgruppen des GRG Kundmannngasse fiel meine Wahl aus folgenden Gründen dann auf OpenSCAD:

Einerseits hatten die SchülerInnen der verschiedenen Gruppen bereits Vorerfahrungen mit dem Programmieren mit Java. Der Einstieg in OpenSCAD sollte ihnen also leicht fallen, da sie die grundlegenden Konzepte des Programmierens bereits kennengelernt hatten. So sollte das bereits Gelernte auf das neue Modellieren von 3D Objekten übertragen werden.

Ein weiterer Grund für die Wahl eines CAD Programmes ist jener gewesen, dass für die Modellierung von genauen 3D Objekten, wie oben bereits erwähnt, diese Art von 3D Design Programm am geeignetsten ist. Durch die Angabe von Maßeinheiten kann genau bestimmt werden, welche Größe das fertige Objekt später auch haben soll. Auch auf Hinsicht, dass die SchülerInnen im späteren Verlauf ihrer Schul- oder Berufskarriere mit 3D Druck zu tun haben werden, sind meiner Meinung nach CAD Programme die geeignete Wahl, um einen Grundstein in der Herstellung von 3D Objekten zu legen.

Einführung in die Erstellung von 3D-Objekten mit OpenSCAD

OpenSCAD ist eine Software, die es ermöglicht ein maßgenaues 3D Objekt zu erstellen (Hanselmann und Micieli 2014). Es ist ein Freewareprogramm (Kintel o.J.), weswegen es sich, meiner Meinung nach, auch wunderbar für die Schule eignet.

Die Besonderheit des Programms ist es, dass es aus einer Textdatei ein Objekt erstellt. Somit kann man durch Programmieren mit einer eigenen Programmiersprache ein 3D Modell erstellen (Caroli 2014, S. 259).

Einer der Vorteile von OpenSCAD ist es, dass die Objekte als Quelltext abgespeichert werden und somit sehr wenig Speicherplatz verbrauchen. Da man bei der Programmiersprache auch mit Variablen arbeitet, kann das Objekt auch jederzeit an verschiedene Ansprüche angepasst werden (Caroli 2014, S. 259).

Um die Programmiersprache für OpenSCAD zu lernen, gibt es zum einen eine ausführliche Dokumentation auf der Website von openscad (<http://www.openscad.org/documentation.html>), die auch verschiedene Beispiele und Videos beinhaltet, und zum anderen ein Cheat Sheet, auf dem man die wichtigsten Befehle auf einen Blick sieht (<http://www.openscad.org/cheatsheet/index.html>).

OpenSCAD Guide

In diesem Kapitel wird ein Einblick in die wichtigsten Funktionen von OpenSCAD gegeben, besonders in Hinblick, auf die Befehle, die ich für SchülerInnen für wichtig erachte, bzw. auch Befehle, die sich als förderlich für die Motivation von SchülerInnen herausgestellt haben.

Alle Erklärungen zu den einzelnen Befehlen der Programmiersprache wurden der Dokumentation von OpenSCAD (<http://www.openscad.org/documentation.html>), die unter Creative Commons Attribution-ShareAlike License steht (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>), entnommen und zusammengefasst.

Beim Starten von OpenSCAD gibt es mehrere Möglichkeiten weiter zu verfahren: Hilfe, öffnen, neu oder Beispiele.

Durch Klicken auf Hilfe gelangt man direkt zur Dokumentation von OpenSCAD, die alle Befehle und zugehörigen Parameter erklärt. Durch Öffnen kann man bereits erstellte scad-Dateien öffnen und weiter bearbeiten.

Sehr hilfreich sind auch die gegebenen Beispiele, die OpenSCAD bereits mitliefert. Diese eignen sich gut um sich einen Überblick über die verschiedenen Funktionen von OpenSCAD zu machen und einen ersten Einblick in die umfangreichen Möglichkeiten dieses Tools zu zeigen.

Zum Starten des ersten eigenen Projekts gelangt man durch einen Klick auf „Neu“.

Überblick

Man hat nun drei verschiedene Ansichten (siehe Abbildung 8):

- Der Editor, in den der Code eingegeben werden kann.
- Die Konsole, die Angaben zu Fehlern oder den Fortschritt des Renderns gibt.
- Das Grafikfenster, in dem man die Vorschau seines Objekts begutachten kann.

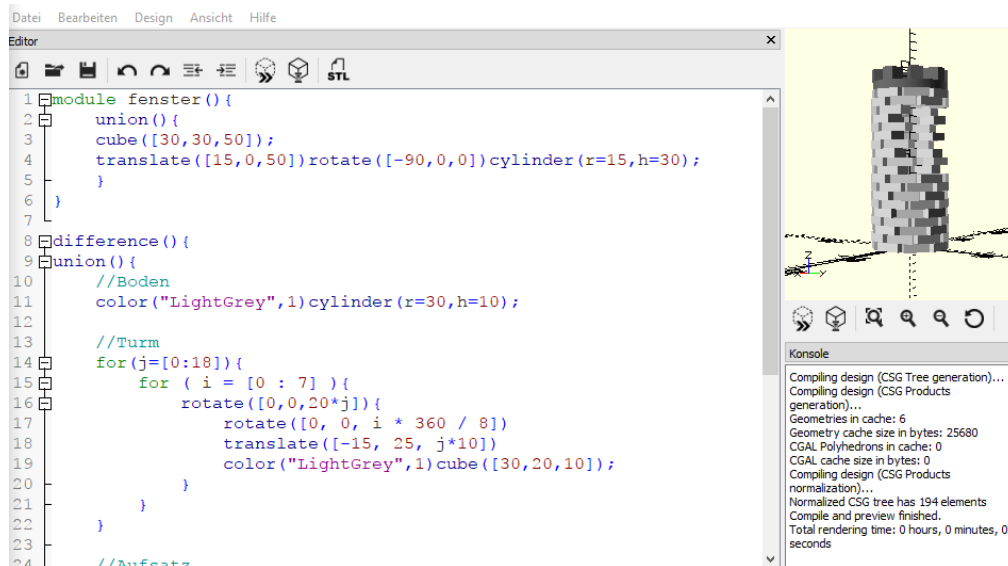


Abbildung 8

Allgemeines

In den folgenden Kapiteln werde ich jene Befehle von OpenSCAD erklären, die ich für den Schulunterricht am sinnvollsten empfinde. Bevor diese aber ausprobiert werden können, gibt es hier noch einige allgemeine Hinweise zum Umgang mit OpenSCAD:

Mit F5 kann der Code, der im Editor verfasst wurde, kompiliert werden. Dadurch erhält man eine Voransicht des modellierten Objekts.

Die zweite Variante ist es, den Code mit F6 zu rendern.

Am Ende jeden Befehls ist ein Strichpunkt zu setzen.

OpenSCAD arbeitet mit Millimetern, darauf ist besonders bei der Übergabe von Parametern zu denken.

```
Cube()
```

```
cube(10);
```

oder

```
cube([20, 30, 10]);
```

Mit `cube()` kann zum einen ein Würfel erstellt werden. Dies verlangt nach nur einer Angabe: der Seitenlänge. Ebenso kann mit `cube()` aber auch ein Quader erstellt werden. An diesen Befehl muss dann ein Vektor mit 3 Angaben übergeben werden: Die verschiedenen Kantenlängen entlang der x-, y- und z-Achse.

```
Sphere()
```

```
sphere(10);
```

Der Befehl `sphere()` erzeugt eine Kugel. Als Parameter wird der Radius der Kugel übergeben. Ebenso kann man den Durchmesser angeben, jedoch muss dieser dann mit `d` benannt werden. Z.B.:

```
sphere(d=5);
```

```
Cylinder()
```

```
cylinder(h=50, r=5);
```

Die Funktion `cylinder` ermöglicht es, wie die Bezeichnung bereits verrät Zylinder zu erstellen. Dieser Befehl ist aber noch viel mächtiger als er scheint. Durch Änderung der Parameter ist noch viel mehr möglich.

Ein Zylinder selbst wird durch:

```
cylinder(h, r|d, center)
```

erstellt, wobei `h` für die Höhe, `r` für den Radius, `d` für den Durchmesser steht. `center` kann mit `true` oder `false` belegt werden und entscheidet darüber, ob der Zylinder höhenmäßig mittig oder am Rand platziert wird.

Ganz vielseitige Figuren kann man mit dem cylinder-Befehl aber dann erstellen, wenn man mit zwei verschiedenen Radii arbeitet, bzw. man mit dem Parameter \$fn spielt, der die Auflösung von Objekten angibt. In den folgenden Abbildungen wird dies anhand einiger Beispiele dargestellt:

Durch zwei verschiedene Radii kann man die Größe der Deckfläche und der Grundfläche unterschiedlich einstellen.

```
cylinder(h=8, r1=5, r2=10);
```

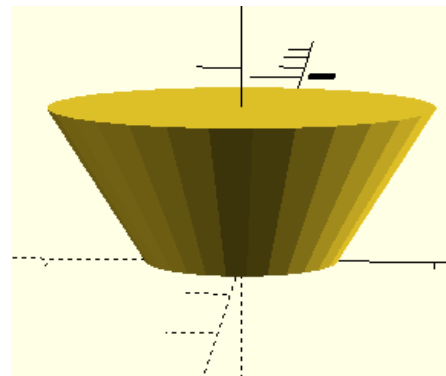


Abbildung 9

Die Variable \$fn legt die "Auflösung" des Zylinders fest. Setzt man \$fn, wie in diesem Beispiel auf 3, so ergibt sich ein Dreieck als Grund- und Deckfläche.

```
cylinder(h=8, r=5, $fn=3);
```

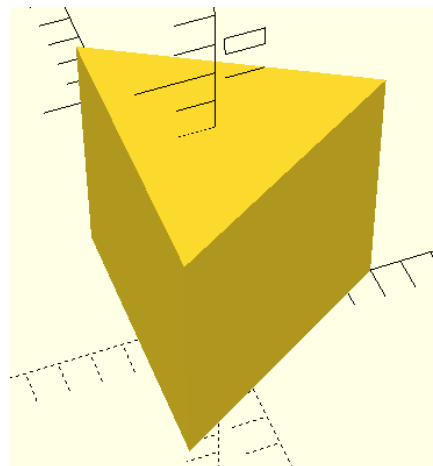


Abbildung 10

Hier wird zum Beispiel ein Oktagon als Grund- und Deckfläche programmiert.

```
cylinder(h=8, r=5, $fn=8);
```

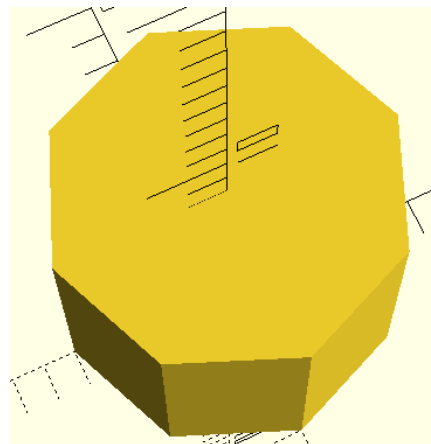


Abbildung 11

Natürlich kann man die Veränderung von \$fn auch mit den zwei verschiedenen Radii kombinieren.

```
cylinder(h=8, r1=5, r2=10,  
$fn=8);
```

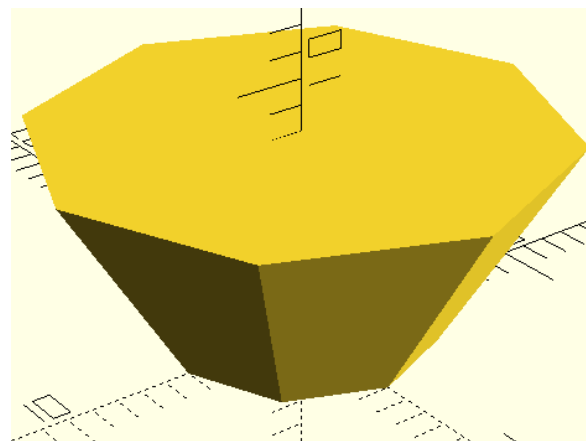


Abbildung 12

Verschieben, drehen und skalieren von Objekten

Um ein Objekt zu verschieben gibt es den Befehl:

```
translate([x ,y ,z])
```

Er wird direkt vor das Objekt geschrieben, das verschoben werden soll. Zum Beispiel:

```
translate([10,10,10]) cube([20,30,10]);
```

Hier wird der Quader 10mm entlang der x-Achse, 10mm entlang der y-Achse und 10mm entlang der z-Achse verschoben (siehe Abbildung 13).

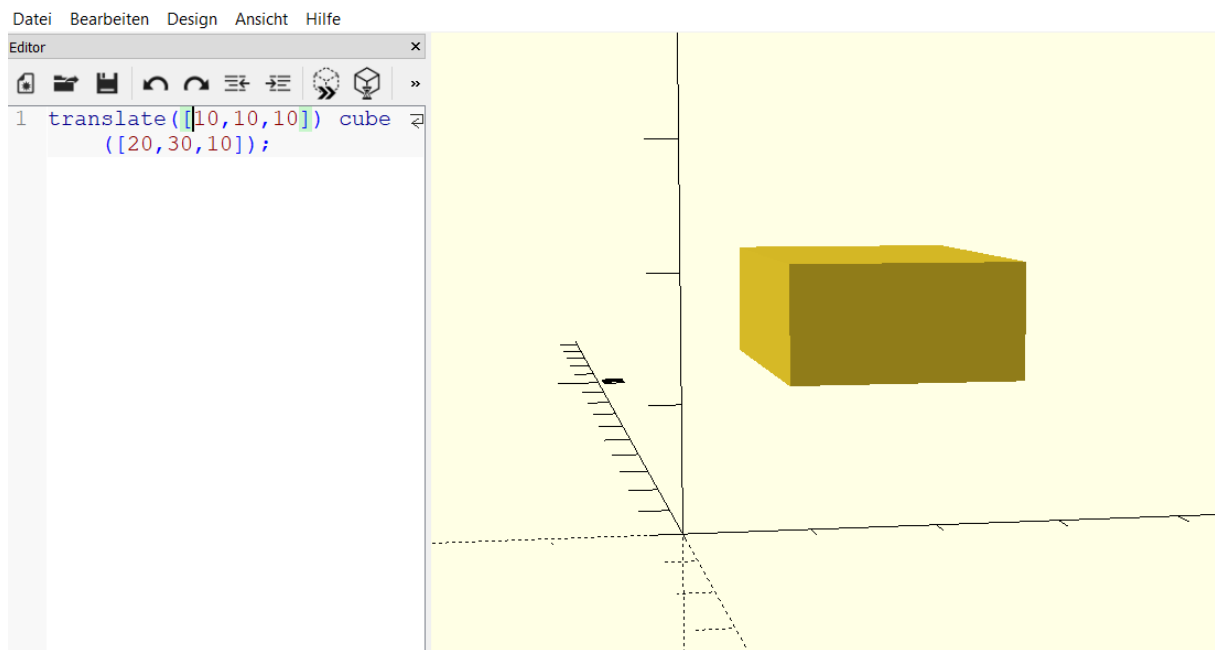


Abbildung 13

In einer ähnlichen Art und Weise funktionieren auch rotate() und scale().

```
rotate([x, y, z])
```

Mit rotate() können Objekte um eine der drei Achsen gedreht werden.

```
scale([x, y, z])
```

Um ein erstelltes Objekt im Nachhinein noch zu skalieren, kann es mit scale vergrößert oder verkleinert werden.

Boolesche Operatoren

Mithilfe der booleschen Operatoren können mehrere Objekte miteinander interagieren. Man kann mehrere Objekte verbinden, ein Objekt von einem anderen abziehen, oder den Durchschnitt zweier Objekte herausarbeiten.

Union

Mit `union()` kann man mehrere Objekte vereinen (dies ist besonders wichtig, wenn man die Objekte im Nachhinein drucken möchte!). Zu beachten sind die geschwungenen Klammern, die um die beiden zu vereinigenden Objekte gemacht werden müssen:

```
union() {  
    cube([20,30,10]);  
    translate([10,30,0])cylinder(10,10,10);  
}
```

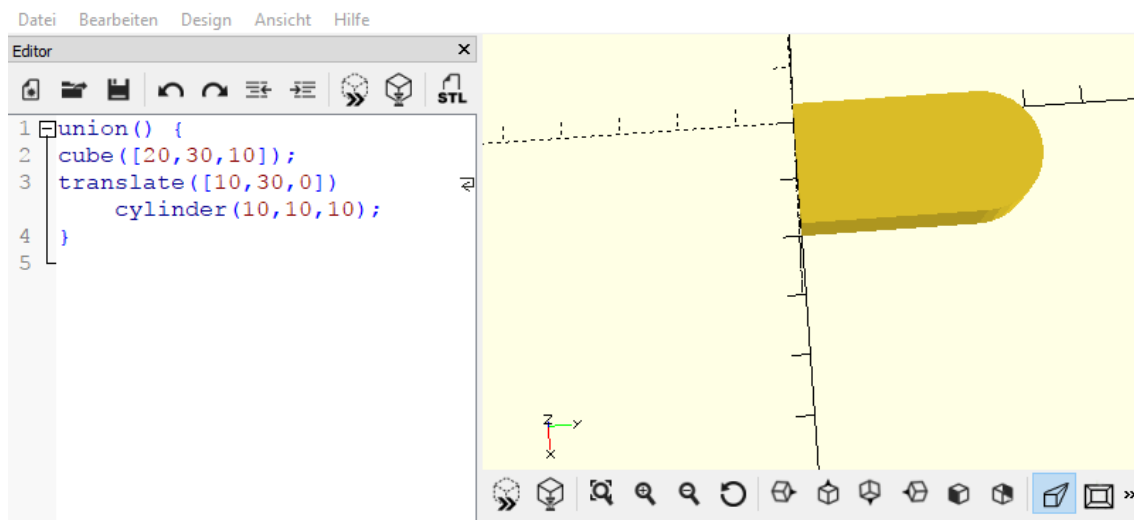


Abbildung 14

Difference

Mit `difference()` kann man ein Objekt von einem anderen abziehen. Dies kann nützlich sein, wenn man von vorgefertigten Formen etwas entfernen möchte (siehe Abbildung 15).

```
difference() {  
    cube([50, 20, 10]);  
    translate([25,10,5]) sphere(10);  
}
```

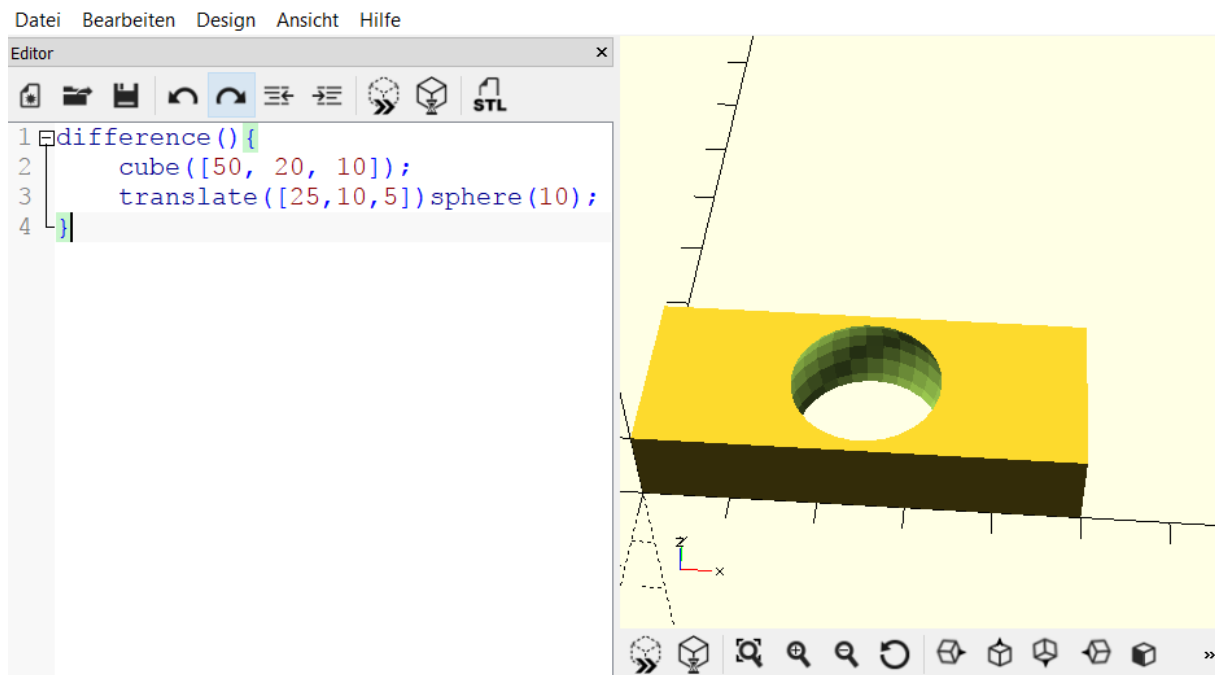


Abbildung 15

Intersection

Mit `intersection()` wird genau der Bereich ausgewählt, an dem sich zwei Objekte überschneiden (siehe Abbildung 16).

Dies kann sehr nützlich sein, um spezielle Formen zu erstellen, oder nur spezielle Teile eines Objekts zu verwenden. Zum Beispiel:

```
intersection() {  
    sphere(40);  
    cube(40);  
}
```

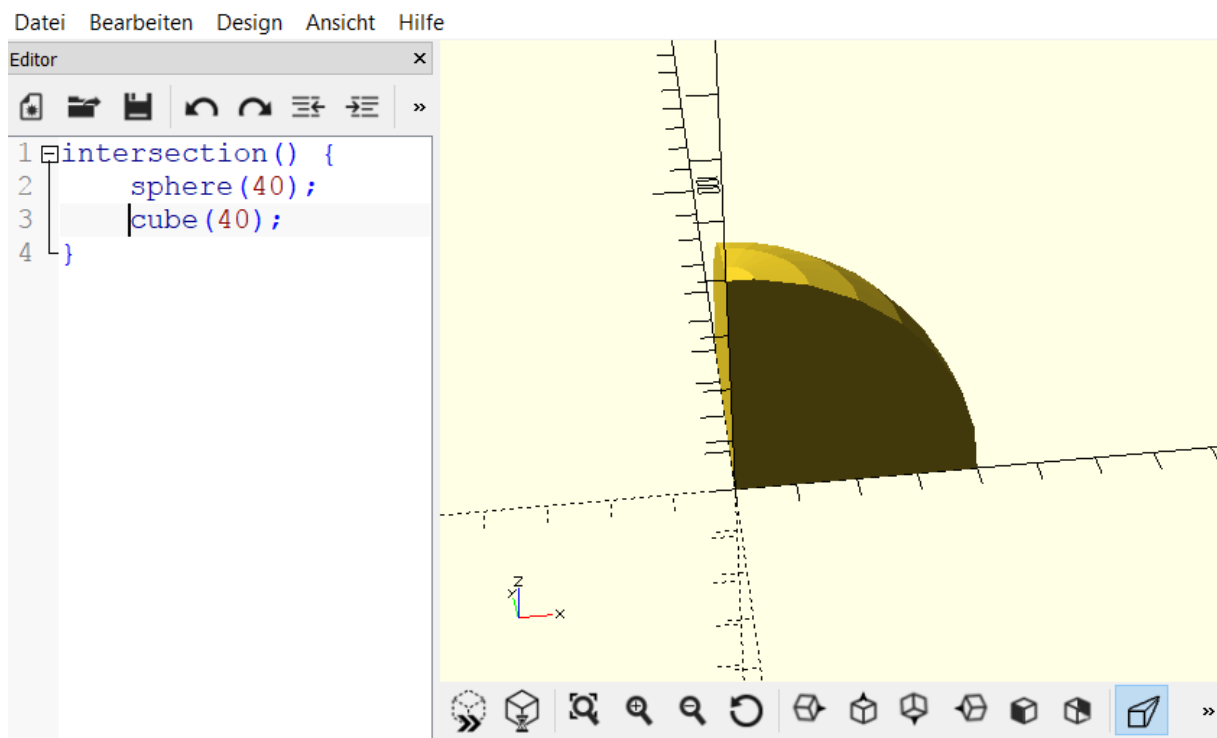


Abbildung 16

For-Schleife

Um ein Objekt mehrmals erscheinen zu lassen ohne den Code zu wiederholen, gibt es die Möglichkeit for-Schleifen zu verwenden (siehe Abbildung 17). Dazu muss eine Variable mit Startwert, Wert um den die Variable pro Durchlauf erhöht wird und einem Endwert festgelegt werden.

```
for (variable=[start:increment:end])
```

Zum Beispiel:

```
for(i=[0:1:11]){  
    translate([i*7,0,0]) cube(5);  
}
```

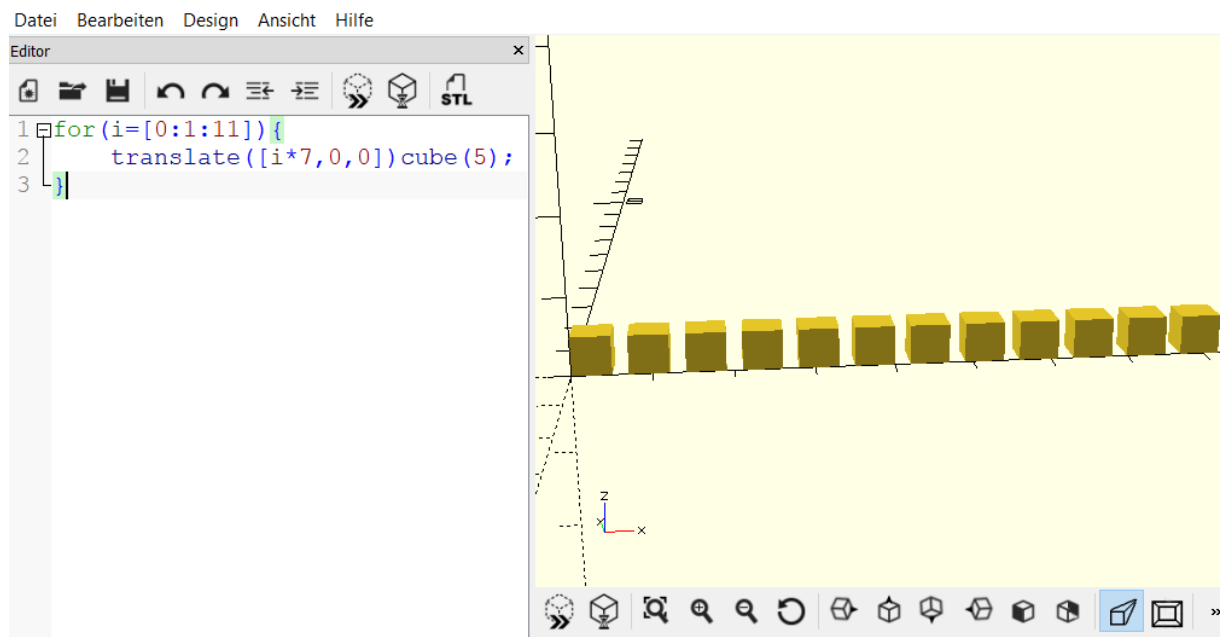


Abbildung 17

Variablen

Wie bereits im Kapitel „For-Schleife“ erwähnt wurde, können Variablen durch

```
i=10;
```

deklariert werden.

Mit diesen kann natürlich auch gerechnet werden (siehe Abbildung 18).

```
laenge=10;
```

```
radius=5;
```

```
cube(laenge);
```

```
translate([laenge/2,laenge/2,laenge]) sphere(radius);
```

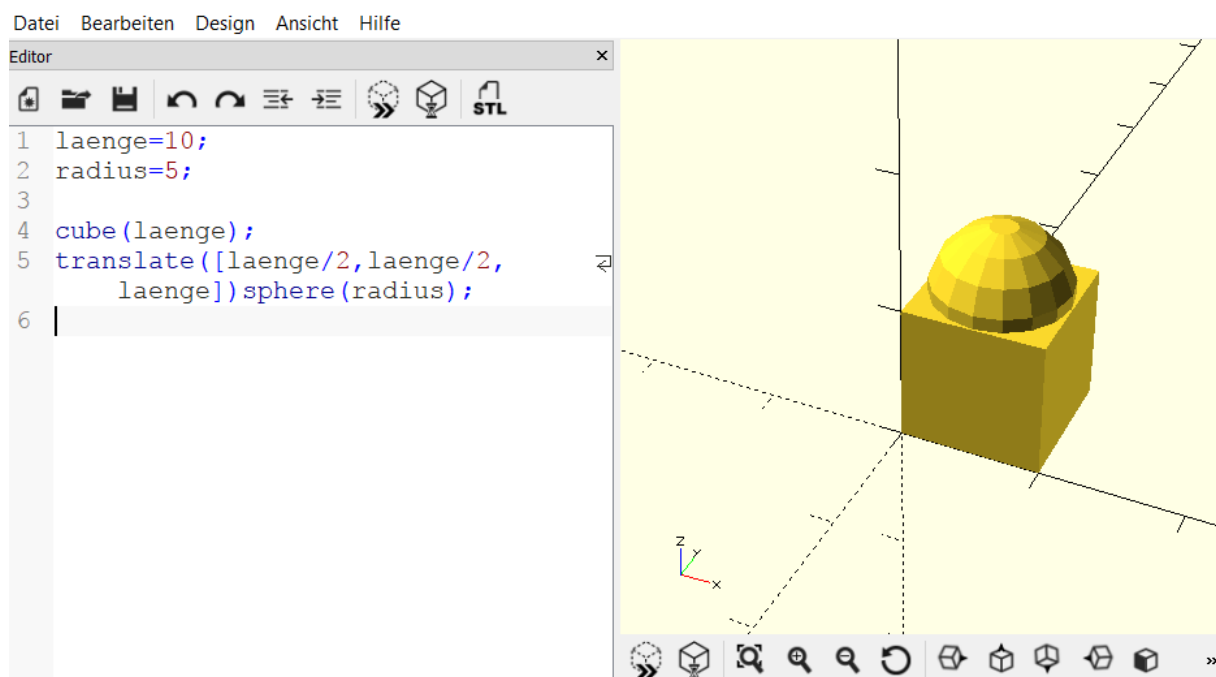


Abbildung 18

Funktionen

Es ist auch möglich Code in einzelne Funktionen zu unterteilen. Dies geschieht in OpenSCAD mit dem Stichwort `module` (siehe Abbildung 19).

```
module name (parameter) {  
  
    hier wird der code eingetragen  
  
}
```

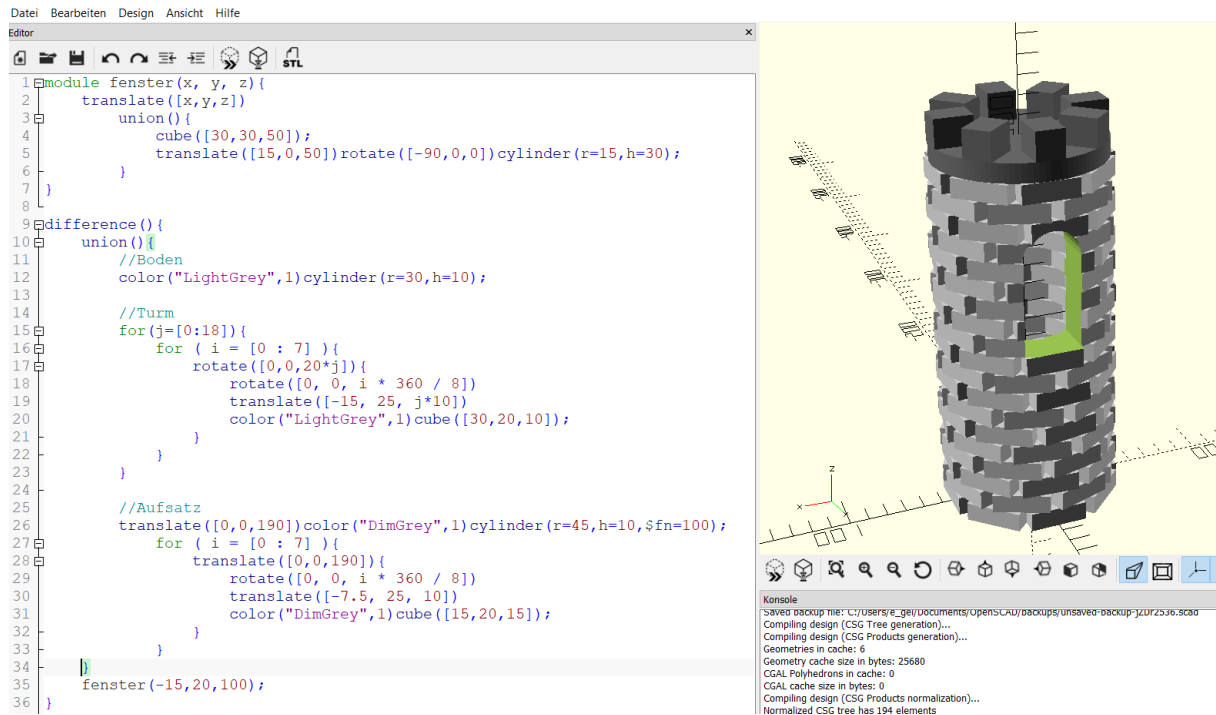


Abbildung 19

In diesem Beispiel (siehe Abbildung 19) wird ganz oben im Code die Funktion „fenster“ erstellt, welche dazu dient, ein Fenster für den Turm zu modellieren. Die Parameter sind die x-, y- und z-Koordinaten, die dazu dienen, das Fenster an die gewünschte Stelle des Turms zu verschieben. Ganz unten im Code sieht man den Aufruf der Funktion „fenster“ durch

```
fenster(-15,20,100);
```

Weitere Befehle:

Einige weitere Befehle, die sich während des Programmierens für mich als nützlich herausgestellt haben, bzw. auch jene, die den SchülerInnen in den Unterrichtsgruppen besondere Freude gemacht haben, werden hier noch kurz erläutert.

Kommentare

Es gibt die Möglichkeit in OpenSCAD Kommentare zu schreiben (siehe Abbildung 20). Diese können einzellig oder mehrzeilig sein.

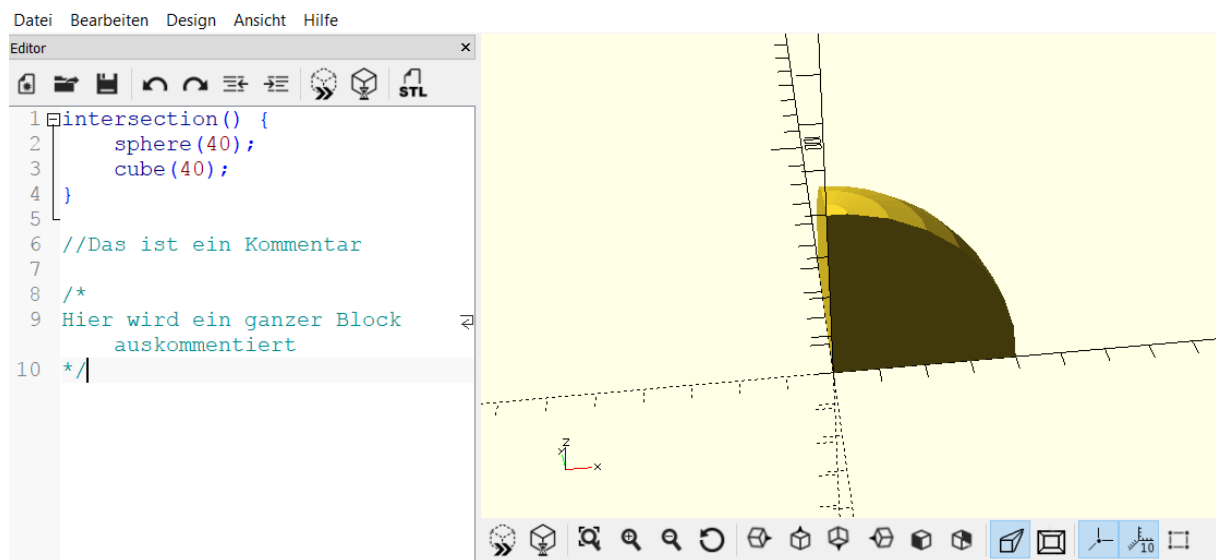


Abbildung 20

`Text()`

`text („ “);`

Mit dem Befehl `text(„“)` können in OpenSCAD Wörter erzeugt werden (siehe Abbildung 21).

In den gehaltenen Unterrichtssequenzen stellte sich dieser Befehl als hilfreich für SchülerInnen heraus, da somit die einzelnen Projekte mit Initialen markiert werden konnten, oder die SchülerInnen diesen für Ihre Modellierungsarbeit brauchten.

Zu beachten ist allerdings, dass `text(„“)` ein zweidimensionales Element erstellt, welches erst durch den nachfolgenden Befehl `linear_extrude` zu einem dreidimensionalen Objekt wird.

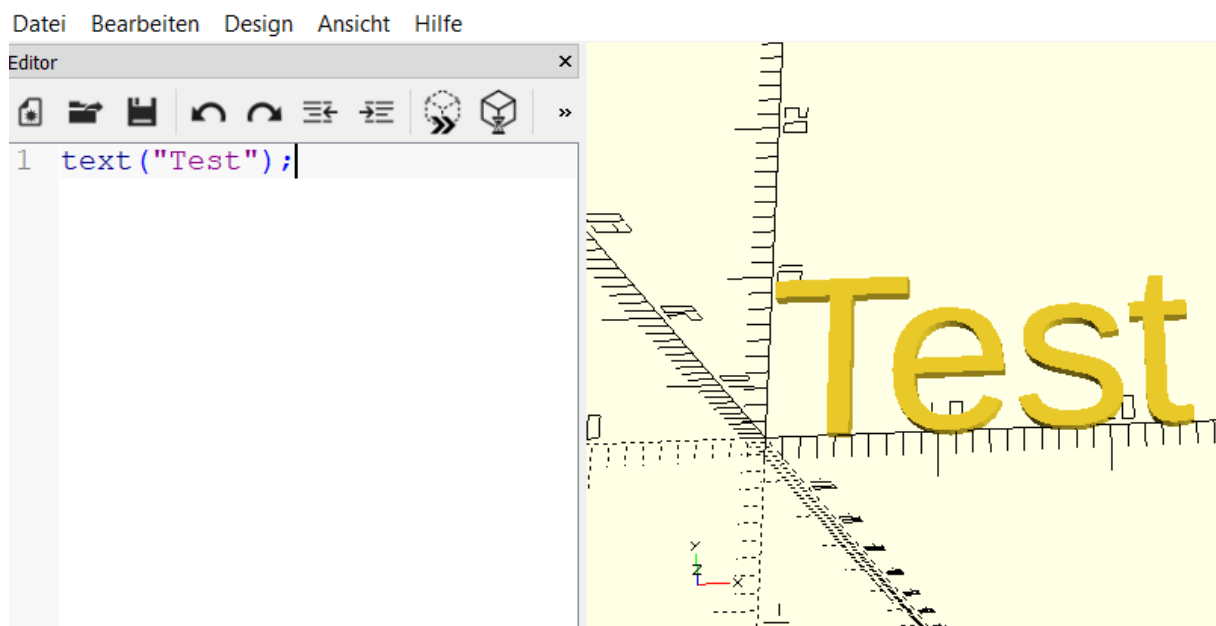


Abbildung 21

`linear_extrude()`

`linear_extrude(height=)`

Mithilfe von `linear_extrude` kann man zweidimensionale Objekte in dreidimensionale Objekte verwandeln. Der Befehl steht vor dem Objekt und gibt die gewünschte Höhe an (siehe Abbildung 22).

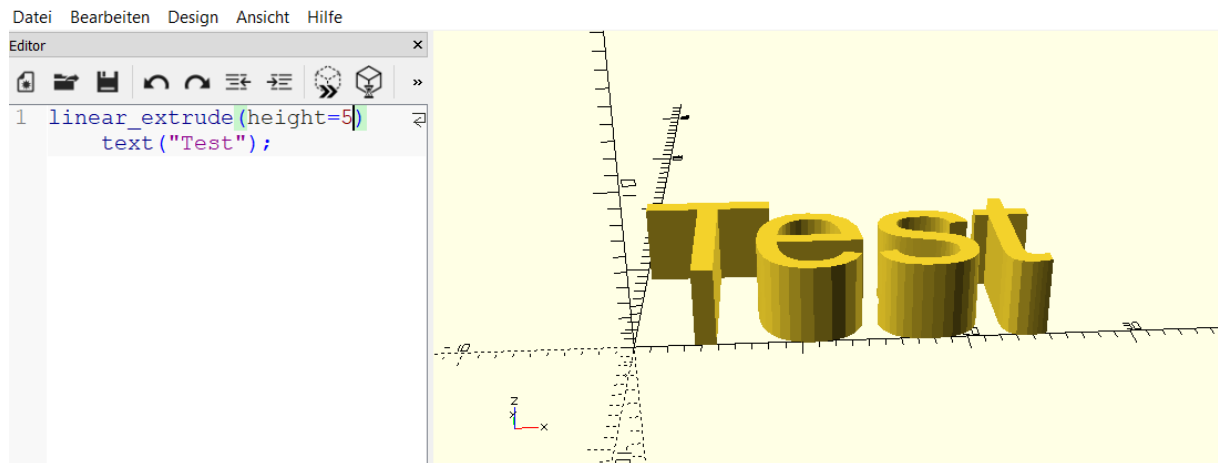


Abbildung 22

Fächerübergreifender Unterricht: Einführung in die Programmierung mit OpenSCAD

Dieses Kapitel widmet sich der Ausarbeitung eines geeigneten Unterrichtskonzepts für eine Einführung in den 3D Druck und das Modellieren anhand der Programmierung mit OpenSCAD. Um dieses ausgereifte Konzept zu erstellen, werden durch die vorhergehende Theoriercherche und eigener Erfahrungen, aus bereits für die Österreichische Gesellschaft für 3D Druck gehaltenen 3D Druck Workshops, zwei verschiedene Konzepte ausgearbeitet. Diese werden in zwei Informatikgruppen einer achten Schulstufe im GRG 3 Kundmannngasse, 1030 Wien getestet. Durch Action Research, Auswertung von Fragebögen der SchülerInnen der unterschiedlichen Gruppen und anschließender Reflexionen der Unterrichtskonzepte, wird ein optimiertes Konzept entwickelt. Dieses enthält dann jene Themenblöcke und Unterrichtsmethoden, die sich durch die Forschung als sinnvoll herausstellten, wird eventuell um Elemente, die von den SchülerInnen eingebracht werden, erweitert und enthält somit die besten Eigenschaften der ursprünglichen Unterrichtseinheiten. Um die gelungene Umsetzung des finalen Konzepts sicherzustellen, wird es einen weiteren Forschungsdurchgang geben, bei dem das Konzept an einer anderen Schulgruppe des GRG Kundmannngasse, ebenso eine 8. Schulstufe, getestet wird. Im Folgenden werden die Konzeptausarbeitungen und die Analyse meiner Forschung erläutert.

Fächerübergreifender Unterricht

Bei der Unterrichtskonzeptionierung habe ich mich dazu entschieden, einen fächerübergreifenden Unterricht zu gestalten, der eine Verbindung zwischen meinen beiden Studienfächern Mathematik und Informatik zeigen soll. In verschiedenen Ausbildungspraktika musste ich feststellen, dass die Motivation/Freude der SchülerInnen im Informatikunterricht wesentlich größer war, als im Mathematikunterricht, weswegen ich eine Kombination aus beidem als hervorragende Idee empfand.

Nach Zapletal lässt sich fächerübergreifender Unterricht wie folgt definieren:

„Fächerübergreifender Unterricht ist diejenige ökonomische (Stoffüberschneidungen fallen weg, Effizienz durch variierte Wiederholungen) Form des Unterrichts, bei der, unter Beibehaltung des Fächerkanons (Vorteile des Fachunterrichts bleiben erhalten), durch Kooperation der betroffenen Fachlehrer inhaltlich – methodische Bezüge, sowohl synchron als auch diachron, hergestellt werden, um die Differenz zwischen dem in Disziplinen gefächerten Wissen aufzuheben, damit Strukturen und Zusammenhänge der Wirklichkeit erkennbar werden (Zapletal 2010, S. 16).“

Wie auch im folgenden Kapitel (siehe Verankerung des Themas in den Lehrplänen - Informatik Seite 35) noch gezeigt wird, ist 3D Druck direkt bisher noch nicht im Lehrplan Informatik verankert. Die Kombination aus Programmieren, Algorithmen, Datenstrukturen und Vektoren im $\mathbb{R}^3$ bietet, meiner Meinung nach, dennoch die Rechtfertigung diese Technologie in den Schulunterricht aufzunehmen. Genau das ist, laut Fachliteratur, eine der Stärken des fächerübergreifenden Unterrichts:

„Fächerübergreifendes Lernen bietet neue Möglichkeiten, Unterrichtsthemen zu generieren, die im System der Schulfächer keinen Platz finden und deshalb keine Verankerung im Lehrplan haben. Die Erweiterung von Themen durch die Einbeziehung zusätzlicher fachlicher Perspektiven erlaubt es, komplexere Inhalte aufzugreifen, als es im Horizont einzelner Schulfächer möglich wäre (Duncker und Popp Walter 1997, S. 119).“

Wie aus den angeführten Definitionen hervorgeht, bietet der fächerübergreifende Unterricht vorerst eine Möglichkeit, 3D Druck und alle seine Komponenten in den heutigen Unterricht zu integrieren. Aus diesem Grund habe ich mich für diese Unterrichtsform entschieden.

Verankerung des Themas in den Lehrplänen

Die folgenden Ausschnitte aus den Lehrplänen der Informatik und Mathematik sollen als Richtlinie dafür dienen, für welche Klassen das aus dieser Arbeit resultierende Konzept angewendet werden kann. In keinem der Lehrpläne wird 3D Druck direkt angeführt, jedoch finden sich einige grundlegende Prinzipien des 3D Drucks in den Lehrplänen wieder.

Für die AHS Oberstufe ist der Unterricht über 3D Druck mit OpenSCAD, wie sich in den folgenden Lehrplanausschnitten zeigen wird, eher ab der 6. Klasse anzusiedeln.

Nachdem die Konzepte an SchülerInnengruppen eines Realgymnasiums getestet werden und die SchülerInnen bereits ein Jahr Informatikunterricht und Geometrie-Mathematik-Computer hatten, wurde der Unterricht, in Absprache mit den zuständigen LehrerInnen, für die 4. Klasse durchgeführt.

Informatik

Im Lehrplan des Wahlpflichtfachs Informatik lässt sich das Arbeiten mit der CAD Software OpenSCAD leicht verankern. In der Inhaltsdimension „Praktische Informatik“ findet sich folgende Beschreibung im Lehrplan der 6. Klasse AHS:

„Praktische Informatik

Algorithmen, Datenstrukturen und Programmierung

- Den Algorithmusbegriff erklären können
- Grundlegende Aufgaben und Problemstellungen algorithmisch und formalsprachlich in geeigneten Datenstrukturen beschreiben können
- Grundlegende Algorithmen entwerfen, diese formal darstellen, implementieren und testen können (RIS - Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 01.09.2017 2017)“

Mathematik

Ebenso lässt sich das Thema im Mathematikunterricht der 6. Klasse AHS finden:

„Vektoren und analytische Geometrie in $\mathbb{R}^3$; Vektoren in $\mathbb{R}^n$

- Die aus der zweidimensionalen analytischen Geometrie bekannten Begriffe und Methoden auf den dreidimensionalen Fall übertragen können (insbesondere Geraden durch Parameterdarstellungen beschreiben können)
- Normalvektoren ermitteln können; Ebenen durch Parameterdarstellungen bzw. Gleichungen (Normalvektordarstellungen) beschreiben können
- Lineare Gleichungssysteme in drei Variablen lösen können
- Vektoren in n und deren Rechenoperationen kennen, in Anwendungskontexten interpretieren und verständig einsetzen können (RIS - Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 01.09.2017 2017)“

Gemeinsamkeiten der Konzepte

Die beiden Konzepte, die zu beforschen sind, unterscheiden sich in den Unterrichtsmethoden, jedoch behandeln sie die gleichen Wissensinhalte, verfolgen die gleichen Ziele und sprechen dieselben Kompetenzen an. Um Wiederholungen zu vermeiden, werden die Gemeinsamkeiten von Konzept 1 und Konzept 2 hier nun für beide Konzepte dargelegt:

Zielgruppe

Für die Unterrichtsstunden am GRG Kundmannngasse, 1030 Wien wurden die folgenden Konzepte auf die 8. Schulstufe eines Realgymnasiums zugeschnitten. Durch Besprechungen mit den

InformatiklehrerInnen der jeweiligen Klassen ging hervor, dass die SchülerInnen bereits ab der 7. Schulstufe Informatikunterricht, Vorkenntnisse im Programmieren und in vorhergehenden Unterrichtseinheiten mit Java gearbeitet hatten. Aus diesem Grund wurden die Ausarbeitungen an diese Zielgruppe angepasst.

Nichtsdestotrotz sehe ich die folgenden Konzepte mit Adaptionen auch auf Unterrichtsstunden anderer Schulstufen oder Schultypen anwendbar:

Eine Möglichkeit, das Konzept für Schulklassen zu verwenden, die noch keine Vorerfahrungen mit dem Programmieren haben, wäre, statt der Modellierungssoftware OpenSCAD BlocksCAD zu verwenden. Für SchülerInnen, die zum ersten Mal Programmieren, bietet sich dieses CAD Programm an, da es mit Blöcken arbeitet.

Möchte man die SchülerInnen während des Modellierens der 3D Objekte (noch) nicht mit dem Programmieren konfrontieren, kann man sich auch für ein Tool wie zum Beispiel TinkerCAD entscheiden.

Inhalte

Sowohl Konzept 1 als auch Konzept 2 beschäftigt sich mit den folgenden Wissensinhalten rund um 3D Druck, der Modellierung mit OpenSCAD und deren Überschneidungen mit der räumlichen Koordinatengeometrie. Die genauen Themenblöcke sind die folgenden:

- Einführung in den 3D Druck
- 3D Druck Verfahren
- Der 3D Druckprozess
- Einführung in die Programmiersprache und -umgebung OpenSCAD
- Räumliche Koordinatengeometrie
- Slicing
- Arbeiten mit dem 3D Drucker
- Anwendungen des 3D Drucks

Zeitliche Abfolge, benötigte Zusatzmaterialien, ob die SchülerInnen aktiv oder passiv beteiligt sind, etc. sind in den ausführlichen Planungsmatrizen der einzelnen Konzepte ersichtlich(siehe Seite 42 und Seite 47). Eine genaue Erarbeitung der Informationen finden Sie in den jeweiligen Kapiteln des Theorieteils dieser Arbeit (siehe „Theoretischer Hintergrund für einen Unterricht mit 3D Druck“ ab Seite 4 und OpenSCAD Guide ab Seite 19), die mathematischen Inhalte werden im folgenden Kapitel besprochen.

Mathematischer Hintergrund

Die Verknüpfung des Informatikunterrichts mit der Mathematik, ist beim Thema 3D Druck und Modellieren mit OpenSCAD, meines Erachtens nach, sehr sinnvoll. Im Folgenden möchte ich die mathematischen Inhalte beschreiben, die ich in die Unterrichtskonzepte einfließen ließ. Es werden einige mathematische Definitionen aus dem Bereich der räumlichen Koordinatengeometrie gegeben und erklärt, wie sich dieses Wissen auf das Arbeiten mit OpenSCAD umlegen lässt.

Zunächst war es mir wichtig, mit den SchülerInnen die Bedeutung eines Koordinatensystems zu wiederholen bzw. zu besprechen (je nach Schulstufe ist bereits das Koordinatensystem in der Ebene oder auch bereits im Raum bekannt):

„Ein Koordinatensystem heißt kartesisches Koordinatensystem, wenn gilt:

1. Die Achsen sind 2 (3) paarweise aufeinander normal stehende Zahlengeraden und heißen Koordinatenachsen. Ihr gemeinsamer Schnittpunkt ist der Ursprung des Koordinatensystems. Er wird mit O bezeichnet.
2. Die Einheiten auf den Koordinatenachsen sind gleich.
3. Orientierung: Die positive x-Achse geht durch eine Linksdrehung um 90° in die positive y-Achse über. Die positive z-Achse entsteht aus der positiven y-Achse durch eine Linksdrehung um 90° in der yz-Ebene.

Mithilfe eines Koordinatensystems kann die Lage von Punkten und Vektoren in der Ebene oder im Raum eindeutig durch Zahlen – die so genannten Koordinaten – festgelegt werden. ... (Martin und Kopp 2006, S. 154)“

Bei einigen Befehlen in OpenSCAD ist es nötig mit Vektoren zu arbeiten, weswegen auch diese Definition hier angeführt wird:

„Vektor: Eine Menge gleich langer, paralleler und gleich orientierter Pfeile der Ebene (des Raums) heißt ein Vektor oder Ebene (des Raums). Ein Repräsentant dieser Menge heißt Vektorpfeil, kurz Pfeil (Martin und Kopp 2006, S. 154).“

Der Befehl translate ist meiner Meinung nach einer derjenigen, die man in OpenSCAD sehr oft einsetzt. Um diesen zu verstehen, ist es sinnvoll sich zuvor mit der mathematischen Definition der Translation zu beschäftigen und im Zuge dessen die Vektoraddition in Erinnerung zu rufen:

„Eine Abbildung, die jeden Punkt der Ebene in dieselbe Richtung um die gleiche Distanz verschiebt, nennt man Translation (oV, S. 1).“

„Für $(u_1, u_2), (v_1, v_2)$ in $\mathbb{R}^2$ (bzw. $(u_1, u_2, u_3), (v_1, v_2, v_3) \in \mathbb{R}^3$) definieren wir die Vektoraddition komponentenweise, d.h.

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} u_1 + v_1 \\ u_2 + v_2 \\ u_3 + v_3 \end{pmatrix}$$

Die Vektoraddition lässt sich als Verknüpfung zweier Translationen interpretieren (oV, S. 1).“

Das Skalieren eines Objektes kann in OpenSCAD auf verschiedene Weisen erfolgen. Eine davon ist es mit der skalaren Multiplikation zu arbeiten, jedoch kann durch Angabe eines Vektors auch nur entlang einer Achse gestreckt oder gestaucht werden. Auf jeden Fall ist eine passende Grundlage für diesen Befehl die skalare Multiplikation:

„Für einen Vektor (u_1, u_2) in $\mathbb{R}^2$ (bzw. $(u_1, u_2, u_3) \in \mathbb{R}^3$) und eine reelle Zahl α definieren wir die skalare Multiplikation komponentenweise, d.h.

$$\alpha \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} \alpha u_1 \\ \alpha u_2 \\ \alpha u_3 \end{pmatrix}$$

Die skalare Multiplikation streckt ($|\alpha| \geq 1$) bzw. staucht ($|\alpha| < 1$) einen Vektor... (oV, 1f)“

Wie genau man in diese mathematischen Themen eintaucht, lässt sich natürlich variieren. Ich empfehle die Anpassung an Schultyp, Schulstufe und Vorerfahrung der SchülerInnen, um diese weder zu unter- noch zu überfordern.

Ziele des Unterrichts

Das Ziel des Unterrichts ist es, den SchülerInnen die Welt des 3D Drucks näher zu bringen und ihnen dadurch einen motivierenden Zugang zum Modellieren von 3D Objekten in OpenSCAD und dem Umgang mit der dazugehörigen Koordinatengeometrie zu bieten.

Die genauen Ziele des Unterrichts setzen sich wie folgt zusammen:

Die SchülerInnen sollen...

- wissen was 3D Druck ist.
- Anwendungsgebiete des 3D Drucks kennen.
- wissen wie das Fused Filament Fabrication Verfahren funktioniert
- den Weg von der Idee zum fertigen 3D Objekt kennen.
- einfache Befehle von OpenSCAD anwenden können
- mit Vektoren im $\mathbb{R}^3$ umgehen können und diese für das Programmieren in OpenSCAD nutzen können.

Angesprochene Kompetenzen

Bei der Frage, welche Kompetenzen der SchülerInnen durch die folgenden Konzepte angesprochen werden sollen, möchte ich mich besonders auf die digitalen Kompetenzen fokussieren und beziehe mich daher auf die Inhalte der digi.komp Initiative.

In der Einteilung der digi.komp 8 finden sich folgende Kompetenzen, die durch das Arbeiten mit OpenSCAD angesprochen werden sollen:

- „Darstellung von Informationen
- Strukturieren von Daten
- Automatisierung von Handlungsanweisungen
- Koordination und Steuerung von Abläufen (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung 2016)“

Konzept 1

Konzept Nummer 1 testet einen klassischen Unterrichtsablauf ab, bei dem die Lehrperson den SchülerInnen den Theorieinput durch Frontalunterricht präsentiert. Die Einführung in den 3D Druck wird mittels der Themen 3D Druck allgemein, 3D Druck Verfahren, Druckprozess vermittelt. Anschließend werden die mathematischen Aspekte besprochen und OpenSCAD präsentiert.

Der zweite Block beschäftigt sich mit den folgenden Inhaltsblöcken: Modellieren der Objekte, das Slicingprogramm, der Druckvorgang selbst und die Anwendungen des 3D Drucks. Diese werden in einem linearen Ablauf nacheinander stattfinden.

Unterrichtsmethoden

Bei diesem Konzept möchte ich hauptsächlich den „klassischen“ Ansatz, den Frontalunterricht wählen.

Der Frontalunterricht ist, obwohl er einer der am häufigsten verwendeten Unterrichtsformen ist, mit einem eher negativen Ruf versehen. Sowohl bei SchülerInnen, als auch bei LehrerInnen ist die Wertschätzung eher gering (Meyer 1987, S. 187).

Doch schon Hilbert Meyer schrieb 1987 in seinen „Unterrichtsmethoden“: „Es wäre jedoch naiv, die ungebrochene Vorherrschaft des Frontalunterrichts einfach als Betriebsunfall zu betrachten (Meyer 1987, S. 188).“

Er sagt: „Frontalunterricht ist nicht zwangsläufig etwas Schlechtes, so wie Gruppenunterricht oder Projektarbeit nicht zwangsläufig und für jede Unterrichtssituation gut sind. Es gibt guten und schlechten Gruppenunterricht ebenso wie guten und schlechten Frontalunterricht (Meyer 1987, S. 193).“

So werde ich in meinem ersten Konzept, hauptsächlich diese Methode wählen um zu überprüfen, ob es eine geeignete Form des Unterrichts für das Lehren des Programmierens mit OpenSCAD ist, und es sich für eine Einführung in den 3D Druck eignet.

Zu diesem Zwecke, sei hier noch die Definition von Frontalunterricht nach Hilbert Meyer, auf die ich mich in meiner Arbeit beziehe, angeführt:

„Frontalunterricht ist ein zumeist thematisch orientierter und sprachlich vermittelter Unterricht, in dem der Lernverband (die >>Klasse<<) gemeinsam unterrichtet wird und in dem der Lehrer – zumindest dem Anspruch nach – die Arbeits-, Interaktions- und Kommunikationsprozesse steuert und kontrolliert (Meyer 1987, S. 183).“

Genauer Stundenaufbau

Datum: 12.02.2018

Uhrzeit: 14:00 – 15:40

Schulstufe: 8

Dauer	Inhalt	Beschreibung	Methode	Hilfsmittel
00:05	Begrüßung, Vorstellung	Wer bin ich? Was mache ich? Warum bind ich heute hier	frontal	
00:10	Fragebögen	S&S sollen Fragebögen zur Vorerfahrung ausfüllen	selbst	Fragebögen
00:05	Ablauf, Framing	Wie werden die nächsten Einheiten ablaufen. Welche Aufgaben haben die S&S. Welche Inhalte werden behandelt	Plenum	Präsentation, Beamer
00:05	Erwartungen, Regeln	Regeln des Unterrichts mit S&S erarbeiten, besprechen. Eventuell den Ablauf den Erwartungen anpassen.	Plenum	Whiteboard
00:15	Einführung 3D Druck	Schichtweiser Aufbau, Individualisierung, RepRap	frontal	Präsentation, Beamer
00:10	Verfahren	Gruppierung: Flüssigkeit, Pulver, Schmelzschichtung, Adrian Bowyer, FFF inklusive verwendetem Material genauer erklären	frontal	Präsentation, Beamer
00:00	Tipps und Tricks (Puffer)	Objekte so designen, dass sie gut zu drucken sind, wie viel Füllmaterial braucht man? Stützmaterial etc.	frontal	Präsentation, Beamer
00:10	Druckprozess und was ist G-Code?	Wie kommt man von der Idee zum Objekt, welche Formate werden bei Modellierung und dem Tatsächlichen Druck verwendet	frontal	Präsentation, Beamer
00:10	Räumliche Koordinatengeometrie	von 2D nach 3D, x-, y- und z-Achse, Punktvektoren	frontal	Whiteboard
00:20	Einführung in OpenSCAD	Aufbau, wichtige Befehle, Quellen zum Recherchieren siehe OpenSCAD Guide	frontal	OpenSCAD mit Beamer
00:10	Fragen?		Plenum	

Datum: 14.02.2018

Uhrzeit: 14:30 – 16:10

Schulstufe: 8

Dauer	Inhalt	Beschreibung	Methode	Hilfsmittel
00:15	Begrüßung und Wiederholung OpenSCAD	Wichtigste Fakten zusammenfassen, evtl. aufgekommene Fragen beantworten	frontal/Plenum	OpenSCAD, Beamer
00:30	Modellieren	S&S modellieren ihre eigenen Objekte	selbst	OpenSCAD, OpenSCAD-CheatSheet
00:10	Slicing	Einzelnen Gruppen die Slicing Software Cura zeigen und erklären, dass man damit das Objekt für den Druck vorbereiten kann	Gruppen	Cura
00:15	Drucken	S&S den Druckvorgang anhand des Druckers zeigen	Gruppen	3D Drucker, PrintaKit
00:10	Anwendungen	Privat, Industrie, Bildung. Verschiedenste Anwendungsgebiete	frontal	Präsentation, Beamer
00:10	Zusammenfassung	Wissen mit S&S festigen	Plenum	Whiteboard
00:10	Fragebögen und Verabschiedung	S&S füllen den abschließenden Fragebogen aus	selbst	Fragebögen

Unterlagen

Die Unterlagen zu Konzept 1 befinden sich im Anhang dieser Arbeit

- Handout für SchülerInnen auf Seite 96

Konzept 2

Konzept 2 setzt den Fokus auf die SchülerInnen. Im Vergleich zu Konzept 1 haben die SchülerInnen die Möglichkeit, sich einzelne Theoriegebiete selbst zu erarbeiten und diese der ganzen Gruppe zu präsentieren.

Im zweiten Block dürfen die SchülerInnen sich ihre Zeit je nach Interesse einteilen: Die Aktivitäten, Modellieren, Drucken, Slicing oder Anwendungen können sich die SchülerInnen je nach Vorliebe aussuchen.

Unterrichtsmethoden

Im Vergleich zu Konzept 1 sollen die SchülerInnen mehr Freiheiten in der Auswahl ihrer Aktivitäten haben. Im ersten Block findet Gruppenunterricht mit anschließenden Präsentationen zu den Themen 3D Druck allgemein, Fused Filament Fabrication und OpenSCAD statt.

„Gruppenunterricht ist eine Sozialform des Unterrichts, bei der durch die zeitlich begrenzte Teilung des Klassenverbandes in mehrere Abteilungen arbeitsfähige Kleingruppen entstehen, die gemeinsam an der von der Lehrerin gestellten oder selbst erarbeiteten Themenstellung arbeiten und deren Arbeitsergebnisse in späteren Unterrichtsphasen für den Klassenverband nutzbar gemacht werden können. Gruppenarbeit ist die in dieser Sozialform von den Schülerinnen und Lehrerin geleistete zielgerichtete Arbeit, soziale Interaktion und sprachliche Verständigung (Meyer 1987, S. 242).“

Wie die Definition von Hilbert Meyer bereits erwähnt, spielen in Gruppenarbeiten auch die Interaktion unter den SchülerInnen eine Rolle. Dies führt uns dazu, dass mit Konzept 2 auch einige der Learner-Centred Psychological Principles angesprochen werden:

„Principle 11: Social influences on learning. Learning is influenced by social interactions, interpersonal relations, and communication with others (Cornelius-White et al. 2013, S. 255).“

Im zweiten Block können sich die SchülerInnen ihre Zeit je nach Interesse an den einzelnen Aufgaben selbst einteilen. Nachdem die SchülerInnen ihren eigenen Interessen nachgehen können, wird dies hoffentlich auch ihre Lernmotivation steigern.

„Principle 7: Motivational and emotional influences on learning. What and how much is learned is influenced by the learner's motivation. Motivation to learn, in turn, is influenced by the individual's emotional states, beliefs, interests and goals, and habits of thinking (Cornelius-White et al. 2013, S. 255).“

Durch die unterschiedliche methodische Gestaltung der einzelnen Unterrichtsblöcke, sollen auch verschiedene Ansätze des Lernens für die SchülerInnen geboten werden.

„Principle 12: Individual differences in learning. Learners have different strategies, approaches, and capabilities for learning that are a function of prior experience and heredity (Cornelius-White et al. 2013, S. 254).“

Der genaue Stundenablauf sieht wie folgt aus:

Genauer Stundenaufbau

Datum: 13.02.2018

Uhrzeit: 14:30 – 16:10

Schulstufe: 8

Dauer	Inhalt	Beschreibung	Methode	Hilfsmittel
00:05	Begrüßung, Vorstellung	Wer bin ich? Was mache ich? Warum bind ich heute hier	frontal	
00:10	Fragebögen	S&S sollen Fragebögen zur Vorerfahrung ausfüllen	selbst	Fragebögen
00:05	Ablauf, Framing	Wie werden die nächsten Einheiten ablaufen. Welche Aufgaben haben die S&S. Welche Inhalte werden behandelt	Plenum	Präsentation, Beamer
00:05	Erwartungen, Regeln	Regeln des Unterrichts mit S&S erarbeiten, besprechen. Eventuell den Ablauf den Erwartungen anpassen.	Plenum	Whiteboard
00:05	Gruppenarbeit erklären	Fragestellung, Teams, Ablauf	frontal	Präsentation, Beamer
00:30	Rechercharbeit	Teams: 3D Druck allgemein, FFF, OpenSCAD (00:20 + 00:10 min Puffer)	Teams	googledrive Ordner, google Presentations
00:07	Gruppe 3D Allgemein Präsentation		Teams	googledrive Ordner, google Presentations
00:03	Ergänzungen	Schichtweiser Aufbau, Individualisierung, RepRap	Plenum	
00:07	Gruppe FFF		Teams	googledrive Ordner, google Presentations
00:03	Ergänzungen	Gruppierung: Flüssigkeit, Pulver, Schmelzschichtung, Adrian Bowyer, FFF inklusive verwendetem Material genauer erklären	Plenum	
00:10	Räumliche Koordinatengeometrie	von 2D nach 3D, x-, y- und z-Achse, Punktvektoren	frontal	Whiteboard
00:07	Gruppe OpenSCAD		Teams	googledrive Ordner, google Presentations
00:03	Ergänzungen	Aufbau, wichtige Befehle, Quellen zum Recherchieren siehe OpenSCAD Guide	Plenum	

Datum: 15.02.2018

Uhrzeit: 14:00 – 15:40

Schulstufe: 8

Dauer	Inhalt	Beschreibung	Methode	Hilfsmittel
00:15	Einleitung und Wiederholung	Inhalte der vorhergehenden Einheit, aufgekommene Fragen	Plenum	Zettel
00:10	OpenSCAD	Kurze Wiederholung von OpenSCAD	frontal	
00:05	Arbeitsauftrag	Den S&S soll erklärt werden, dass sie die Möglichkeit haben zu Modellieren, Drucken und Anwendungen des 3D Drucks kennenzulernen, Slicing		Cura, Präsentation Anwendungen, OpenSCAD, 3D Drucker
00:50	Modellieren	S&S modellieren ihre eigenen Objekte	Einzel	OpenSCAD
	Drucken	S&S den Druckvorgang anhand des Druckers zeigen	Gruppen	3D Drucker, PrintaKit
	Slicing	Einzelnen Gruppen die Slicing Software Cura zeigen und erklären, dass man damit das Objekt für den Druck vorbereiten kann	Gruppen	Cura, eigener Laptop
	Anwendungen	Privat, Industrie, Bildung. Verschiedenste Anwendungsgebiete	Einzel	Präsentation Anwendungen
00:10	Zusammenfassung	Wissen mit S&S festigen	Plenum	Präsentation/Whiteboard
00:10	Fragebögen und Verabschiedung	S&S füllen den abschließenden Fragebogen aus	Selbst	Fragebögen

Unterlagen

Die für diesen Unterricht erstellten Unterlagen befinden sich im Anhang dieser Arbeit.

- Angaben für die Gruppenpräsentationen zu folgenden Themen ab Seite 93
 - 3D Druck Allgemein
 - Fused Filament Fabrication Verfahren
 - OpenSCAD
- Handout für SchülerInnen auf Seite 96

Beforschung beider Konzepte

Um ein geeignetes Konzept für die Einführung in OpenSCAD und das Lehren von 3D Druck zu entwickeln, habe ich mich dazu entschieden, entlang von Action Research einen geeigneten Unterrichtsansatz zu erarbeiten.

Im Vergleich zu quantitativer Forschung, ist bei der Aktionsforschung das Problem oder die Frage breiter gefächert. Ein Ziel der Aktionsforschung ist es auch, die Erfahrungen der Teilnehmer zu erforschen und herauszufinden, wie diese dadurch beeinflusst werden. Dabei ist die Frage nach dem „Wie?“ im Vordergrund und nicht das „Was?“. Innerhalb des Rahmens der Aktionsforschung können aber genauso gut auch quantitative Forschungsmethoden eingesetzt werden, um Informationen für die Studie einzuholen (Stringer 2007, 19f).

Die Grundidee der action research wird im Folgenden beschrieben:

„Formally, then, action research, in its most effective forms, is phenomenological (focusing on people’s actual lived experience/reality), interpretive (focusing on their interpretation of acts and activities), and hermeneutic (incorporating the meaning people make of events in their lives). It provides the means by which stakeholders—those centrally affected by the issue investigated—explore their experience, gain greater clarity and understanding of events and activities, and use those extended understandings to construct effective solutions to the problem(s) on which the study was focused (Stringer 2007, S. 20).“

Die Definition von Stringer zeigt die Vielfältigkeit dieses methodischen Ansatzes, den ich mir für die Entwicklung des Unterrichtskonzepts, das in der vorliegenden Arbeit entwickelt und geprüft wird, zu Nutzen machen möchte.

Zur Aktionsforschung gibt es verschiedene Ansätze (Milton-Brkich et al. 2010, S. 48), auf zwei davon, möchte ich im Rahmen der vorliegenden Arbeit näher eingehen.

Das erste Beispiel ist „The action research process“ nach Dana und Yendol-Hoppey, das einen linearen Ablauf hat:

„The action research process.

1. Articulate a wondering
2. Collecting data to gain insights into the wondering
3. Analyzing data
4. Making improvements in practice based on findings
5. Sharing learning with others (Dana und Yendol-Hoppey 2009 zitiert nach Milton-Brkich et al. 2010)“

Eine weitere Methode der action research ist „The action research cycle.“ nach Ferrance. Wie die Bezeichnung schon verrät, handelt es sich um einen Kreislauf, der darauf abzielt mehrere Forschungsdurchgänge zu machen.



Abbildung 23: (Ferrance 2000, S. 9 zitiert nach Milton-Brkich et al. 2010)

Beide Ansätze enthalten Punkte, die ich für sehr wichtig empfinde, und mir in der Erarbeitung des Unterrichtsansatzes als Modell gedient haben. Nach Milton-Brkich ist ein Bestandteil der Forschung, das Teilen der neuen Erfahrungen/des neuen Wissens mit anderen, und dies ist auch das Ziel dieser Arbeit.

Der „action research cycle“ nach Ferrance bringt jedoch durch seinen Kreislauf eine Eigenschaft des Lehrkörpers hervor, die ich als essentiell für das Lehrerdasein sehe: die konstante Weiterentwicklung von Konzepten.

Daher werde ich mich beim Einsatz der Action Research zwar an den „Action Research Process“ nach DANA, N.F. und D. Yendol-Hoppey halten, aber diesen um das Element der einmaligen Wiederholung der Forschung, in einem erneuten Durchgang erweitern und mich somit auch an Ferrances „action research cycle“ orientieren. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte meiner Herangehensweise geschildert.

1. Articulate a wondering

Die Forschungsfrage dieser Arbeit ist gleichzeitig die Frage, die mithilfe der Action Research beantwortet werden soll:

„Welche Methoden eignen sich, um SchülerInnen bestmöglich an das Thema 3D Druck und das Erstellen von dreidimensionalen Objekten heranzuführen und inwiefern eignet sich das Tool OpenSCAD zur Einführung in die Modellierung?“

2. Collect data to gain insights into the wondering & 3. Analyzing data

Zu diesem Zweck wird die Wirkung der beiden ersten Konzepte mittels dreier verschiedener Ansätze erforscht.

Zum einen wurden Fragebögen erstellt, die sowohl die Vorerfahrung der SchülerInnen als auch die Eindrücke nach den Einheiten festhalten sollten. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Entwicklung der einzelnen Gruppen zu dokumentieren. Nachdem in beiden Gruppen zwar unterschiedliche Konzepte, aber gleiche Fragebögen verwendet wurden, werden auch die beiden Gruppen miteinander verglichen.

Durch Reflexionen werden die Eindrücke der Lehrperson während der Unterrichtsstunden festgehalten und ebenso in das neue Konzept eingearbeitet.

Um weitere Daten und Eindrücke der SchülerInnen einzufangen, haben die SchülerInnen schon während des Unterrichts die Möglichkeit anonyme Fragen zu stellen und Anmerkungen zu machen. Auch diese Daten, die besondere Interessen der SchülerInnen hervorbringen sollen, werden weiterverarbeitet.

Die genaue Ausführung wird in den Kapiteln:

- Fragebögen ab Seite 53
- Reflexion der Unterrichtsstunden ab Seite 59
- Anonyme Fragen der SchülerInnen ab Seite 64

erläutert.

4. Making improvements in practice based on findings

Die zuvor analysierten Daten sollen dazu dienen ein neues, verbessertes Unterrichtskonzept zu erstellen, in welchem jene Unterrichtsblöcke, die sich laut entwickelter Daten als sinnvoll erwiesen, enthalten sind.

Anstatt sofort zu Punkt 5 überzugehen, wird an dieser Stelle noch einmal bei Schritt 2 gestartet, um das finale Konzept an einer weiteren Schulgruppe zu testen und die neu erworbenen Daten auszuwerten. Zu guter Letzt tritt Punkt 5 ein.

5. Sharing learning with others

Das Ziel dieser Arbeit ist es, meine Erfahrungen aus den Unterrichtsstunden und die Erforschung der Konzepte weiterzugeben.

Fragebögen

Um anonyme Daten der SchülerInnen zu sammeln, wurden zwei verschiedene Fragebögen entwickelt, die einerseits dazu dienen sollen, Vergleiche zwischen den Unterrichtsgruppen und damit den Konzepten 1 und 2 machen zu können, andererseits wurden sie dahingehend entworfen, um Vorher-Nachher-Vergleiche des Wissens der SchülerInnen zu ermitteln. Die Fragebögen selbst befinden sich im Anhang dieser Arbeit. Um einen Überblick darüber zu geben, wird in diesem Kapitel beschrieben, welches Wissen, Einschätzungen und Feedback die Fragebögen ermitteln sollen. Die Auswertungen folgen im anschließenden Kapitel.

Mithilfe des Fragebogens „Vorerfahrung“ soll festgestellt werden, was die SchülerInnen bereits vor den Unterrichtseinheiten über 3D Druck, die verschiedenen Druckverfahren und die Anwendungen des 3D Drucks wussten. Ebenso sollte festgestellt werden, ob die SchülerInnen schon einmal mit dem Programm OpenSCAD in Berührung kamen, oder bereits damit gearbeitet hatten. Ein weiterer Punkt des Fragebogens beschäftigt sich mit dem Einzeichnen eines Quaders, um sich ein Bild über das räumliche Vorstellungsvermögen der SchülerInnen machen zu können.

Der zweite Fragebogen „Eindrücke nach den Einheiten“ setzt sich mit dem Wissen der SchülerInnen nach den Unterrichtseinheiten auseinander. Eine offene Frage zu 3D Druck allgemein, sollte klären, ob

die SchülerInnen eine Grundidee zum Thema 3D Druck aus den stattgefunden Unterrichtsstunden mitgenommen haben.

Zusätzlich wurden die SchülerInnen um Feedback gebeten, um festzustellen, was ihnen besonders gut, oder eher weniger an den Unterrichtseinheiten gefallen hatte.

Die weiteren Fragen forderten die SchülerInnen dazu auf, ihr eigenes Wissen zu Anwendungen des 3D Drucks, OpenSCAD, 3D Druck Verfahren und dem Weg von der Idee zum gedruckten 3D Objekt einzuschätzen.

Zu guter Letzt wurden die SchülerInnen erneut um das Einzeichnen des Quaders aufgefordert, um einen Vorher-Nachher-Vergleich ihres räumlichen Vorstellungsvermögens zu ermöglichen.

Die wichtigsten Erkenntnisse aus diesen Daten werden im folgenden Kapitel erläutert, die genauen Auswertungen befinden sich im Anhang dieser Arbeit.

Auswertung der Fragebögen

Die Auswertung der Fragebögen fand auf zwei unterschiedliche Arten statt. Zum einen werden die Fragebögen „Vorerfahrung“ und „Eindrücke nach den Einheiten“ dahingehend ausgewertet, um den Fortschritt der einzelnen Gruppen festzustellen. Zum anderen werden Gruppe 1 und Gruppe 2 miteinander verglichen, um die unterschiedliche Wirkung von Konzept 1 und Konzept 2 herauslesen zu können.

In einem ersten Schritt werden an dieser Stelle die Ergebnisse des Vergleichs der Gruppe 1 mit Gruppe 2 dargestellt.

Beim Vergleich der Unterrichtsgruppe 1 und Unterrichtsgruppe 2 lag das Hauptaugenmerk auf jenen Unterrichtsphasen, die sich methodisch unterschieden. Daher wurden die SchülerInnen befragt, wie sie ihr eigenes Wissen zu folgenden Themen selbst einschätzen:

- Wie gelangt man von der Idee zum fertigen 3D Objekt?
- Wie funktioniert das Fused Filament Fabrication Verfahren?
- Wie einfach ist es den Umgang mit OpenSCAD zu erlernen?

Die Ergebnisse zu den ersten beiden Themen fielen eher unauffällig aus:

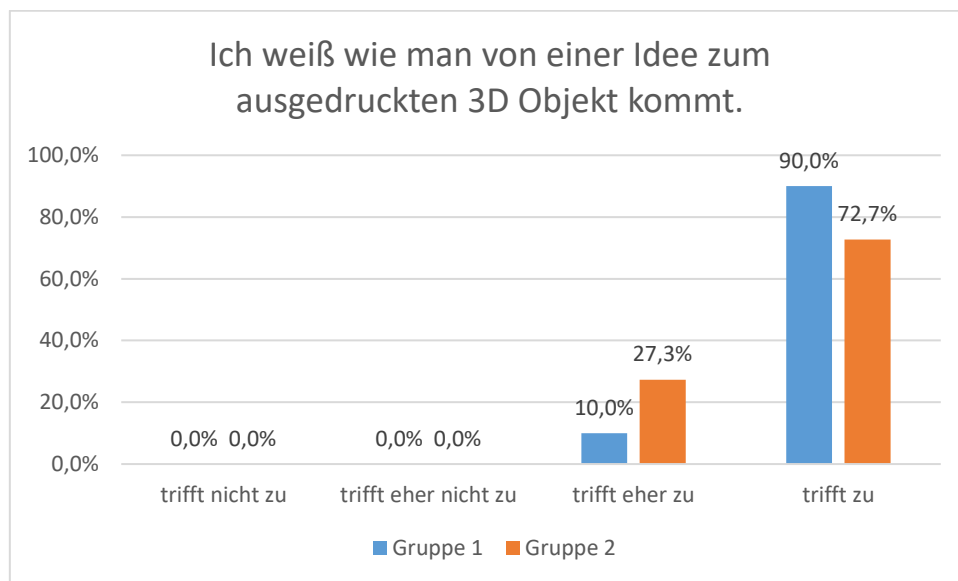


Abbildung 24

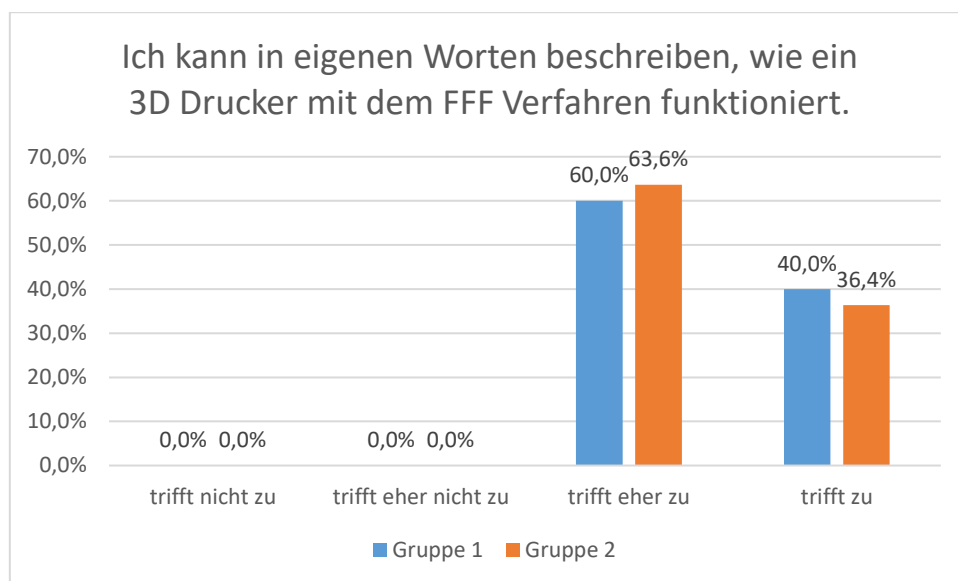


Abbildung 25

Ein erster Blick auf das Ergebnis zur Frage „Wie gelange ich von der Idee zum fertigen 3D Objekt?“ zeigt, dass sich in diesem Fall kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 ergibt. Ähnlich fielen die Rückmeldungen zur Frage, ob die SchülerInnen die Anwendung des FFF-Verfahrens erklären können aus. In beiden Gruppen schätze sich die Mehrheit der SchülerInnen so ein, dass sie sich eher zutrauen das FFF Verfahren zu beschreiben.

Beim Auswerten der Fragebögen fiel außerdem auf, dass einige TeilnehmerInnen der Gruppe 2 das selbständige Arbeiten welches durch Konzept 2 möglich wurde, positiv hervorhoben (siehe Abbildung 26). Aus diesem Grund werde ich die Gruppenpräsentationen für die Themen „3D Druck Allgemein“

und „FFF Verfahren“ in das finale Konzept übernehmen. Wie aus Abbildung 18 hervorgeht, hat den SchülerInnen sowohl das Modellieren als auch das selbstständige Arbeiten im Unterricht am besten gefallen.

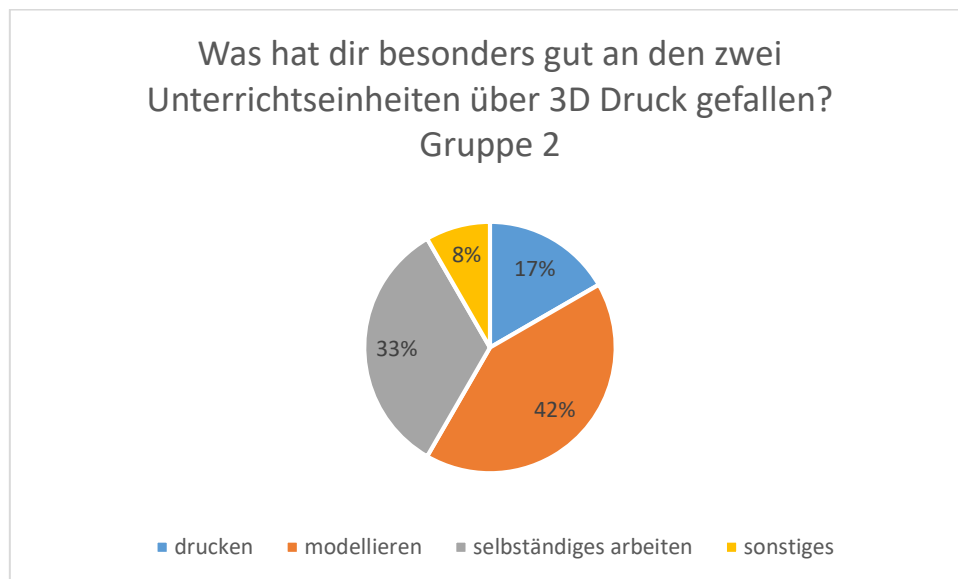


Abbildung 26

Eine weitere Frage beschäftigte sich damit, ob den SchülerInnen das Erlernen von OpenSCAD eher schwer oder leicht fiel. Bei der Erfassung der Vorerfahrungen der SchülerInnen zeigte sich, dass 13% der SchülerInnen das Programm zwar kennen, aber keine/r der SchülerInnen vor dem Stattfinden der Unterrichtseinheiten schon einmal mit OpenSCAD gearbeitet hatte (siehe Abbildung 27).

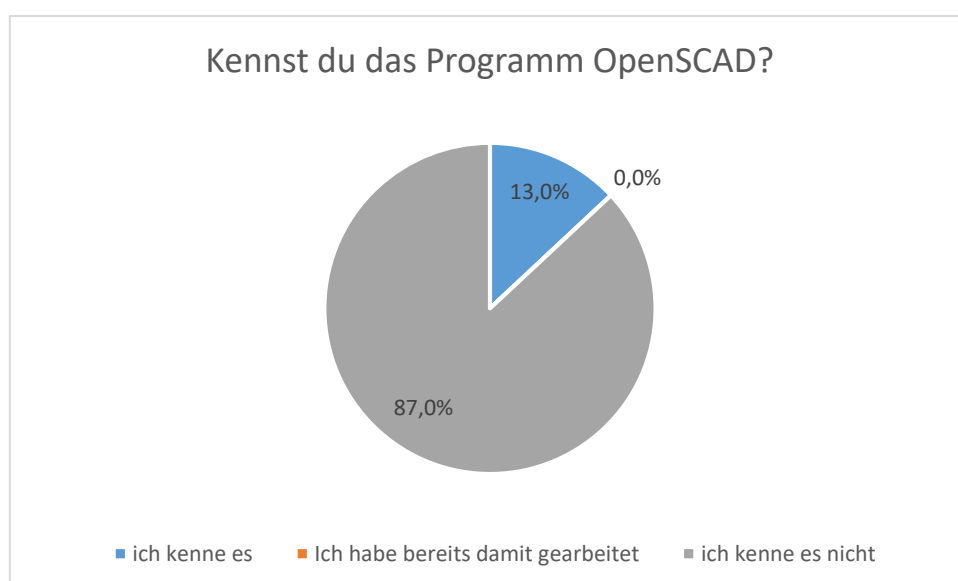


Abbildung 27

Umso interessanter die Frage, als wie anspruchsvoll die SchülerInnen das Erlernen dieses Programms empfanden:

In Abbildung 28 ist zu erkennen, dass Gruppe 1 sich wesentlich leichter beim Erlernen der Programmiersprache und -umgebung tat, als Gruppe 2.

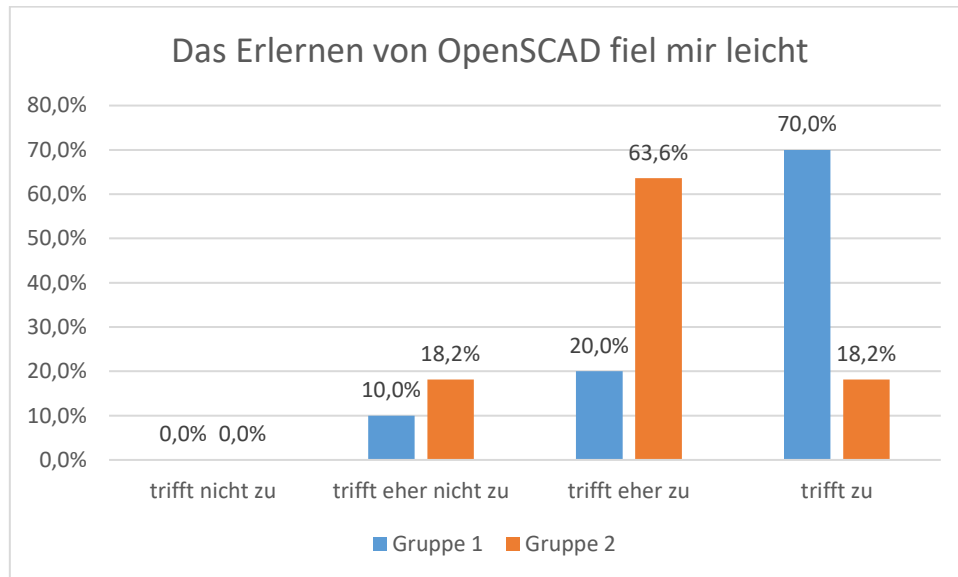


Abbildung 28

Die große Mehrheit der SchülerInnen der Gruppe 1 empfand das Lernen von OpenSCAD als leicht, während die SchülerInnen der Gruppe 2 zwar das Erlernen auch eher als einfach empfanden, aber eher weniger sich wirklich eine eindeutige Aussage zu treffen wagten.

Wie auch in meiner eigenen Reflexion zu lesen ist, fiel mir auf, dass diese Aufgabe für eine Gruppenarbeit zu schwierig oder umfangreich für die SchülerInnen war, um sich in der vorgesehenen Vorbereitungszeit auf die Gruppenpräsentation vorzubereiten und diese dann auch den anderen MitschülerInnen sinnvoll zu präsentieren.

Für das finale Konzept, wird der Unterrichtsblock zum Thema OpenSCAD somit wieder lehrerzentriert stattfinden, um das vollständige Verständnis der Programmierumgebung und -sprache für die SchülerInnen zu gewährleisten.

Sowohl in Gruppe 1 als auch in Gruppe 2 bewertete die Mehrheit der SchülerInnen das Modellieren eigener Objekte und das anschließende Drucken als besonders positiv (siehe Abbildung 26 und Abbildung 29).

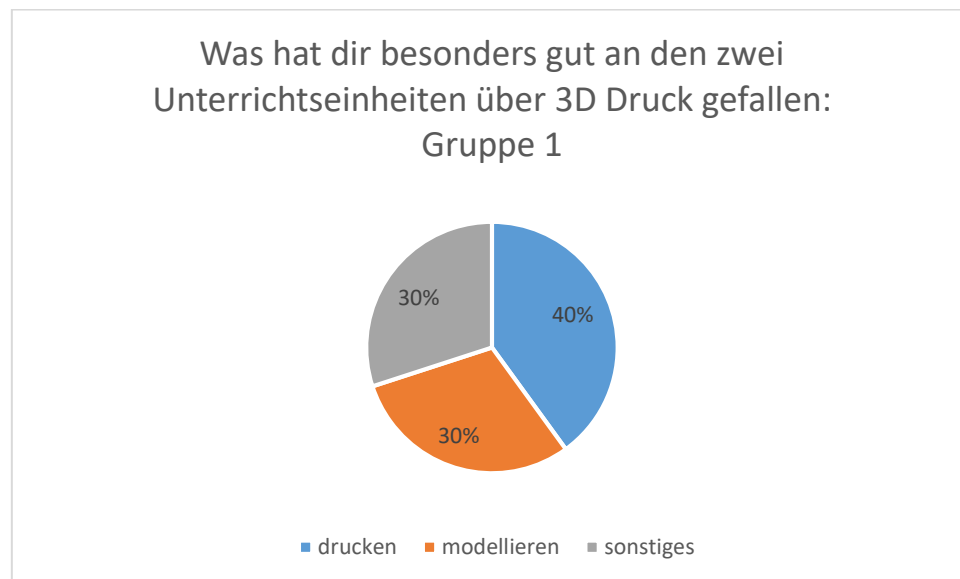


Abbildung 29

Als logische Konsequenz dieser Beobachtung werde ich diese beiden Unterrichtsphasen für das finale Konzept so belassen, wie sie bereits in Konzept 1 & 2 stattgefunden haben.

Reflexion der Unterrichtsstunden

Um die Erfahrung der Lehrperson einzufangen, wurde nach jedem Unterrichtsblock eine schriftliche Reflexion verfasst. Diese werden als Teil dieser Arbeit hier angeführt, um einen Eindruck über den Verlauf der Unterrichtsstunden zu vermitteln.

Gruppe 1 Einheit 1

Unterrichtsstunde 12.02.2018, 14:00 – 15:40

Schulstufe: 8

Anzahl der SchülerInnen: 12

Am 12.02.2018 von 14:00 – 15:40 hielt ich den ersten Unterrichtsblock zum Thema „Einführung in den 3D Druck und Programmierung mit OpenSCAD“ mit Konzept 1. Es waren 12 SchülerInnen anwesend.

Prof. Synek eröffnete die Stunde und übergab dann das Wort an mich.

Ich stellte mich selbst vor und die SchülerInnengruppe wirkte auf mich sehr offen und ich fühlte mich gleich sehr wohl.

Zunächst erklärte ich alles „Organisatorische“. Ich bat die SchülerInnen darum, sich Namenssticker auf die Kleidung zu kleben, sich zu melden, wenn sie Fragen hatten, und auch den Vorerfahrungsfragebogen für meine Diplomarbeit auszufüllen.

Zu Beginn des Unterrichts gab ich eine Übersicht darüber, wie der heutige Unterrichtsblock ablaufen würde und auch einen groben Ausblick auf die Stunden am Mittwoch.

Diese Einheit war sehr lehrerzentriert geplant. Somit begann ich mit meinem Theorieinput zum 3D Druck allgemein. Ich fühlte mich voller Energie und trug meine Informationen begeistert vor. Die SchülerInnen wirkten sehr interessiert.

Zwischendurch machte ich immer wieder Pausen um etwaige Fragen der SchülerInnen einzuholen.

Der nächste Teil beschäftigte sich mit den verschiedenen 3D Druck Verfahren. Nachdem die SchülerInnen sehr interessiert waren und wir noch ein bisschen mehr Zeit für diesen Teil des Unterrichts hatten, beschloss ich spontan einen Druckvorgang an den mitgebrachten Druckern zu starten, um den SchülerInnen den Vorgang direkt am Gerät vorzuzeigen. Für einige war es der erste 3D Druck, den sie in ihrem Leben live gesehen hatten, und somit war die Begeisterung groß!

Danach war es etwas schwierig die SchülerInnen wieder in Ruhe zu ihren Plätzen zurückzubringen, doch nach kurzer Zeit gelang auch dies.

Als größten Punkt der Einheit war das Programmieren mit OpenSCAD gedacht. Ich gab zu Beginn eine Vorführung mit den wichtigsten Befehlen und ließ die SchülerInnen gleich mitmachen, damit sie diese auch als „Muster“ beim selbst modellieren dann vor sich hatten. Durch die vorhergehende mathematische Einleitung, die sich mit Vektoren im Raum beschäftigte, war es den SchülerInnen gut möglich mit Befehlen wie `translate`, `cube`, etc. umzugehen.

Ich war überrascht, wie schnell sich die SchülerInnen in OpenSCAD zurecht gefunden haben. Zur Sicherheit hatte ich im Vorhinein einen vorgefertigten OpenSCAD-Arbeitsauftrag ausgearbeitet, doch nachdem die SchülerInnen bereits kreative Ideen zum selbst modellieren hatten, wollte ich den individuellen Flow nicht unterbrechen. Die SchülerInnen durften ein eigenes Objekt modellieren, das in der nächsten Einheit ausgedruckt wird.

Alles in allem eine gelungene Stunde, wobei mir vorkam, als wäre der Theorieteil mit Frontalvortrag etwas zu lange für die SchülerInnen gewesen, um aufmerksam zuzuhören. Die selbstmodellierten Objekte haben mich dafür umso mehr begeistert. Ich freue mich schon sehr auf das Drucken am Mittwoch.

Gruppe 1 Einheit 2

Unterrichtsstunde 14.02.2018, 14:30 – 16:10

Schulstufe: 8

SchülerInnen: 10

Am 14.02.2018 fand Unterrichtsblock 2 von Konzept 1 statt. Geplant war es, mit den SchülerInnen die Modellierung ihres Objekts fertig zu stellen, den Ablauf von der Idee zum fertig gedruckten Objekt zu besprechen, den Druckvorgang an den Druckern vorzuzeigen und abschließend noch die Anwendungen des 3D Drucks zu besprechen.

Nachdem die SchülerInnen den PC-Raum betraten, kamen einige auf mich zu und hatten Fragen zum 3D Druck. Dadurch wurde ich darauf aufmerksam, dass sie sich sehr viel zu dem Thema überlegt hatten und einige Themen, die sie interessierte, nicht in meinen vorbereiteten Inhalten vorkamen.

Deswegen beschloss ich den Unterricht ein bisschen zu verändern und bot den SchülerInnen an, ihre Fragen aufzuschreiben und mir abzugeben. Diese nahm ich entgegen und besprach sie dann in der Gruppe mit den SchülerInnen.

Ich war sehr positiv überrascht, wie sehr sie sich mit dem Thema anscheinend auch zwischenzeitlich auseinander gesetzt hatten und, dass die Fragen auch wirklich in die Tiefe der Thematik gingen. Kurzerhand beschloss ich diesen Teil des Unterrichts für das Konzept zu übernehmen.

Im Anschluss ging es ans Modellieren. Die SchülerInnen arbeiteten hier sehr selbständig. Manchmal kamen Fragen auf, die ich direkt für alle beantwortete und dann auch per Beamer vorzeigte. Ich war begeistert davon, dass sich die SchülerInnen so schnell allein zurechtfinden und sie mit dem Basiswissen über OpenSCAD tolle Objekte produzierten (siehe Abbildung 30).

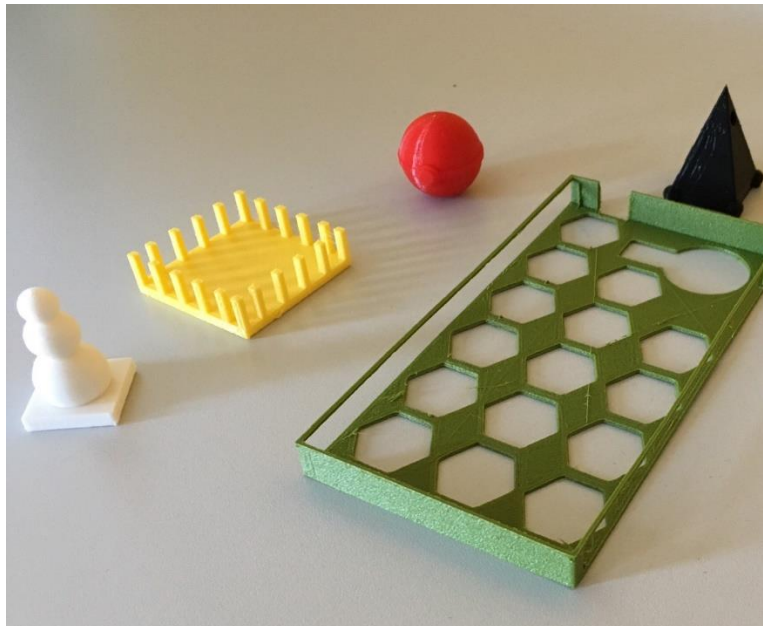


Abbildung 30

Den SchülerInnen den 3D Druck ihrer eigenen Objekte zu zeigen ist auch für mich immer wieder ein Highlight: Die Begeisterung etwas selbst Entworfenes plötzlich in Händen zu halten ist immer sehr groß. Auch das Verfahren, das man zuerst nur theoretisch kennt, live zu sehen ist für die SchülerInnen immer sehr wichtig. Besonders begeistert waren sie, weil sie selbst den Druck starten und die Objekte von der Platte entfernen durften.

Unterrichtsstunde 13.02.2018, 14:30 – 15:10

Schulstufe: 8

SchülerInnen: 11

Der Unterricht für die zweite Gruppe im GRG 3 Kundmannngasse lief sehr entspannt ab. Herr Leutgeb stellte einen schönen Rahmen her und überließ mir dann das Wort. Ich stellte mich kurz vor, um den SchülerInnen zu erklären, warum ich überhaupt den 3D Druck Unterricht mit ihnen machte. Ich erklärte den SchülerInnen auch, dass sie Namensschilder tragen sollten, meine Fragebögen ausfüllen müssen und, dass sie jederzeit Fragen stellen konnten. Sie hörten aufmerksam zu und waren auch mit diesen Vorschlägen einverstanden.

Als der Unterricht dann begann, erklärte ich den SchülerInnen den Ablauf dieser Einheit und gab ihnen auch eine kurze Vorschau auf die kommende Einheit am 15.02.2018.

Für diese Einheit habe ich den Unterricht viel offener gestaltet. Um Unklarheiten zu vermeiden, erklärte ich sehr genau, wie die Gruppenarbeit mit anschließender Präsentation ablaufen sollte. Nachdem ich die SchülerInnen fragte, ob es noch Fragen gäbe, verneinten diese und wir begannen mit der Gruppeneinteilung. Dafür hatte ich mir eine eigene Methode überlegt, die ich aber spontan verwarf, nachdem die SchülerInnen bereits an ihren Computern saßen und mit ihrem Benutzer angemeldet waren. Um nicht unnötig Zeit zu verschwenden, ließ ich sie in den durch Sitzgruppierung bereits geformten Gruppen arbeiten.

Die Gruppenarbeit selbst lief wie gewünscht ab. Die SchülerInnen bekamen von mir Links auf denen sie nach Informationen suchen sollten. Um den SchülerInnen die Möglichkeit zu geben, auch verschiedene Dinge auszuprobieren und Erfahrungen zu sammeln, durften sie Slicer, 3D Drucker, OpenSCAD oder die mitgebrachten Objekte für ihre Recherche und Präsentationen verwenden.

Aus gutem Grund hatte ich im Vorhinein für die Recherchezeit 10min Puffer eingerechnet, die die SchülerInnen auch wirklich brauchten, um die gefundene Information in präsentable Form zu bringen.

Was mir an der Recherche besonders gut gefiel, war, dass die SchülerInnen oft sehr spezifische Fragen stellten und auch oft genau in die Richtung recherchierten, wie ich es selbst auch gemacht hätte. Ihre Arbeit hat mich schwer begeistert.

Die Präsentationen waren für mich das Highlight der Stunde. Ich fand es super, dass sich die SchülerInnen gut darauf vorbereitet hatten und war überrascht, dass sie es geschafft haben, die

wichtigsten Stichworte zu ihrem jeweiligen Thema zu erwähnen. Nach jeder Präsentation nahm ich mir Zeit noch ein paar Fakten zu ergänzen, bzw. das bereits gesagt noch zu festigen und zu wiederholen.

Eine Gruppe stellte auch das Programm OpenSCAD vor. Mir gefiel zwar, dass sie von Grund auf gut mit der Software arbeiten konnten, trotzdem war es schwierig für sie, die wichtigsten Informationen herauszufiltern. Ich ergänzte im Nachhinein noch einige Befehle, damit die anderen SchülerInnen beim weiteren Verlauf, dem Modellieren, keine Schwierigkeiten mit dem Programm bekamen.

Nichts desto trotz fiel mir auf, dass das Modellieren schleppender verlief als bei Gruppe 1 am Montag und viele Fragen aufkamen. Eventuell lag dies auch daran, dass der mathematische Teil, den ich vor der Präsentation über OpenSCAD einbrachte, von den SchülerInnen nicht mit den Befehlen von OpenSCAD verknüpft werden konnte. Weswegen ich diesen Block überdenken möchte.

Abschließend speicherten die SchülerInnen ihre Modellversuche, damit sie diese am Donnerstag fertigstellen können.

Allgemein war ich mit der Zeiteinteilung dieser Einheit sehr zufrieden. Es ist alles genauso abgelaufen wie geplant.

Die SchülerInnen waren motiviert bei der Sache und soweit ich es als Lehrperson einschätzen kann auch nie gelangweilt, bis auf die Präsentation über OpenSCAD weder über- noch unterfordert.

Eine sehr gelungene Einheit, die mir sehr viel Spaß gemacht hat.

Gruppe 2 Einheit 2

Unterrichtsstunde 15.02.2018, 14:00 – 15:40

Schulstufe: 8

SchülerInnen: 11

Nachdem die Fragerunde bei Gruppe 1 Block 2 so erfolgreich war und auch von den SchülerInnen so gut angenommen wurde, übernahm ich diese auch in das Konzept der zweiten Gruppe.

Das etwas andere Konzept von Gruppe 2 hat mich in der zweiten Einheit eingeholt. Dadurch, dass eine Gruppe der SchülerInnen OpenSCAD selbst vorgezeigt hat, waren noch einige Fragen dazu offen.

Als Konsequenz musste ich noch einige Zeit dazu verwenden den SchülerInnen einige Befehle zu erklären und vorzuzeigen. Auch während des Modellierens kamen noch viele Fragen auf. Es zeigte sich also, dass sich dieser Themenblock nicht zum selbst Erarbeiten eignete.

Nachdem die SchülerInnen für das Modellieren und Drucken auch unterschiedlich lange Zeit brauchen, war es bei diesem Unterrichtskonzept sehr hilfreich, dass die SchülerInnen, die bereits fertig waren bzw. einen „Leerlauf“ hatten, mittels einer vorgefertigten Präsentation die Anwendungen des 3D Drucks durchgehen konnten. Die Präsentation bestand aus einigen Videos, sodass die SchülerInnen ohne Anleitung viele Informationen mitnehmen konnten. Dies erleichterte mir auch das Vorbereiten der Drucke, weil die SchülerInnen gut beschäftigt waren. Ebenso hatten sie die Möglichkeit, sich bei mir über das Slicing zu informieren, bzw. die Einstellungen für die Drucke selbst zu machen. Ich hatte das Gefühl, dass dies den SchülerInnen sehr gut gefiel, weil sie ihre Zeit nach ihren eigenen Interessen einteilen konnten.

Trotz der etwas chaotischen Einführung in OpenSCAD, konnten die SchülerInnen schöne Objekte erzeugen und hatten auch große Freude mit ihren neuen Erschaffungen.



Abbildung 31

Zu guter Letzt besprachen wir die gesammelten Erfahrungen beim Modellieren, Slicing und Drucken und die neuen Informationen über die Anwendungen des 3D Drucks noch in der Gruppe durch, um alle SchülerInnen auf den gleichen Stand zu bringen und das Wissen zu festigen.

Zusammenfassung der Reflexionen

Aus den Reflexionen der Unterrichtsstunden zog ich folgende Schlüsse.

Die Gruppenpräsentationen

Die SchülerInnen waren mit Freude an der Präsentationsvorbereitung dabei und recherchierten gründlich. Die Motivation eine gelungene Präsentation zu machen, war meinem Eindruck nach sehr groß. Bei Gruppe 1 hatte ich manchmal das Gefühl, dass der Theorieteil zu lange war, die SchülerInnen

meinem Frontalvortrag nicht mehr folgen wollten, weswegen ich die Gruppenarbeiten mit Präsentationen in das finale Konzept übernehmen möchte.

Die Einführung in OpenSCAD allerdings, sollte auf jeden Fall lehrerInnenzentriert stattfinden, da meines Eindrucks nach das Modellieren für die SchülerInnen der Gruppe 1 wesentlich einfacher war, als für die der Gruppe 2.

Freie Zeiteinteilung

Im zweiten Block des zweiten Konzepts, konnten sich die SchülerInnen freier bewegen. Sie konnten selbst entscheiden, für welches Gebiet sie sich mehr Zeit nehmen wollten. Dadurch waren sie entweder länger mit dem Modellieren, dem Slicen, dem Beobachten des Druckers und somit dem Verinnerlichen des FFF-Verfahrens, oder mit den Anwendungen des 3D Drucks beschäftigt. Dies hatte meiner Ansicht nach eine positive Auswirkung auf das Geschehen im Unterricht, da die SchülerInnen sehr motiviert wirkten und auch für mich als Lehrperson war die Aufteilung der SchülerInnen sehr angenehm, weil ich somit auf ihre jeweiligen Fragen genauer eingehen konnte.

Anonyme Fragen

Bewährt hat sich auf jeden Fall das Einführen der Fragerunde am Anfang der zweiten Doppeleinheit, weil es mir dadurch möglich war, eventuell nicht behandelte Themen, die die SchülerInnen begeisterten und interessierten doch noch in den Unterricht einzubringen. Eine weitere Auswertung folgt daher im nächsten Kapitel (siehe Anonyme Fragen der SchülerInnen 65).

Anonyme Fragen der SchülerInnen

Die Fragen waren vielseitig und gaben mir als Lehrperson auch ein Feedback über die einzelnen Interessen der SchülerInnen. Aus den verschiedenen Fragen der SchülerInnen (siehe „Gesammelte Fragen der SchülerInnen“ S.111) konnten drei wesentliche Themengebiete herausgearbeitet werden, für die sich die SchülerInnen besonders interessierten:

1. Die Größe der gedruckten Objekte

Fragen der SchülerInnen wie zum Beispiel „Was ist die max. Größe einer Figur?“ oder „Wie kann man größere Objekte drucken“ zeigten Interesse an den technischen Daten eines 3D Druckers. Die genauen Maße des Bauraums der mitgebrachten Drucker waren für die SchülerInnen von großem Interesse und auch die folgenden Fragen beschäftigten sich sehr mit den Eigenschaften des 3D Druckers selbst.

2. Die Kosten und Marken der 3D Drucker

„Wie viel kostet ein 3D-Drucker? (Der Beste?)“ wollte ein/e Schüler/in wissen. „Bei welcher Preisklasse sollte man beginnen bei einem Kauf eines 3D-Druckers?“ interessierte eine/n andere/n. Diese Fragen führten mich zu...

3. Materialien zum 3D Drucken

„Was ist das beste Material zum Modell-drucken?“ und „Ist es möglich ein Objekt in mehreren Farben zu drucken?“ zeigten Interesse an den verschiedenen 3D Druck Materialien, bzw. auch daran, welche Materialien mit welchen Druckverfahren zu bearbeiten sind.

Die Fragen und Anregungen der SchülerInnen waren sehr anregend um diese in das finale Konzept einzubauen. Daher wurde ein neuer Themenblock namens „Rund um den Drucker“ erstellt, der zur zweiten Doppeleinheit des finalen Konzepts hinzugefügt wurde.

Die drei oben genannten Themengebiete, wurden zu diesem Zweck zu einem Themenblock zusammengefasst. Dieser beschäftigt sich damit, welche verschiedenen Drucker von welchen Herstellern angeboten werden, zu welchen Preisen diese erhältlich sind, welche Materialien verwendet werden können und welche verschiedenen Maße die Bauräume der vorgestellten Drucker haben. Dieser Themenblock wird im Anschluss an die Frage- und Wiederholungsrunde präsentiert, um einen fließenden Übergang der Fragen der SchülerInnen in die Thematik zu gewähren.

Finales Konzept

In diesem Kapitel, wird das neu erarbeitete Konzept präsentiert. Zunächst werden neue Theorieinhalte beschrieben, die in den Unterricht miteingebunden werden. Diese Inhalte werden in den Unterrichtsstunden als Thema „Rund um den Drucker“ an den Anfang des zweiten Blocks gestellt, wie auch aus der zugehörigen Planungsmatrix hervorgeht.

Im Anschluss wird zusammengefasst, welche Methoden nach der Beforschung von Konzept 1 und 2 für den jeweiligen Inhaltsblock des finalen Konzepts ausgewählt wurden.

Die darauffolgende Planungsmatrix soll einen Überblick über den Unterrichtsablauf des finalen Konzepts geben, welches ebenso wie Konzept 1 und 2, beforscht wurde. Die Ergebnisse befinden sich im Kapitel „Überprüfung des finalen Konzepts“.

Neue Inhalte

Wie aus der Beforschung der Konzepte 1 und 2 hervorging, (siehe Kapitel Anonyme Fragen der SchülerInnen Seite 65) waren die SchülerInnen der befragten Gruppen an drei Themen besonders interessiert, deren Theorieerarbeitung ich hier nachreichen möchte:

1. Die Größe der gedruckten Objekte

Wie groß die Objekte sind, die man mit einem 3D Drucker herstellen kann, kommt auf die Maße des jeweiligen Bauraums an. Die genauen technischen Angaben der 3D Drucker Ultimaker 2+ und RF 100 wurden bereits im Kapitel 3D Drucker im Theorieteil dieser Arbeit besprochen. Es gibt aber auch Druckverfahren und Drucker, die große Objekte erstellen bzw. produzieren können. Dazu hier zwei Beispiele:

Das Startup ICON und die Firma New Story haben zusammen ein ganzes Haus mittels 3D Druck erschaffen, das ungefähr 60m² groß ist (Ramirez 2018).

Im Alpnacher Forschungszentrum CSEM in der Schweiz wird an einem 3D Drucker namens „Kraken“ gearbeitet, der mit einem 20m langem Roboterarm arbeitet (Krämer 2018).

2. Die Kosten und Marken der 3D Drucker

Die Firma, die den 3D Drucker Ultimaker 2 produziert, welchen ich auch für die Unterrichtssequenzen in den Klassen mitgebracht hatte, heißt selbst Ultimaker B.V (Ultimaker B. V. 2018g). und hat ihren Hauptsitz in den Niederlanden. Die Firma wurde 2011 gegründet (Ultimaker B. V. 2018a) und hat einige

Jahre später auch das Slicing-Programm Cura als Zusatz zum Ultimaker veröffentlicht. Die Kosten des Ultimakers 2+ liegen bei 1.895€, legt man Wert auf einen größeren Bauraum (223 x 223 x 305 mm) so kann man auf die größere Variante, den Ultimaker 2 Extended+, ausweichen, der 2.495€ kostet (Ultimaker B. V. 2018g).

Der Elektronikhandel Conrad hat die Eigenmarke Renkforce entwickelt, um günstigere Alternativen zu teureren Technikmarken zu bieten. Renkforce bietet auch 3D Drucker zwischen ungefähr 325€ und 2450€ an (Schmidt 2018).

Der RF100 v2 ist momentan um 329€ bei Conrad erhältlich (Conrad Electronic gmbH& Co KG o.J.b).

3. Materialien zum 3D Drucken

Wie bereits im Kapitel „Das verwendete Material“ ab Seite 12 erwähnt, empfiehlt es sich für den Heimdrucker mit FFF Verfahren PLA zu verwenden. Möchte man mehrfarbige Drucke anfertigen, gibt es die Möglichkeit einen Prusa i3 MK2 oder MK3 mit einem Multimaterial Upgrade zu kaufen (Prusa Research s.r.o. 2018). Eine andere Alternative wäre es, verschiedene Druckservices in Anspruch zu nehmen, die andere Druckverfahren und daher auch andere Materialien bzw. mehrfarbige Drucke anbieten. Ein Beispiel wäre i.materialise. Es ist zu finden unter <https://i.materialise.com/de>. Hier kann aus 10 verschiedenen 3D Druck Technologien und 21 unterschiedlichen Materialien gewählt werden (materialise).

Unterrichtsmethoden

Wie aus den Auswertungen der Fragebögen und der Reflexion hervorging, bewerteten die SchülerInnen die Gruppenarbeiten mit anschließender Präsentation sehr positiv, weswegen diese Methode für die Themen „3D Druck allgemein“ und „Fused Filament Fabrication“ aus Konzept 2 übernommen wurden. Die Einführung in OpenSCAD bleibt lehrerzentriert, um einen einfachen Einstieg in das Modellieren für die SchülerInnen zu gewährleisten.

Nach dem neuen Inhaltsblock „Rund um den 3D Drucker“, der ebenfalls als Frontalunterricht gehalten wird, bleibt auch weiterhin die anonyme Fragerunde erhalten, die auch neuerliche Fragen der SchülerInnen beantworten soll.

Aus dem, durch die Fragebögen eingeholten Feedback (siehe „Auswertung der Fragebögen“ S. 54), ging hervor, dass die SchülerInnen das selbständigen Arbeiten als angenehm empfanden. Deswegen

wurde auch das Arbeiten mit freier Zeiteinteilung für die Themen Modellieren, Slicing, Drucken und Anwendungen aus Konzept 2 im zweiten Block übernommen.

Der genaue Stundenablauf und die jeweilige Methode folgen hier:

Genauer Stundenaufbau

Datum: 19.02.2018

Uhrzeit: 14:30 – 16:10

Schulstufe: 8

Dauer	Inhalt	Beschreibung	Methode	Hilfsmittel
00:05	Begrüßung, Vorstellung	Wer bin ich? Was mache ich? Warum bind ich heute hier	frontal	
00:10	Fragebogen	S&S sollen Fragebögen zur Vorerfahrung ausfüllen	selbst	Fragebögen
00:05	Ablauf, Framing	Wie werden die nächsten Einheiten ablaufen. Welche Aufgaben haben die S&S. Welche Inhalte werden behandelt	Plenum	Präsentation, Beamer
00:05	Erwartungen, Regeln	Regeln des Unterrichts mit S&S erarbeiten, besprechen. Eventuell den Ablauf den Erwartungen anpassen.	Plenum	Whiteboard
00:05	Gruppenarbeit erklären	Fragestellung, Teams, Ablauf	frontal	Präsentation, Beamer
00:25	Rechercharbeit	Teams: 3D Druck allgemein, FFF,	Teams	googledrive Ordner, google Presentations
00:07	Gruppe 3D Allgemein Präsentation		Teams	googledrive Ordner, google Presentations
00:03	Ergänzungen	Schichtweiser Aufbau, Individualisierung, RepRap	Plenum	
00:07	Gruppe FFF		Teams	googledrive Ordner, google Presentations
00:03	Ergänzungen	Gruppierung: Flüssigkeit, Pulver, Schmelzschichtung, Adrian Bowyer, FFF inklusive verwendetem Material genauer erklären	Plenum	
00:10	Räumliche Koordinatengeometrie	von 2D nach 3D, x-, y- und z-Achse, Punktvektoren	frontal	Whiteboard
00:15	OpenSCAD	Aufbau, wichtige Befehle, Quellen zum Recherchieren siehe OpenSCAD Guide	frontal	OpenSCAD, Beamer

Datum: 20.02.2018

Uhrzeit: 14:00 – 15:40

Schulstufe: 8

Dauer	Inhalt	Beschreibung	Methode	Hilfsmittel
00:10	Wiederholung	Inhalte der vorhergehenden Einheit, aufgekommene Fragen	Plenum	Zettel
00:10	Rund um den Drucker	Wie viel kostet ein Drucker? Wo kann ich einen Drucker kaufen? Welcher Drucker eignet sich für Zuhause? Welches Material kann dieser verarbeiten? Wie groß sind die Objekte die ich selbst Zuhause machen kann?	frontal	Präsentation, Beamer, div. Websites
00:10	OpenSCAD	Kurze Wiederholung von OpenSCAD	frontal	
00:05	Arbeitsauftrag	Den S&S soll erklärt werden, dass sie die Möglichkeit haben zu Modellieren, Drucken und Anwendungen des 3D Drucks kennenzulernen, Slicing		Cura, Präsentation Anwendungen, OpenSCAD, 3D Drucker
00:45	Modellieren	S&S modellieren ihre eigenen Objekte	Einzel	OpenSCAD
	Drucken	S&S den Druckvorgang anhand des Druckers zeigen	Gruppen	3D Drucker, PrintaKit
	Slicing	Einzelnen Gruppen die Slicing Software Cura zeigen und erklären, dass man damit das Objekt für den Druck vorbereiten kann	Gruppen	Cura, eigener Laptop
	Anwendungen	Privat, Industrie, Bildung. Verschiedenste Anwendungsgebiete	Einzel	Präsentation Anwendungen
00:10	Zusammenfassung Anwendungen	Wissen mit S&S festigen	Plenum	Präsentation/Whiteboard
00:10	Fragebögen und Verabschiedung	S&S füllen den abschließenden Fragebogen aus	Selbst	Fragebögen

Unterlagen

Die Unterlagen zum finalen Konzept befinden sich ebenso im Anhang dieser Arbeit:

- Angaben für die Gruppenpräsentationen zu folgenden Themen ab Seite 93
 - 3D Druck Allgemein
 - Fused Filament Fabrication Verfahren
 - OpenSCAD
- Handout für SchülerInnen auf Seite 96

Leistungsbeurteilung

In den gehaltenen Unterrichtsstunden, musste ich als Gastvortragende die Leistungen der SchülerInnen nicht bewerten. Der Vollständigkeit halber möchte ich hier nun trotzdem noch einige Ideen zur Leistungsbeurteilung der SchülerInnen in diesem Kapitel geben.

Zum einen hat man als Lehrkraft die Möglichkeit, die Mitarbeit der SchülerInnen in den Unterrichtseinheiten zu bewerten. Aus der Rechtsvorschrift für Leistungsbeurteilungsverordnung geht folgendes über die Mitarbeit von SchülerInnen hervor:

„Mitarbeit der Schüler im Unterricht

§ 4. (1) Die Feststellung der Mitarbeit des Schülers im Unterricht umfaßt den Gesamtbereich der Unterrichtsarbeit in den einzelnen Unterrichtsgegenständen und erfaßt:

- a) in die Unterrichtsarbeit eingebundene mündliche, schriftliche, praktische und graphische Leistungen,
- b) Leistungen im Zusammenhang mit der Sicherung des Unterrichtsertrages einschließlich der Bearbeitung von Hausübungen,
- c) Leistungen bei der Erarbeitung neuer Lehrstoffe,
- d) Leistungen im Zusammenhang mit dem Erfassen und Verstehen von unterrichtlichen Sachverhalten,
- e) Leistungen im Zusammenhang mit der Fähigkeit, Erarbeitetes richtig einzuordnen und anzuwenden.

Bei der Mitarbeit sind Leistungen zu berücksichtigen, die der Schüler in Alleinarbeit erbringt und Leistungen des Schülers in der Gruppen- und Partnerarbeit.

(2) Einzelne Leistungen im Rahmen der Mitarbeit sind nicht gesondert zu benoten.

(3) Aufzeichnungen über diese Leistungen sind so oft und so eingehend vorzunehmen, wie dies für die Leistungsbeurteilung erforderlich ist. (RIS BKA 1974)“

Aus den oben genannten Punkten können aus dem Konzept nun sowohl die Gruppenpräsentationen, als auch die Mitarbeit beim Erstellen der 3D Objekte herausgezogen werden:

Die Gruppenarbeiten, also die Recherche und die Präsentationen der SchülerInnen können auf

- Genauigkeit bei der Recherche
- Inhaltliche Korrektheit
- Vortragsstil

betrachtet werden.

Zum anderen kann die Erstellung der 3D Objekte ebenso als Mitarbeit gewertet werden:

Hat der/die SchülerIn...

- ... ein Objekt modelliert?
- ... das Objekt im richtigen Format zur Weiterbearbeitung (.scad) gespeichert?
- ... das Modell korrekt für das Slicingprogramm exportiert (.stl)?
- ... Wissen aus dem Theorieteil, beim Umgang mit Slicer und 3D Drucker anwenden können.
- ... einen angemessenen Umgang mit dem 3D Drucker gezeigt?

Die Beobachtungen und Bewertung der Lehrkraft, kann anschließend mit der Selbsteinschätzung der SchülerInnen abgerundet werden. So könnte man die SchülerInnen folgende Fragen schriftlich beantworten lassen:

- Was nimmst du aus dem Unterricht über 3D Druck und die Modellierung mit OpenSCAD mit?
- In welcher Art und Weise hast du dich an den Präsentationen beteiligt?
- Welche Erfahrungen hast du zu folgenden Themen gesammelt:
 - Modellieren
 - Slicen
 - 3D Drucken
- Was hat dich in den vergangenen Einheiten am meisten begeistert?

Für Schularbeiten und schriftliche Überprüfungen möchte ich hier noch einige Leitfragen geben, die eine Anregung für das Abfragen von Wissen geben:

- Erkläre in einem Satz, was 3D Druck ist.
- Erkläre in eigenen Worten, wie das Fused Filament Fabrication Verfahren funktioniert.
- Wie würdest du einen Quader mit den Maßen 10x30x20 mm in OpenSCAD erstellen
- Erkläre was die \$fn Variable in OpenSCAD bewirkt.
- Wie kann man folgendes Objekt in OpenSCAD programmieren?

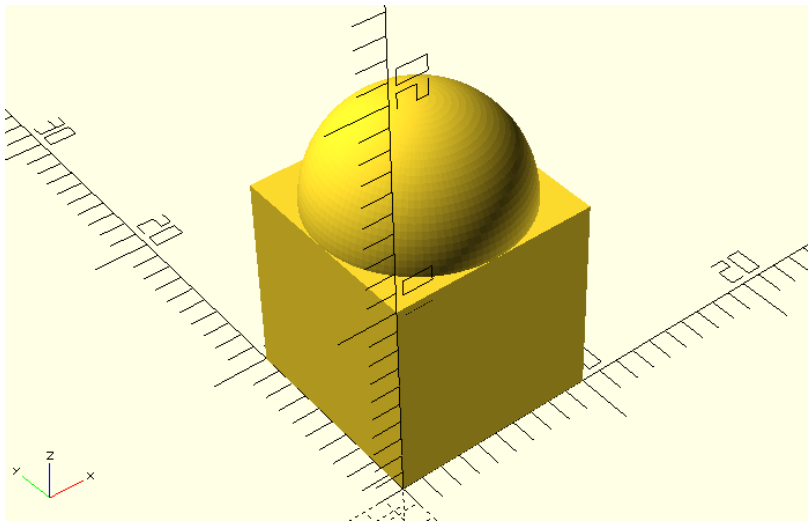


Abbildung 32

- Nenne die einzelnen Schritte von der Idee zum fertigen 3D Objekt.
- Nennen verschiedene Anwendungen des 3D Drucks

Die oben genannten Ideen dienen als Anregung zur Leistungsabfrage der SchülerInnen. Die Benotung bzw. Punktevergabe, sollte an das jeweilige Punktesystem der Lehrperson angepasst und vereinbart werden.

Überprüfung des finalen Konzepts

Zur Überprüfung des finalen Konzepts wurden ebenfalls die Fragebögen „Vorerfahrungen“ und „Eindrücke nach den Einheiten“ verwendet. Besonderheiten in den Auswertungen werden im folgenden Kapitel „Fragebögen“ beschrieben.

Wie bereits bei Konzept 1 und Konzept 2, wurde auch zu diesen Unterrichtseinheiten eine schriftliche Reflexion verfasst, um einen Eindruck über den Ablauf der Ausführung des finalen Konzepts geben zu können.

Fragebögen

In Gruppe 3 gab es eine Schülerin, die bereits Erfahrungen mit OpenSCAD hatten, die Mehrheit der SchülerInnen hatte sich jedoch noch nie mit dieser Programmierungsumgebung und -sprache auseinandergesetzt.

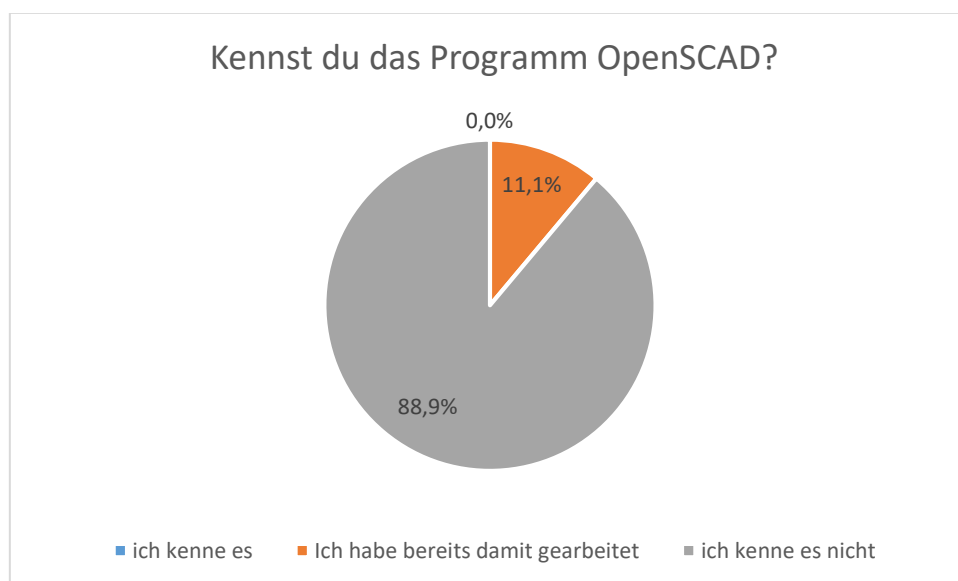


Abbildung 33

Im Vergleich zu Gruppe 1 und 2 fühlte sich die finale Gruppe mit OpenSCAD laut den ausgewerteten Fragebogen wohler:

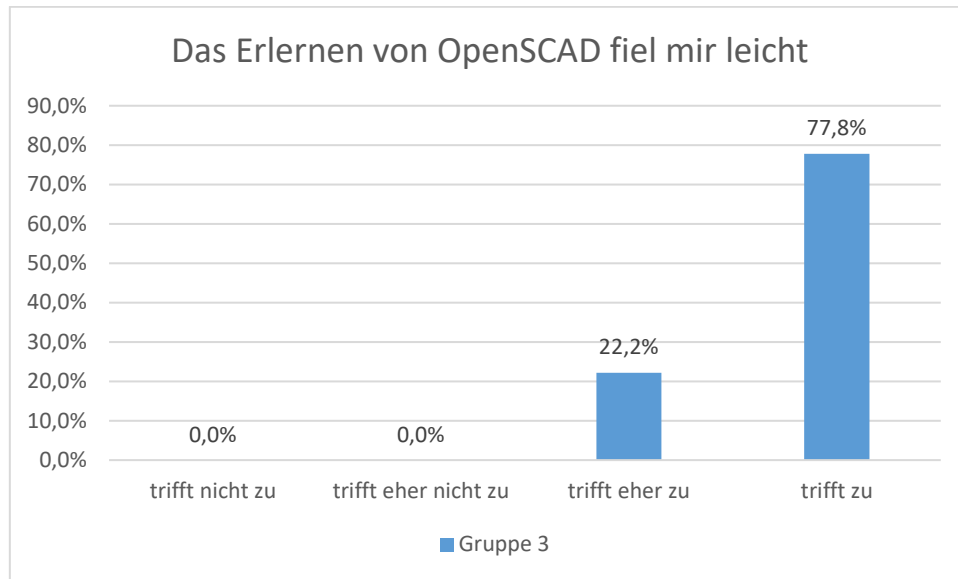


Abbildung 34

Diese Ergebnisse decken sich auch mit den Eindrücken, die ich während der Unterrichtseinheiten gesammelt hatte. Nach der Einführung in die Software und Programmiersprache arbeiteten die SchülerInnen sehr selbständig. Mithilfe der Dokumentation von OpenSCAD suchten sie auch nach weiteren Befehlen, die ihnen bei der Fertigstellung ihrer Ideen helfen konnten. Ein Beispiel für die gelungene Modellierung mit OpenSCAD sind folgende zwei Objekte (siehe Abbildung 35), die zwei SchülerInnen erstellt hatten:

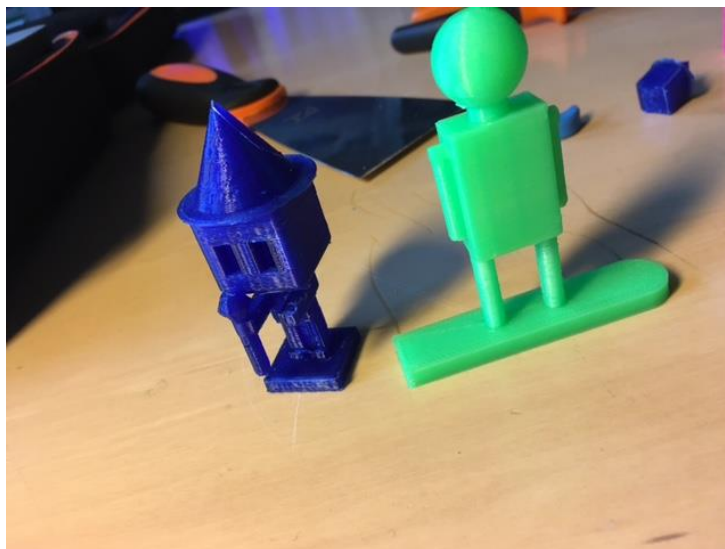


Abbildung 35

Auch die Ergebnisse zu der Aussage „Ich weiß wie man von einer Idee zum ausgedruckten 3D Objekt kommt“ fielen sehr positiv aus. Die Mehrheit der SchülerInnen antwortet mit einem klaren „trifft zu“. Wie man in Abbildung 36 sehen kann, befinden sich alle Antworten der SchülerInnen im positiven Bereich.

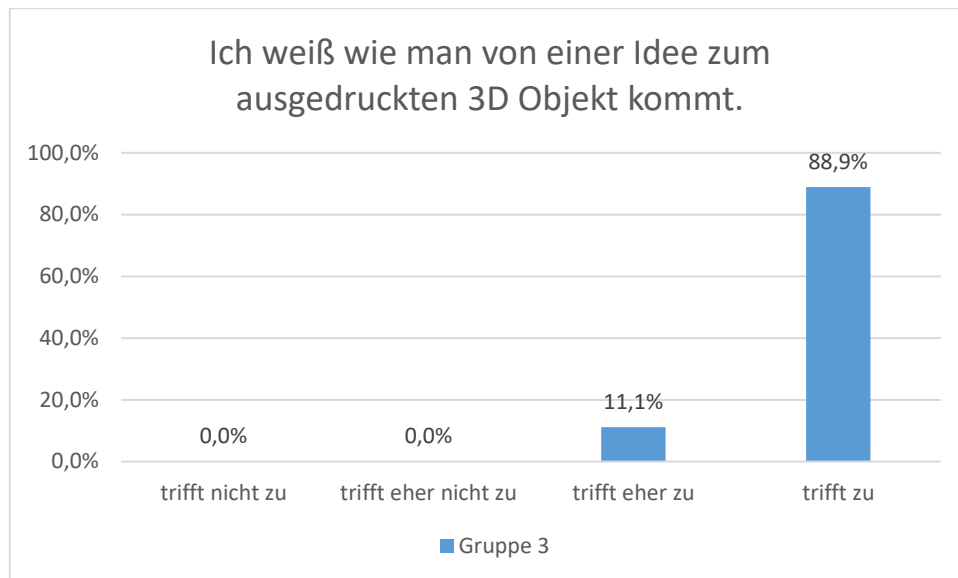


Abbildung 36

Die Ergebnisse der Selbsteinschätzung der SchülerInnen trifft auch mit meinen eigenen Reflexionen überein (siehe Gruppe 3 Einheit 2 ab Seite 80). Im zweiten Block arbeiteten die SchülerInnen sehr selbstständig und machten den Verlauf von der Idee zum ausgedruckten Objekt auch einmal selbstständig durch.

Sie überlegten sich ein Objekt, modellierten dieses in OpenSCAD exportierten den Code ins .stl-Format um es slicen zu können, arbeiteten bei den Druckeinstellungen im Slicer mit und durften den Druck eines Objekts anschließend starten.

Verbesserungswürdig empfinde ich die Übermittlung des 3D Druck Verfahrens FFF. Wie man in Abbildung 37 sieht, fühlen sich die SchülerInnen eher unsicher, da sich die Mehrheit der Antworten im Mittelfeld bewegen. Hier könnte man einen neuen Ansatz versuchen, der vielleicht eher aus einer aktiven Übung oder einem Experiment besteht, um das Verfahren so gut wie möglich zu verbildlichen.

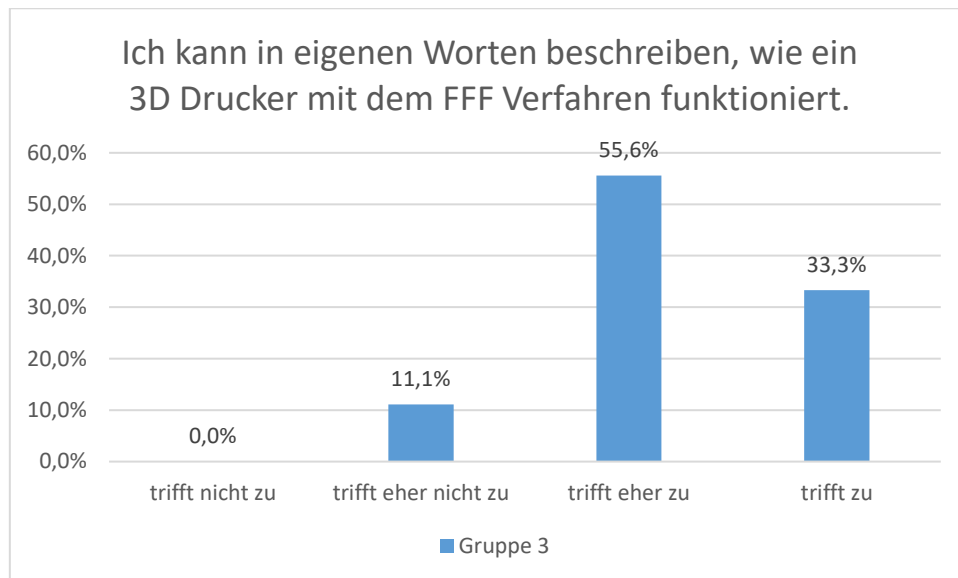


Abbildung 37

Nach den Einheiten wurden die SchülerInnen im Zuge der Fragebögen auch gebeten 3D Druck in wenigen Sätzen zu beschreiben. Nachdem sich einige der Antworten mit dem schichtweisen Aufbau des Druckverfahrens beschäftigten, ist doch davon auszugehen, dass die SchülerInnen zumindest das Grundprinzip des 3D Drucks verinnerlicht haben:

„... Schicht für Schicht wird alles mit verschiedenem Material aufgetragen.“

„Es werden aus PLA 3d Objekte Schicht für Schicht gedruckt“

„Mit bestimmter Materie (Kunststoff, Metall usw.) wird im 3D-Drucker Schicht für Schicht die Masse aufgetragen. So entsteht ein 3D Objekt.“

Auf die Frage hin, was die SchülerInnen als positiv an den Einheiten bewerten würden, nannten die Mehrheit der SchülerInnen, so wie bereits bei Konzept 2, das selbständige Arbeiten und das Modellieren der eigenen Ideen:

„Das wir alles ausprobieren und selbst machen durften. Wir haben in kurzer Zeit sehr viel gelernt. Danke für die Mühe & den tollen Workshop.“

Ein/e andere/r SchülerIn schrieb:

„Wir haben sehr viel Neues gelernt und es war sehr interessant. Wir konnten unsere eigenen Figuren erstellen.“

Auch das allgemeine Feedback nach der dritten Einheit fiel positiv aus und vermittelt das Gefühl, dass die SchülerInnen gerne an den Einheiten teilgenommen haben.

„Es war sehr interessant und jeder sollte sich die Zeit nehmen, einmal an so einem Workshop teilzunehmen.“

„Es wird mir sicher im späteren Berufsleben helfen, falls ich einmal mit 3D-Druckern arbeiten werde. Danke :)“

Diese positiven Eindrücke nahm ich auch während der Unterrichtsstunden bereits wahr. Die folgenden Reflexionen und die darauffolgende Zusammenfassung spiegeln meine Eindrücke wider.

Reflexion

Gruppe 3 Einheit 1

Unterrichtsstunde 19.02.2018, 14:30 – 16:10

Schulstufe: 8

SchülerInnen: 9

Zu Beginn der ersten Einheit stellte ich einen thematischen Rahmen für die SchülerInnen auf und gab ihnen einen kurzen Überblick, über den folgenden Unterricht.

Die theoretischen Inhalte wurden, wie bei Gruppe 2, von den SchülerInnen selbst erarbeitet. Dies beinhaltete eine Gruppenarbeit zu 3D Druck allgemein und das Druckverfahren Fused Filament Fabrication. Nachdem diese Gruppe etwas kleiner war als die anderen, war es gut möglich nur zwei Themen zu wählen und das dritte Thema OpenSCAD als Präsentationsthema wegzulassen. Stattdessen erklärte ich OpenSCAD später selbst.

Die Gruppen waren sehr engagiert. Ich selbst war sehr überrascht, wie schnell sie gute und wichtige Informationen zu ihren Themen fanden. Die Präsentationen waren für die SchülerInnen sehr

informativ und lustig. Besonders der Vortragsstil der einzelnen Mitglieder war sehr individuell: Manche taten sich leicht damit nach kurzer Vorbereitungszeit zu präsentieren, andere waren eher überfordert. Hätte man also mehr Unterrichtszeit, könnte man den SchülerInnen mehr Zeit zum vorbereiten ihrer Präsentation geben. Nachdem der Präsentationsstil aber nicht im Fokus der Arbeit stand, waren alle Hilfsmittel erlaubt.

Nach den Präsentationen folgte der Block über räumliche Koordinatengeometrie, bei dem die SchülerInnen sehr aktiv mitarbeiteten. Ich merkte sofort, dass sie keine Probleme mit den Vektoren in OpenSCAD haben würden.

Anschließend zeigte ich den SchülerInnen, wie sie mit OpenSCAD arbeiten können. Ich ging mit ihnen einzelne Befehle durch und startete ein gemeinsames Projekt, das die SchülerInnen mit mir gemeinsam programmierten. Dabei kamen immer wieder auch Fragen der SchülerInnen auf, die das ganze sehr interaktiv machten. Sehr schnell brachten die SchülerInnen eigene Ideen ein, sodass der Übergang zum eigenen Objekt fließend war.

Gruppe 3 Einheit 2

Unterrichtsstunde 20.02.2018

Uhrzeit: 14:00 – 15:40

SchülerInnen: 9

Am Tag zwei der dritten Gruppe wurde ich sogleich mit dem Projekt eines Schülers überrascht. Am Tag zuvor fiel er mir anfangs eher negativ auf, weil er wenig Interesse zeigte und seine Gedanken auch immer lauthals der Gruppe mitteilte. Ich ging auf seine Einwände aber immer ein und erklärte ihm Hintergründe, die ihm vielleicht nicht ganz klar waren. An diesem Tag jedenfalls, war er mit vollem Elan dabei. Er hatte sogar in der Freizeit weiterprogrammiert und ein wunderbares Objekt erstellt.

Beim Einstieg war ich dadurch noch mehr motiviert als sonst. Wir machten die übliche Fragerunde, die sich in den Einheiten davor schon als sehr sinnvoll herausgestellt hatte. Viele der Fragen konnten mit dem neu erstellten Inhaltsblock „Rund um den Drucker“ gleich beantwortet werden.

Im Fokus dieser Einheit stand wieder das Hands-On! Die SchülerInnen hatten Zeit zu Modellieren, Drucken, das Slicen zu beobachten und sich eigenständig mit den Anwendungen des 3D Drucks auseinander zu setzen. Für diese offene Phase des Unterrichts, war es gut, einen genauen Rahmen zu

stecken, damit die SchülerInnen über Orientierung verfügen und wissen, welche Möglichkeiten sie haben und was zu tun ist.

Die Objekte dieser Gruppe haben mich sehr begeistert, weil sie eindeutig am kreativsten waren. Sie wichen sehr weit von dem ab, was ich selbst vorgezeigt hatte und übertrafen meine Erwartungen. Mir fiel auf, dass einige SchülerInnen am Nachmittag nach der ersten Einheit weiter modelliert hatten. Diese Gruppe war sehr motiviert.

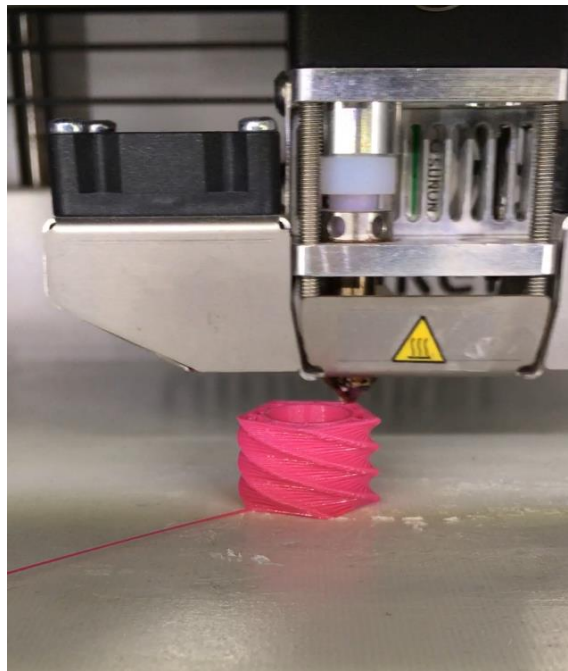


Abbildung 38

Die Ergebnisse konnten sich wirklich sehen lassen und so konnte ich meine Unterrichtseinheiten mit vollem Erfolg abschließen.

Zusammenfassung der Reflexionen

Aus den Reflexionen möchte ich folgende Punkte hervorheben:

Gruppenarbeiten

Ebenso empfand ich die Recherche, die die SchülerInnen rund um ihre Präsentationsthemen betrieben, als sehr interessiert und lebhaft. Bei der Suche nach Informationen stellten sie auch oft Zwischenfragen, die sich direkt an den Druckern oder dem Slicingprogramm beantworten ließen, weswegen auch der Theorieteil des Unterrichts meiner Meinung nach sehr aufgelockert wurde.

„Rund um den Drucker“

Der neue Inhaltsblock, der sich mit den Marken, Kosten, Größen und Materialien des 3D Druckers auseinandersetzt, ist meiner Meinung nach sehr wichtig für die SchülerInnen. Auch dieses Mal forderten sie diesen bei der Fragerunde ein. Somit bewerte ich diesen als sehr positiv und werde ihn auch für zukünftige Workshops oder Unterrichtseinheiten über 3D Druck beibehalten.

Freie Zeiteinteilung

Die freie Zeiteinteilung im zweiten Block ist meinen Beobachtungen nach nicht nur für die SchülerInnen sehr angenehm, sondern auch für mich als Lehrperson. Während dieser Phase des Unterrichts hat man als Lehrkraft die Aufgabe die 3D Modelle für den Druck vorzubereiten und auch die SchülerInnen beim Start des Drucks zu unterstützen. Man muss mit mehreren Aktivitäten jonglieren, weswegen die unterschiedliche Zeiteinteilung der SchülerInnen dabei hilft, dies unter einen Hut zu bringen.

Resümee

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich damit, die Forschungsfrage „Welche Methoden eignen sich, um SchülerInnen bestmöglich an das Thema 3D Druck und das Erstellen von dreidimensionalen Objekten heranzuführen und inwiefern eignet sich das Tool OpenSCAD zur Einführung in die Modellierung?“, zu beantworten.

OpenSCAD

Wie bereits aus den Auswertungen der einzelnen Konzepte hervorging, konnten die SchülerInnen gut mit OpenSCAD umgehen. Ein genauer Überblick, über alle Gruppen zeigt, dass mehr als die Hälfte der SchülerInnen das Erlernen von OpenSCAD als leicht einschätzen:

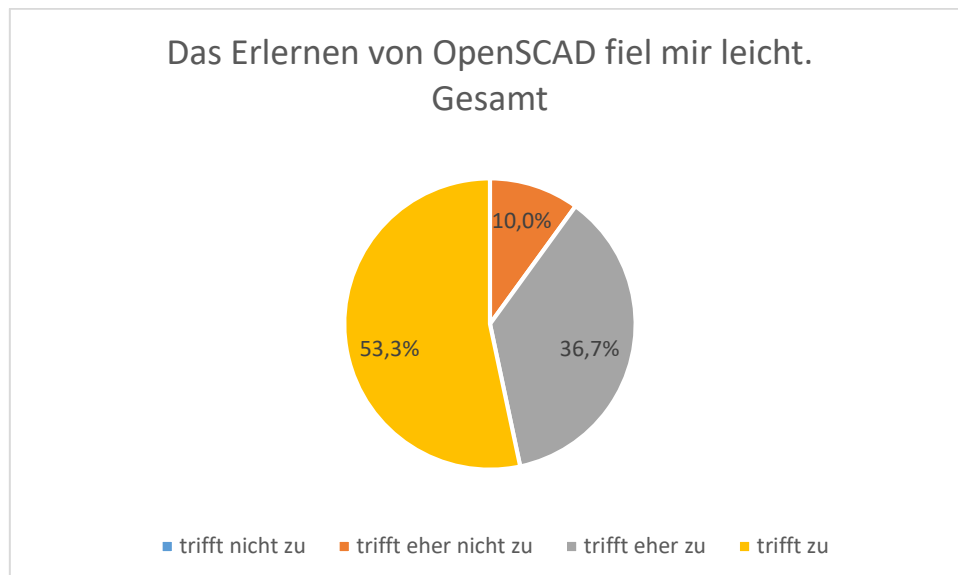


Abbildung 39

Sieht man sich nur die Ergebnisse von Gruppe 1 und Gruppe 3 zusammen an, deren Einführung in OpenSCAD lehrerzentriert stattfand, sind die Ergebnisse noch deutlich besser:

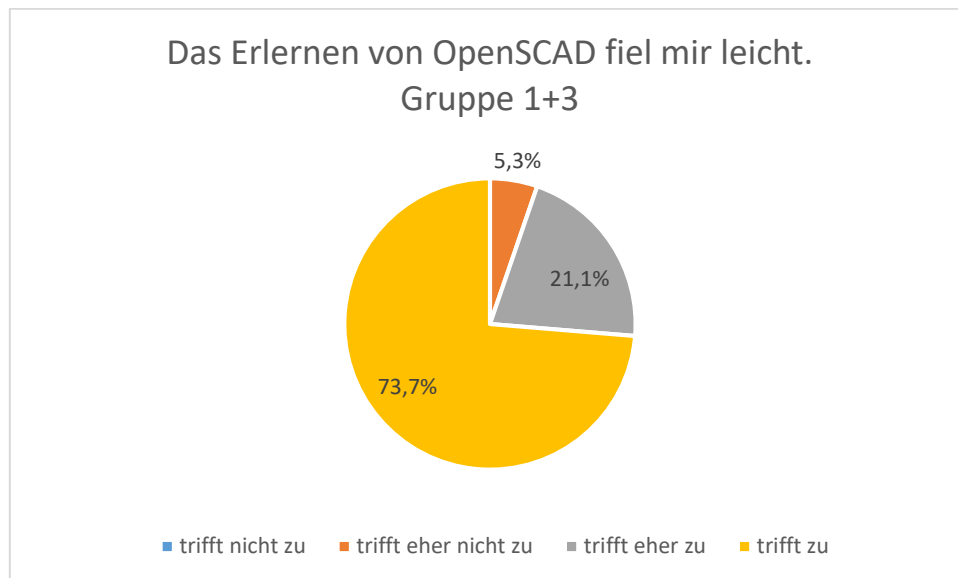


Abbildung 40

Sogar 73,7% der SchülerInnen gaben an, dass ihnen das Erlernen von OpenSCAD leicht fiel.

Um die Sicherheit der SchülerInnen, im Umgang mit einfachen Befehlen in OpenSCAD abschätzen zu können, enthielt der Fragebogen noch eine weitere Aussage, die bewertet werden sollte: „Ich kann selbständig einen Würfel in OpenSCAD programmieren.“

Hier waren die Ergebnisse aller Gruppen zusammen sehr positiv:

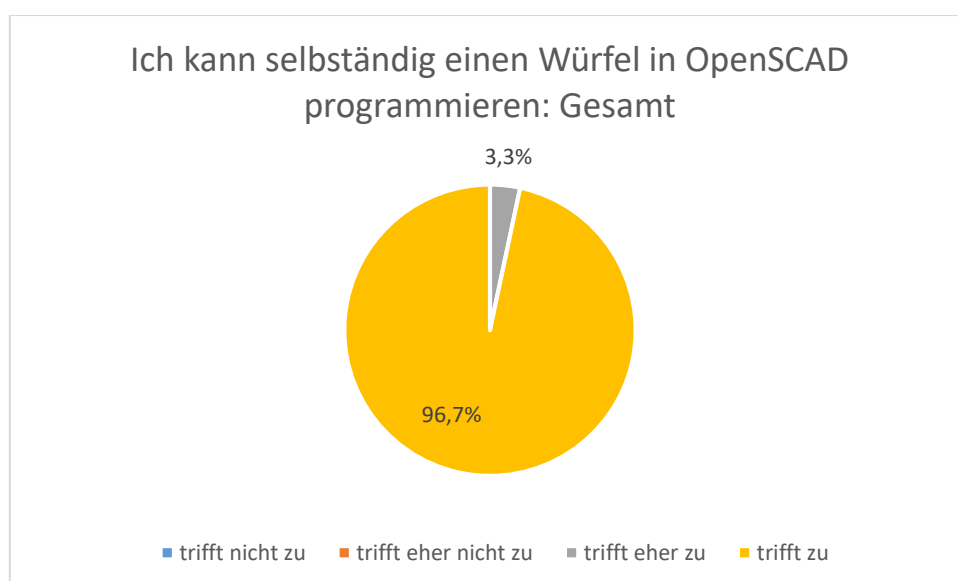


Abbildung 41

Sogar 96,7% der SchülerInnen stimmen dieser Aussage zu und die Objekte, die die SchülerInnen designt haben, geben ihnen recht.

Somit hat sich OpenSCAD als gutes Tool zum Erlernen der Modellierung von 3D Objekten herausgestellt. Dies konnte nicht nur durch obige Grafiken gezeigt werden, sondern ging auch aus der Begeisterung über die erstellten Modelle in der Lehrerinnenreflexion hervor.

Mathematik

Nachdem eines der Ziele meines Konzepts auch war, einen fächerübergreifenden Unterricht mit Mathematik durchzuführen, möchte ich mich hier noch den Fortschritten der SchülerInnen in dieser Hinsicht widmen.

Um einen Eindruck der Fertigkeiten der SchülerInnen hinsichtlich von Objekten im R3 zu bekommen, stellte ich ihnen im Zuge des Fragebogens folgende Aufgabe:

„Zeichne in das Koordinatensystem einen Quader mit Länge 10mm, Breite 20mm, Höhe 30mm ein!“

In einen Ausschnitt des Grafikfensters von OpenSCAD, sollten sie also jenen Quader einzeichnen.

Die gleiche Aufgabe wurde den SchülerInnen aller Gruppen, sowohl vor, als auch nach den Einheiten gestellt. Um zu zeigen, welche Fortschritte die SchülerInnen hinsichtlich ihres räumlichen Vorstellungsvermögens gemacht haben, werden hier die Ergebnisse aller getesteten SchülerInnen, vor den Einheiten (siehe Abbildung 42) und auch nach den Einheiten (siehe Abbildung 43) dargestellt:

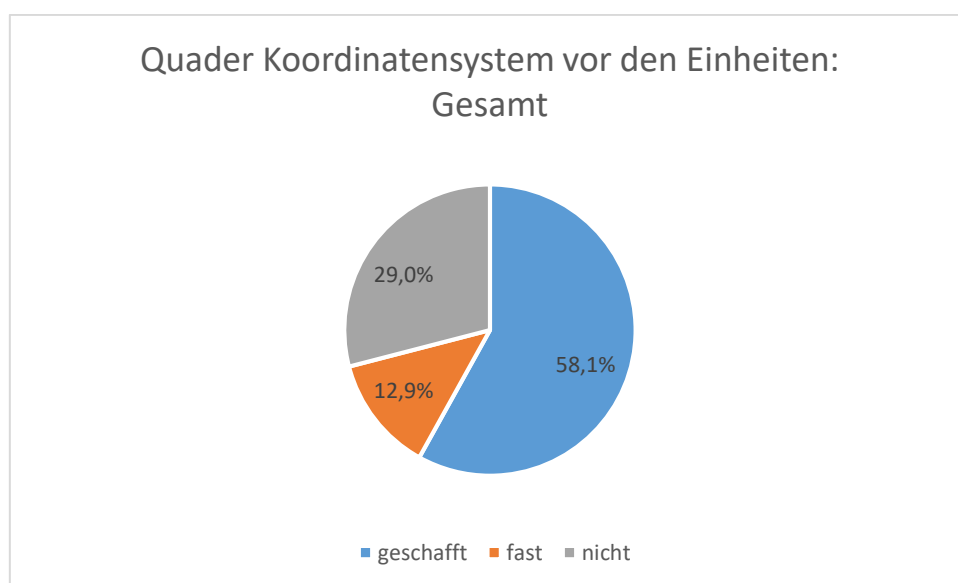


Abbildung 42

Wie zu erwarten, waren die Ergebnisse auch vor der Einheiten recht gut, da die SchülerInnen bereits Erfahrungen aus Geometrie Mathematik Computer mitbrachten. Trotzdem lässt sich eine Steigerung erkennen, da 82% der SchülerInnen nach den Einheiten den Quader richtig in das Koordinatensystem einzeichnen konnten (siehe Abbildung 43):

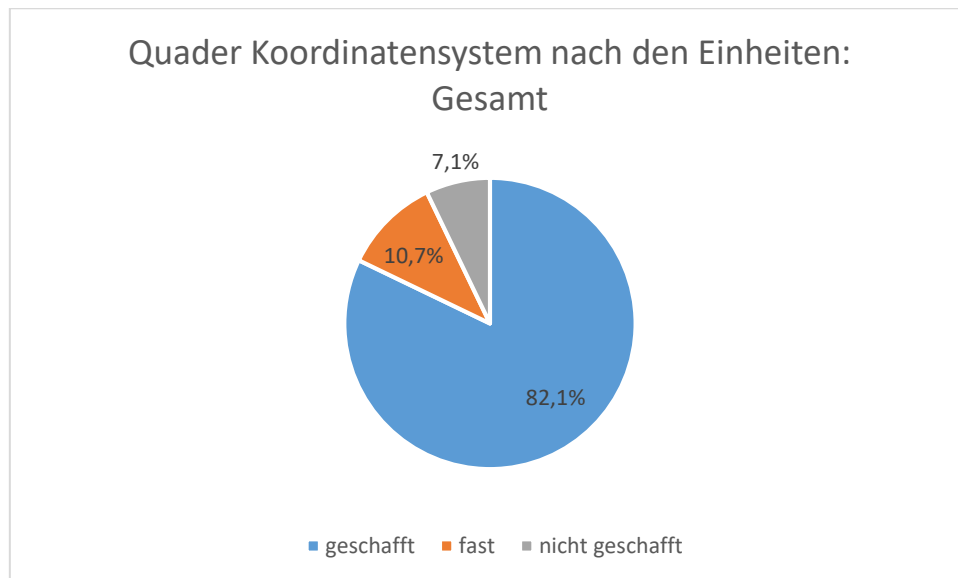


Abbildung 43

Aus meiner eigenen Reflexion ging hervor, dass der fächerübergreifende Unterricht mit Mathematik thematisch sehr passend war und im Umgang mit OpenSCAD wurde ebenfalls ersichtlich, dass die SchülerInnen das Arbeiten mit Punktvektoren gut in der Programmiersprache anwenden konnten.

3D Druck und seine Unterrichtsmethoden

“I’ve read that any big change takes a generation. Largely the young are the ones to fully embrace change and take progress forward. The less expensive, home 3D printers could be a sign of this happening today.” (Rawlinson 2013) sagte Jim Kor, der Leiter des Urbee-Projekts, das sich mit der Produktion von umweltbewussten Autos aus dem 3D Drucker beschäftigt, einmal in einem Interview.

Teilt man seine Ansicht, so ist es ein hervorragender Grund, den 3D Druck in den Informatikunterricht der Schulen zu bringen. Zu zeigen, auf welche Art und Weise dieses Thema gelehrt werden kann, war das Ziel meiner Diplomarbeit.

Im Laufe meiner Forschung stellte sich heraus, dass keines der beiden ursprünglichen Konzepte „perfekt“ war. Die Mischung der Unterrichtsmethoden aus beiden Konzepten für verschiedene Inhaltsblöcke, erbrachte dann das finale Konzept:

Während die Ergebnisse zeigten, dass für das Erlernen von OpenSCAD der lehrerzentrierte Unterricht besser geeignet ist, konnte aus den Einschätzungen der SchülerInnen über ihr Wissen kein eindeutiger

Schluss für die Themengebiete „Von der Idee zum Objekt“ bzw. „Fused Filament Fabrication“ gezogen werden. Was sich jedoch aus dem Feedback der SchülerInnen und der Reflexion der Lehrperson eindeutig feststellen ließ, war, dass die Gruppenarbeiten einen positiven Einfluss auf die SchülerInnen hatte.

Ebenso konnte man im Feedback beider Gruppen, die im zweiten Unterrichtsblock einen „freieren“ Zugang zu ihren eigenen Interessenschwerpunkten in Bezug auf Drucken, Modellieren, Slicing und Anwendungen des 3D Drucks hatten, durchwegs positive Reaktionen auf eben diesen Unterrichtsblock feststellen.

„Dass wir alles ausprobieren und selbst machen durften. Wir haben in kurzer Zeit sehr viel gelernt. Danke für die Mühe & den tollen Workshop.“

Zuletzt möchte ich noch erwähnen, dass SchülerInnen auf die Frage hin, was ihnen besonders gut gefiel, auch den Aspekt der Kreativität und das Herstellen eigener Ideen als positiv aufgenommen wurde:

„Man weiß viel mehr darüber/man konnte selbst etwas herstellen,,

Was den SchülerInnen besonders gut gefallen hat waren zum Beispiel auch:

„Das Modellieren eines eigenen Objekts.“

„Kreativität, selbst was ausdrucken“

Insgesamt waren die Unterrichtseinheiten für mich ein voller Erfolg. Als Lehrperson habe ich selbst viel dazu gelernt und ich hoffe, dass meine Diplomarbeit viele andere LehrerInnen dazu anregen wird, mit diesem Konzept, oder auf ähnliche Art und Weise, das Modellieren von 3D Objekten und das 3D Drucken in ihren Schulunterricht aufzunehmen.

Literaturverzeichnis

- ADIDAS AG (o.J.): adidas FUTURECRAFT. Online verfügbar unter <https://www.adidas.de/futurecraft>, zuletzt geprüft am 01.06.2018.
- Apis Cor (o.J.): Apis Cor | We print buildings. Online verfügbar unter <http://apis-cor.com/en/>, zuletzt geprüft am 01.06.2018.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2016): digi.komp: Kompetenzmodell. Online verfügbar unter <https://digikomp.at/index.php?id=557&L=0>, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- Caroli, Christian (2014): RepRap-Hacks. 3D-Drucken verstehen und optimieren Ihr 3D-Drucker kann mehr als Sie denken: Praxisnahe Optimierung von Hardware, Software, Modell und Wissen für eigene Projekte. 1. Aufl. s.l.: Franzis Verlag (3D-Druck). Online verfügbar unter <http://gbv.ebibli.com/patron/FullRecord.aspx?p=1726878>.
- Conrad Electronic gmbH & Co KG (o.J.a): Renkforce RF100 3D Drucker Starter-Kit inkl. Filament. Online verfügbar unter <https://www.conrad.at/de/renkforce-rf100-3d-drucker-starter-kit-inkl-filament-1507428.html>, zuletzt geprüft am 23.05.2018.
- Conrad Electronic gmbH & Co KG (o.J.b): Renkforce RF100 v2 3D Drucker inkl. Filament. Online verfügbar unter <https://www.conrad.at/de/renkforce-rf100-v2-3d-drucker-inkl-filament-1548286.html>, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- Cornelius-White, Jeffrey H.; Motschnig-Pitrik, Renate; Lux, Michael (Hg.) (2013): Interdisciplinary handbook of the person-centered approach. Research and theory. New York, NY: Springer.
- Dana, Nancy Fichtman; Yendol-Hoppey, Diane (2009): The reflective educator's guide to classroom research. Learning to teach and teaching to learn through practitioner inquiry. 2nd ed. Thousand Oaks, Calif.: Corwin Press.
- Duncker, Ludwig; Popp, Walter (Hg.) (1997): Über Fachgrenzen hinaus. Chancen und Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens. Heinsberg: Dieck.
- Europäische Weltraumorganisation (2013): Building a lunar base with 3D printing. Online verfügbar unter http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Building_a_lunar_base_with_3D_printing, zuletzt geprüft am 01.06.2018.
- Ferrance, Eileen (2000): Action Research. Brown University. Providence. Online verfügbar unter https://www.brown.edu/academics/education-alliance/sites/brown.edu/academics/education-alliance/files/publications/act_research.pdf, zuletzt geprüft am 18.06.2018.
- Hanselmann, Jochen; Micieli, Roberto (2014): Coole Objekte mit 3D-Druck. Von der Idee zum räumlichen Gegenstand: Materialien, Verfahren, Programme, 3D-Design und 3D-Scannen. Haar: Franzis Verlag (3D-Druck). Online verfügbar unter <http://gbv.ebibli.com/patron/FullRecord.aspx?p=1851916>.
- Kintel, Marius (o.J.): OpenSCAD - About. Hg. v. OpenSCAD. Online verfügbar unter <http://www.openscad.org/about.html>, zuletzt aktualisiert am 26.05.2018, zuletzt geprüft am 01.06.2018.
- Krämer, Andreas (2018): Mit dem "Kraken" entsteht der weltweit größte 3D-Drucker. <https://www.facebook.com/3Dgrenzenlos/>; 3D-grenzenlos Magazin – Deutschlands Website zum 3D-Druck! Online verfügbar unter <https://www.3d-grenzenlos.de/magazin/3d-drucker/kraken-3d->

- drucker-entwicklung-27391173/, zuletzt aktualisiert am 30.05.2018, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- Locker, Anatol (2018): 3D-Slicer-Software für 3D-Drucker - Die 17 besten Tools | All3DP. All3DP. Online verfügbar unter <https://all3dp.com/de/1/3d-slicer-software-3d-drucker/>, zuletzt aktualisiert am 13.04.2018, zuletzt geprüft am 23.05.2018.
- MakerBot Industries (2018): Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects. Online verfügbar unter <https://www.thingiverse.com/about/>, zuletzt geprüft am 01.06.2018.
- Martin, Bernhard; Kopp, Günther (2006): Der große Mathematik-Überblick. Erfolgreich bis zur Matura. 1. Aufl. Wien: Öbvht-Verl.
- materialise: Wie es funktioniert | 3D-Druck Service | i.materialise. Online verfügbar unter <https://i.materialise.com/de/how-it-works>, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- materialise, i. (2018): Fused Deposition Modeling | 3D-Druck Technologie | i.materialise. Online verfügbar unter <https://i.materialise.de/3d-printing-technologies/fused-deposition-modeling>, zuletzt geprüft am 14.03.2018.
- Meyer, Hilbert (1987): Unterrichtsmethoden. Praxisband. Frankfurt am Main: Scriptor.
- Milton-Brkich, Katie Lynn; Shumbera, Kristen; Beran, Becky (2010): Action Research. Part of a special issue: Professional Development. In: *Science & Children* (47), S. 47–51.
- Multec GmbH (2014): 3. Druckanleitung Step by Step mit Simplify3D. Online verfügbar unter https://www.multec.de/index.php/component/jdownloads/send/40-tutorials/35-druckanleitung-step-by-step?option=com_jdownloads, zuletzt geprüft am 01.06.2018.
- oV: Vektoren. Workshops zur Aufarbeitung des Schulstoffs. Universität Wien. Wien. Online verfügbar unter <http://www.mat.univie.ac.at/~studienasm56/workshops/Vektoren>, zuletzt geprüft am 17.06.2018.
- Prusa Research s.r.o. (2018): Printer upgrades - Prusa Research. Online verfügbar unter <https://shop.prusa3d.com/en/31-printer-upgrades>, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- Ramirez, Vanessa Bates (2018): This 3D Printed House Goes Up in a Day for Under \$10,000. Hg. v. SingularityHub. Singularity University. Online verfügbar unter <https://singularityhub.com/2018/03/18/this-3d-printed-house-goes-up-in-a-day-for-under-10000/>, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- Rawlinson, Nik (2013): 3D printing. The future of the car industry? Online verfügbar unter <http://www.autoexpress.co.uk/car-news/consumer-news/64799/3d-printing-future-car-industry>, zuletzt geprüft am 14.06.2018.
- RIS - Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 01.09.2017 (2017). Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2017-09-01>, zuletzt geprüft am 14.03.2018.
- RIS BKA (1974): Leistungsbeurteilungsverordnung - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 18.06.2018. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10009375>, zuletzt geprüft am 18.06.2018.
- Sawyer, Jonathan (2018): What Is Digital Light Synthesis and Why Is adidas Using It? Hg. v. Highsnobiety. Online verfügbar unter <https://www.highsnobiety.com/2017/04/07/adidas-digital-light-synthesis/#slide-3>, zuletzt geprüft am 01.06.2018.

- Schmidt, Henry (2018): Renkforce. Hg. v. Ebner Verlag GmbH & Co KG. Online verfügbar unter <https://www.3dmake.de/thema/renkforce/>, zuletzt aktualisiert am 31.05.2018, zuletzt geprüft am 31.05.2018.
- Simplify3D (2018): 3D Printing Software | Simplify 3D. Online verfügbar unter <https://www.simplify3d.com/>, zuletzt geprüft am 23.05.2018.
- Stiller, Heiner (2014): 3D-Drucken für Einsteiger. Ohne Frust 3D-Drucker selbst nutzen. Haar: Franzis Verlag (3D-Druck). Online verfügbar unter <http://gbv.ebibli.com/patron/FullRecord.aspx?p=1826371>.
- Stringer, Ernest T. (2007): Action research. 3. ed. Los Angeles: SAGE.
- Ultimaker B. V.: Ultimaker 2+: Engineered to perform. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-2-plus>, zuletzt geprüft am 23.05.2018.
- Ultimaker B. V. (2018a): About Ultimaker | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/about-ultimaker>, zuletzt geprüft am 29.05.2018.
- Ultimaker B. V. (2018b): Cura software support settings | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/resources/20422-cura-support-settings>, zuletzt geprüft am 02.06.2018.
- Ultimaker B. V. (2018c): Infill | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/resources/16528-infill>, zuletzt geprüft am 02.06.2018.
- Ultimaker B. V. (2018d): Platform Adhesion | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/resources/16525-platform-adhesion>, zuletzt geprüft am 02.06.2018.
- Ultimaker B. V. (2018e): Quality | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/resources/20414-quality>, zuletzt geprüft am 02.06.2018.
- Ultimaker B. V. (2018f): Speed | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/resources/20419-speed>, zuletzt geprüft am 02.06.2018.
- Ultimaker B. V. (2018g): Ultimaker 2+ specifications | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-2-plus/specifications>, zuletzt geprüft am 23.05.2018.
- Ultimaker B. V. (2018h): Ultimaker Cura: Advanced 3D printing software, made accessible | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>, zuletzt geprüft am 23.05.2018.
- Ultimaker B. V. (2018i): Use Ultimaker Cura for the first time | Ultimaker. Online verfügbar unter <https://ultimaker.com/en/resources/51945-first-use-ultimaker-cura>, zuletzt geprüft am 23.05.2018.
- Walke-Chomjakov, Ines (2015): BQ Witbox im Praxistest. IDG Tech Media GmbH; <https://www.facebook.com/pcwelt>. Online verfügbar unter <https://www.pcwelt.de/produkte/BQ-Witbox-im-Praxistest-3D-Drucker-9593639.html>, zuletzt aktualisiert am 12.03.2015, zuletzt geprüft am 15.06.2018.
- Zapletal, Ursula (2010): Theoretisch - didaktische Überlegungen zur Fundierung des fächerübergreifenden Unterrichts als ein vernetztes Unterrichtskonzept. 1. Aufl. Wien: kaliber.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Screenshot Cura	7
Abbildung 2: Screenshot Cura	8
Abbildung 3: Screenshot Cura	9
Abbildung 4 aus (Caroli 2014, S. 17).....	11
Abbildung 5: Screenshot Cura	12
Abbildung 6 Conrad Electronic gmbH& Co KG (o.J.b)	14
Abbildung 7: Ultimaker B. V. (2018g)	14
Abbildung 8: Screenshot OpenSCAD	20
Abbildung 9: Screenshot OpenSCAD	22
Abbildung 10: Screenshot OpenSCAD	22
Abbildung 11: Screenshot OpenSCAD	23
Abbildung 12: Screenshot OpenSCAD	23
Abbildung 13: Screenshot OpenSCAD	24
Abbildung 14: Screenshot OpenSCAD	25
Abbildung 15: Screenshot OpenSCAD	26
Abbildung 16: Screenshot OpenSCAD	27
Abbildung 17: Screenshot OpenSCAD	28
Abbildung 18: Screenshot OpenSCAD	29
Abbildung 19: Screenshot OpenSCAD	30
Abbildung 20: Screenshot OpenSCAD	31
Abbildung 21: Screenshot OpenSCAD	32
Abbildung 22: Screenshot OpenSCAD	33
Abbildung 23: (Ferrance 2000, S. 9 zitiert nach Milton-Brkich et al. 2010)	51
Abbildung 24: Ich weiß wie man von einer Idee zum ausgedruckten 3D Objekt kommt	55
Abbildung 25 Ich kann in eigenen Worten beschreiben, wie ein 3D Drucker mit dem FFF Verfahren funktioniert	55
Abbildung 26: Was hat dir besonders gut an den zwei Unterrichtseinheiten über 3D Druck gefallen? Gruppe 2.....	56
Abbildung 27: Kennst du das Programm OpenSCAD	56
Abbildung 28: Das Erlernen von OpenSCAD fiel mir leicht	57
Abbildung 29: Was hat dir besonders gut an den zwei Unterrichtseinheiten über 3D Druck gefallen: Gruppe 1.....	58
Abbildung 30: Modellerte Objekte Gruppe 1.....	61
Abbildung 31: Modellerte Objekte Gruppe 2.....	64

Abbildung 32: Screenshot OpenSCAD	74
Abbildung 33: Kennst du das Programm OpenSCAD?.....	75
Abbildung 34: Das Erlernen von OpenSCAD fiel mir leicht	76
Abbildung 35: Modellerte Objekte Gruppe 3.....	76
Abbildung 36: Ich weiß wie man von einer Idee zum ausgedruckten 3D Objekt kommt.....	77
Abbildung 37: Ich kann in eigenen Worten beschreiben, wie ein 3D Drucker mit dem FFF Verfahren funktioniert	78
Abbildung 38: Ein modelliertes Objekt entsteht (Gruppe 3)	81
Abbildung 39: Das Erlernen von OpenSCAD fiel mir leicht. Gesamt	83
Abbildung 40: Das Erlernen von OpenSCAD fiel mir leicht.Gruppe 1+3	84
Abbildung 41: Ich kann selbständig einen Würfel in OpenSCAD programmieren: Gesamt	84
Abbildung 42: Quader Koordinatensystem vor den Einheiten: Gesamt	85
Abbildung 43: Quader Koordinatensystem nach den Einheiten: Gesamt	86

Anhang

Angaben Gruppenpräsentationen

3D Druck Allgemein

Versucht die unten angegebenen Fragen mithilfe von folgenden Links zu beantworten:

<https://de.wikipedia.org/wiki/3D-Druck>

<https://www.thingiverse.com/>

<https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>

<https://en.wikipedia.org/wiki/G-code>

Fragen:

- Was ist 3D Druck?
- Wie kommt man von einer Idee zum ausgedruckten Objekt? Gib einzelne „Zwischenstationen“ an.
 - Was ist thingiverse.com?
 - Was ist ein Slicing-Programm?
 - Was ist der G-Code?

Das Fused Filament Fabrication Verfahren

Versucht die unten angegebenen Fragen mithilfe von folgenden Links zu beantworten:

https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_filament_fabrication

http://3d-druckcenter.at/fdm_vorteile/

<https://www.filamentworld.de/3d-druck-wissen/was-ist-pla/>

Fragen:

- Wie funktioniert dieses Verfahren? Suche auch ein Bild oder ein Video, das dieses Verfahren zeigt.
- Was sind Vorteile/Nachteile dieses Verfahrens?
- Welches Material wird für dieses Verfahren verwendet?
- Wofür wird es verwendet?

OpenSCAD

Versucht die unten angegebenen Fragen mithilfe von folgenden Links zu beantworten:

<http://www.openscad.org/about.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/OpenSCAD>

<http://www.openscad.org/cheatsheet/>

Fragen:

- Wie entsteht in OpenSCAD ein Objekt?
- Suche drei wichtige Befehle, die man in OpenSCAD verwendet.
- Zeige den anderen Gruppen kurz die Oberfläche und ein kleines Beispiel vor.

Stop wishing start printing!

3D Druck Allgemein

3D Druck zählt zu den additiven Fertigungsverfahren. Es handelt sich um einen automatischen Prozess, der durch einen schichtweisen Aufbau funktioniert. Vorteile des 3D Drucks sind, dass nichts abgetragen werden muss (kein bis wenig Restprodukt) und man neue Formen kreieren kann, die individuell auf die eigene Idee abgestimmt werden.

3D Druck Verfahren

Die Verfahren kann man in drei Gebiete einteilen:

- Verfahren die mit Flüssigkeit arbeiten
 - Z.B. Stereolithographie
- Verfahren die mit Pulver arbeiten
 - Z.B. Laser Sintering, Binder Jetting
- Schmelzschichtungsverfahren
 - Fused Filament Fabrication

Fused Filament Fabrication

Das FFF Verfahren ist sehr stark verbreitet, weil es für den Heimgebrauch am besten geeignet ist (günstig, keine gefährlichen Chemikalien, Größe der Drucker).

Man kann das Verfahren mit einer bewegten Heißklebepistole vergleichen, da der Kunststoff im Druckkopf geschmolzen wird, sich entlang der einzelnen Achsen bewegt und genau dort Material aufträgt, wo es durch den sogenannten GCode angegeben wurde.

Häufig wird das Verfahren für Prototypen, im Hobbybereich, in der Architektur und in der Bildung angewendet.

Hauptsächlich wird das Material PLA (Polylactide) verwendet, das aus Maisstärke besteht und daher umwelttechnisch vertretbar ist.

OpenSCAD

OpenSCAD ist eine Software um 3D Modelle zu erstellen. Dieses Programm eignet sich sehr gut um detailgenaue Objekte zu modellieren. Eine Besonderheit von OpenSCAD ist, dass Code in ein Modell umgewandelt wird. Alle Angaben sind in mm oder (bei rotate) in Grad anzugeben.

Häufig verwendete Befehle sind:

- Würfel
 - `cube(Radius);`
- Quader
 - `cube([x-Länge, y-Länge, z-Länge]);`
- Kugel
 - `sphere(Radius);`
- Zylinder
 - `cylinder(h=Höhe, r=Radius);`
- Ein Objekt verschieben
 - `translate([x, y, z])`
- Ein Objekt drehen
 - `rotate([x, y, z])`
- Ein Objekt skalieren (zum Beispiel text)
 - `scale([x, y, z])`
- Um ein Modell zu drucken, das aus mehreren Teilmodellen besteht, sollte man dieses zuvor Vereinigen
 - `union() {Objekt1; Objekt2;}`
- Um ein Objekt2 von Objekt1 abzuziehen (um zum Beispiel Löcher oder Aussparungen zu machen) verwendet man
 - `difference() {Objekt1; Objekt2;}`
- Um die Auflösung eines Objekts zu verändern kann man folgende Variable verändern:
 - `$fn`

Hilfe findet man auch online unter <http://www.openscad.org/documentation.html>

Druckprozess

Um von einer Idee zum ausgedruckten Objekt zu kommen gibt es einige Zwischenstationen:

- Idee
- Modellieren/Scannen/fertiges Modell aus einer Datenbank herunterladen
 - Im STL Format
- Druckeinstellungen mit einem Slicer festlegen
- Mit dem Slicer das STL File in GCode umwandeln
- GCode via Kabel oder SD Karte an den Drucker übergeben
- Drucker vorbereiten
 - Material einlegen
 - Druckplatte säubern und für eine gute Haftung des Objekts auf der Platte sorgen
- Druck starten und zur Sicherheit beobachten!

Anwendungen

3D Druck findet mittlerweile in vielen Bereichen Anwendung. Je nachdem welche Objekte gedruckt werden, werden auch verschiedene Verfahren angewendet!

- Gescannte Figuren
- Hausbau
- Zwischensohlen von Schuhen
- Ersatzteile
- Schmuck, Kleidung
- Medizin
- Kunst

Quellen:

Stiller, Heiner. Franzis Verlag (2014): 3D-Drucken für Einsteiger. Ohne Frust 3D-Drucker selbst nutzen. ISBN: 9783645603010

Hanselmann, Jochen; Micieli Roberto. Franzis Verlag (2014): Coole Objekte mit 3D-Druck. Von der Idee zum räumlichen Gegenstand: Materialien, Verfahren, Programme, 3D-Design und 3D-Scannen. ISBN: 9783645603225

Kintel, Marius (o.J.): OpenSCAD Documentation. Hg. v. OpenSCAD. Online verfügbar unter <http://www.openscad.org/documentation.html>, zuletzt geprüft am 01.02.2018.

Fragebogen „Vorerfahrung“

Wenn du an 3D Druck denkst, was fällt dir zu diesem Thema ein?

Hast du schon einmal einen 3D Drucker gesehen oder benutzt?

☐

Benutzt

☐

Gesehen

☐

Nein, noch nie

Kennst du 3D Druck Verfahren

☐

Ja

☐

Nein

Wenn ja: Welche?

Kennst du Anwendungen von 3D Druck

☐

Ja

☐

Nein

Wenn ja welche?

Kennst du das Programm OpenSCAD

☐

Ich kenne es

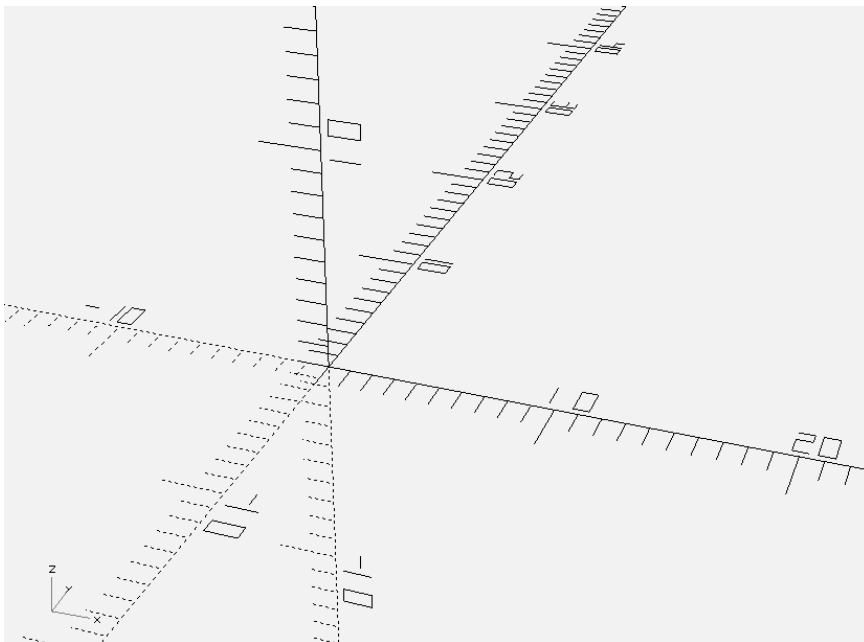
☐

Ich habe bereits damit gearbeitet

☐

Ich kenne es nicht

Zeichne in das Koordinatensystem einen Quader mit Länge 10mm, Breite 20mm, Höhe 30mm ein:



Fragebogen „Eindrücke nach den Einheiten“

Erkläre in einem Satz was 3D Druck ist.

Was hat dir besonders gut an den zwei Unterrichtseinheiten über 3D Druck gefallen?

Was hat dir nicht so gut an den zwei Unterrichtseinheiten über 3D Druck gefallen?

Kreuze zutreffendes an:

Ich kenne verschiedene Anwendungsgebiete des 3D Drucks

☐ trifft nicht zu ☐ trifft eher nicht zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft zu

Ich kann selbständig einen Würfel in OpenSCAD programmieren.

☐ trifft nicht zu ☐ trifft eher nicht zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft zu

Ich kann in eigenen Worten beschreiben, wie ein 3D Drucker mit dem FFF Verfahren funktioniert.

☐ trifft nicht zu ☐ trifft eher nicht zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft zu

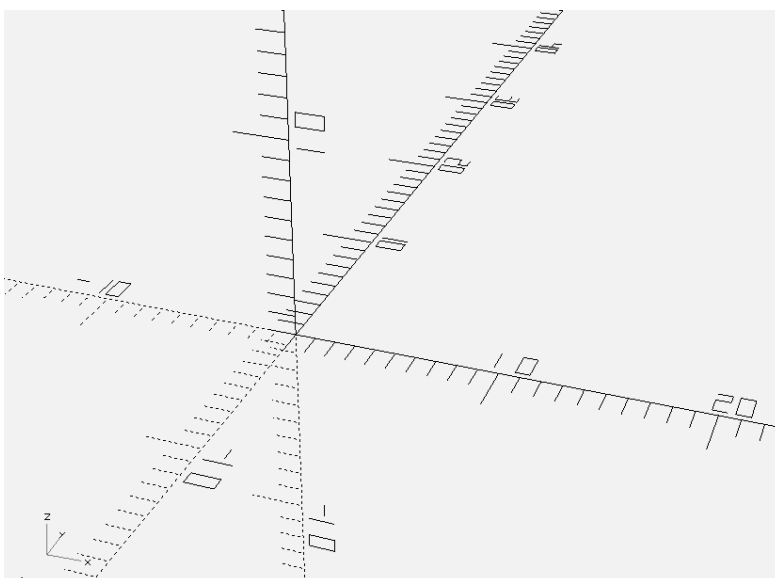
Ich weiß wie man von einer Idee zum ausgedruckten 3D Objekt kommt.

☐ trifft nicht zu ☐ trifft eher nicht zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft zu

Das Erlernen von OpenSCAD fiel mir leicht

☐ trifft nicht zu ☐ trifft eher nicht zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft zu

Zeichne in das Koordinatensystem einen Quader mit Länge 10mm, Breite 20mm, Höhe 30mm ein:



Auswertungen der Fragebögen

Vorerfahrungen

Wenn du an 3D Druck denkst, was fällt dir zu dem Thema ein?

Gruppe 1:

1. -
2. 3D Modelle
3. -
4. 3 Dimensionale Objekte drucken
5. An den tollen Workshop heute
6. -
7. Eine Möglichkeit dreidimensionale Gegenstände herzustellen
8. -
9. -
10. -
11. -
12. An den coolsten Workshop den ich je haben werde

Gruppe 2

1. Dinge die du am Computer erstellst und dann druckst
2. -
3. 3D-Drucker
4. -
5. Formen, Computer, Technik
6. -
7. 3D Drucker
8. Objekte, Filament
9. es ist ein Drucker der Gegenstände druckt/macht
10. -
11. Objekte drucken

Gruppe 3

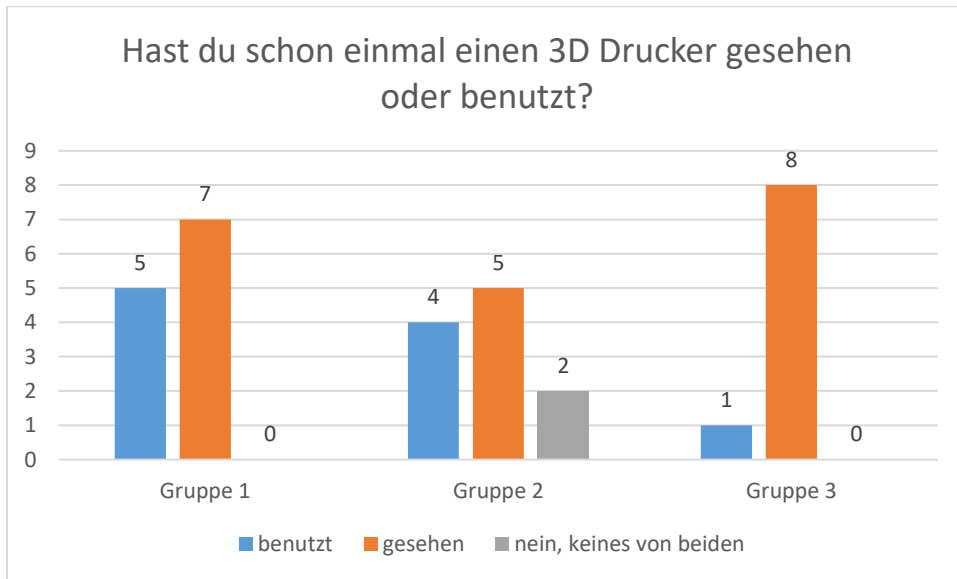
1. Ein Drucker mit dem man Objekte druckt
2. Drucken in 3D
3. Innovation
4. Eine große Maschine, bunte Gegenstände
5. ich habe eine Sendung darüber gesehen wo Schuhe gedruckt werden, hat aber nicht funktionier
6. noch in Versuchung, es gibt schon einige Objekte
7. druckt Objekte
8. Plastik Figuren
9. —

Gesamtanzahl der SchülerInnen: Gruppe 1: 12 SchülerInnen

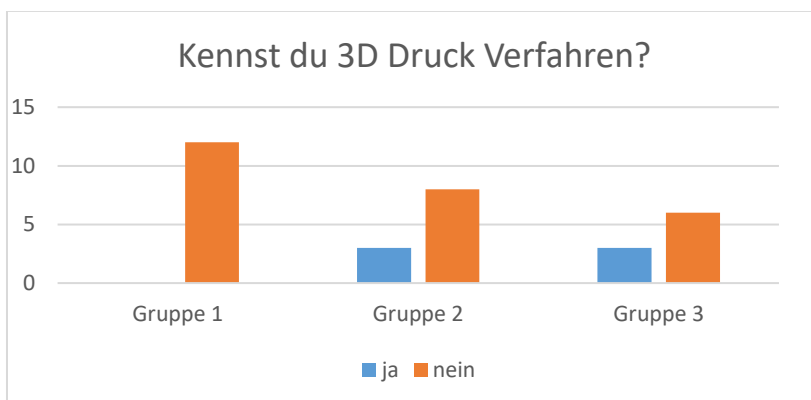
Gruppe 2: 11 SchülerInnen

Gruppe 3: 9 SchülerInnen

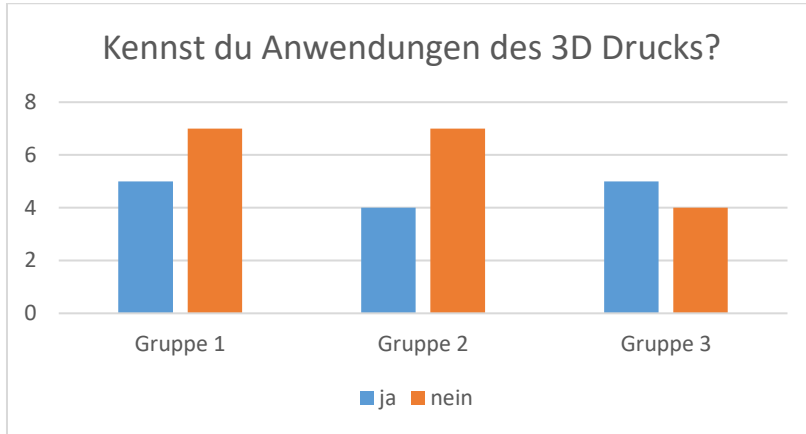
Hast du schon einmal einen 3D Drucker gesehen oder benutzt?			
	benutzt	gesehen	nein, keines von beiden
Gruppe 1	5	7	0
Gruppe 2	4	5	2
Gruppe 3	1	8	0



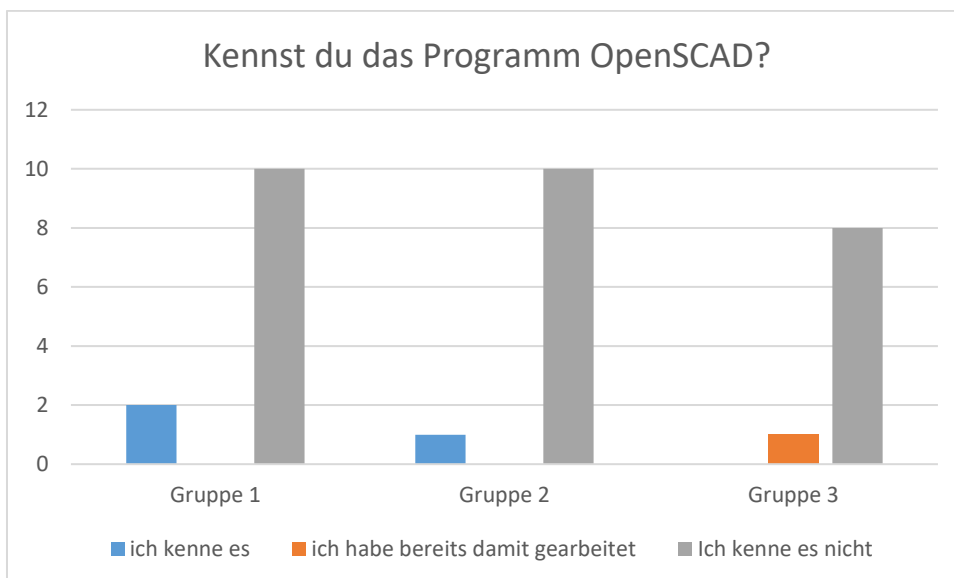
Kennst du 3D Druck Verfahren		
	ja	nein
Gruppe 1	0	12
Gruppe 2	3	8
Gruppe 3	3	6



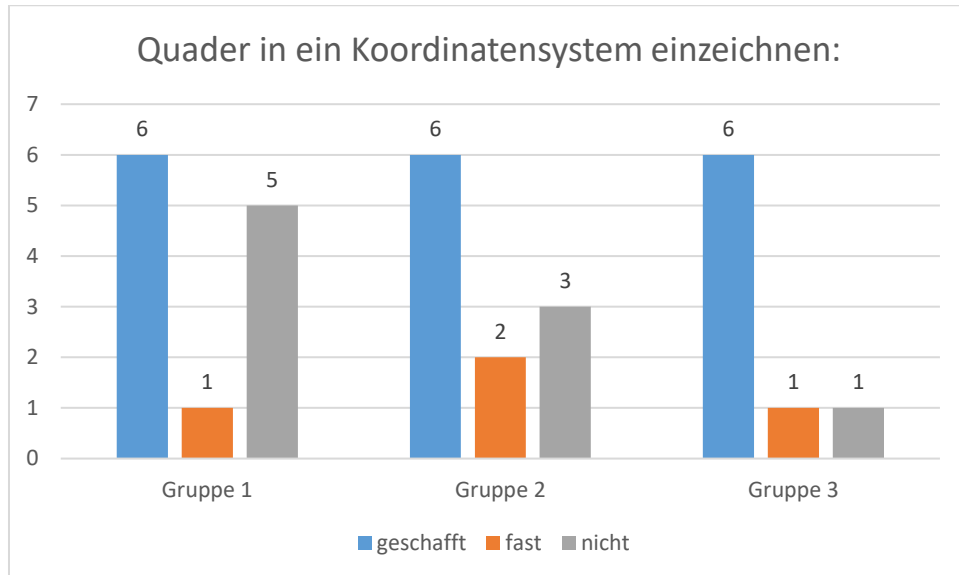
Kennst du Anwendungen von 3D Druck		
	ja	nein
Gruppe 1	5	7
Gruppe 2	4	7
Gruppe 3	5	4



Kennst du das Programm OpenSCAD			
	ich kenne es	ich habe bereits damit gearbeitet	Ich kenne es nicht
Gruppe 1	2	0	10
Gruppe 2	1	0	10
Gruppe 3	0	1	8



Quader Koordinatensystem			
	geschafft	fast	nicht
Gruppe 1	6	1	5
Gruppe 2	6	2	3
Gruppe 3	6	1	1



Eindrücke nach den Einheiten

Erkläre in wenigen Sätzen was 3D Druck ist.

Gruppe 1

1. -
2. Ein Verfahren womit man Objekte in 3D ausdrucken kann
3. Ein Automatischer Bau/Druck Prozess welcher durch ein aufbauendes Verfahren funktioniert.
4. Herstellung eines Objektes, welches 3Dimensional ist. Wie ein 2D-Drucker
5. Ein Prinzip mit dem man Objekte drucken kann
6. -
7. -
8. Objekt wird mit SCAD erstellt und
9. 3D-Druck ist eine Methode, um dreidimensionale Objekte "auszudrucken"
10. Drei dimensionales Drucken den ausdruck kann man anfassen

Gruppe 2

1. -
2. Mit einer Düse wird eine Masse auf eine Fläche gedrückt. So wird schicht für schicht eine Figur gebaut.
3. etwas das man vorher modliert hat, wird dann gedruckt so das man es anfassen kann
4. Er druckt Gegenstände die man vorher modelliert hat
5. 3D Druck ist das herstellen von per Computer erstellten Produkten
6. Ein Gerät welches aus Kunststoff kleine Modell Druckt
7. 3D-Druck ist eine neue Möglichkeit, Dinge dem Menschen zu erleichtern (Medizin, Haus usw)
8. Man kann Objekte am computer konstruieren und anschließend dreidimensional Ausdrucken
9. Ein Stück aus Plastik Drucken welches 3D ist.
10. 3D-Druck ist ein verfahren in dem Objekte gedruckt werden
11. Das maschinelle Erstellen von Modellen

Gruppe 3

1. Sachen in 3D drucken. Schicht für Schicht wird alles mit verschiedenem Material aufgetragen.
2. Es werden aus PLA 3d Objekte Schicht für Schicht gedruckt
3. Mit bestimmter Materie (Kunststoff, Metall usw.) wird im 3D-Drucker Schicht für Schicht die Masse aufgetragen. So entsteht ein 3D Objekt.
4. -
5. Objekte die am Computer erstellt werden können aus einem Material gedruckt werden.
6. Ein Drucker der Objekte Drucken kann
7. Ein Gerät das 3D-Objekte mit Kunststoff druckt
8. 3D Drucken eines PLA's
9. -

Was hat dir besonders gut an den zwei Unterrichtseinheiten über 3D Druck gefallen?

Gruppe 1

1. Das Drucken
2. es war sehr spannend
3. Alles! :)
4. Präsentationen, Drucken
5. Die Programme und das man Kekse drucken könnte
6. Das modellieren
7. Modellieren
8. Der 3D-Drucker :)
9. Mit hat das Modellieren sehr gut gefallen
10. Kreativität, selbst was ausdrucken

Gruppe 2

1. -
2. Das wir selbstständig Programmieren konnten
3. Man weiß viel mehr darüber/man konnte selbst etwas herstellen
4. Das Model machen und zu zuschauen wie es druckt
5. Das Modellieren
6. Die 3D-Drucker
7. SELBER ZU PROGRAMMIEREN
8. Dass wir selbständig arbeiten durften und alle Fragen beantwortet werden konnten
9. Die Präsentationen waren gut
10. Das Modellieren eines eigenen Objekts.
11. Das wir selbstständig arbeiten konnten

Gruppe 3

1. Wir haben sehr viel neues gelernt und es war sehr interessant. Wir konnten unsere eigenen figuren erstellen.
2. Das selber modellieren
3. Das wir alles ausprobieren und selbst machen durften. Wir haben in kurzer Zeit sehr viel gelernt. Danke für die Mühe & den tollen Workshop.
4. Programmieren
5. Das Erstellen der Figur
6. Die drucker und die anwendungen
7. das eigene modellieren
8. Das immer geholfen wurde, und alles Bestens erklärt war.
9. Das wir unser eigenes Modell drucken durften.

Was hat dir nicht so gut an den zwei Unterrichtseinheiten über 3D Druck gefallen?

Gruppe 1

1. -
2. -
3. -
4. -
5. Nichts
6. Das Drucken weil es so lange dauert... (no offense)
7. Nichts
8. -
9. -
10. nix.

Gruppe 2

1. -
2. Nichts
3. nichts, alles war besonders und schön
4. Nichts
5. Nichts eigentlich
6. Das es so lange dauert
7. KOMPLIZIERT DIE CODES ZU LERNEN
8. Mir gefiel eigentlich alles sehr gut
9. 5x5 zu klein :(
10. Die Erinnerungen/Fragen am Anfang der zweiten Einheit
11. Nichts, alles top

Gruppe 3

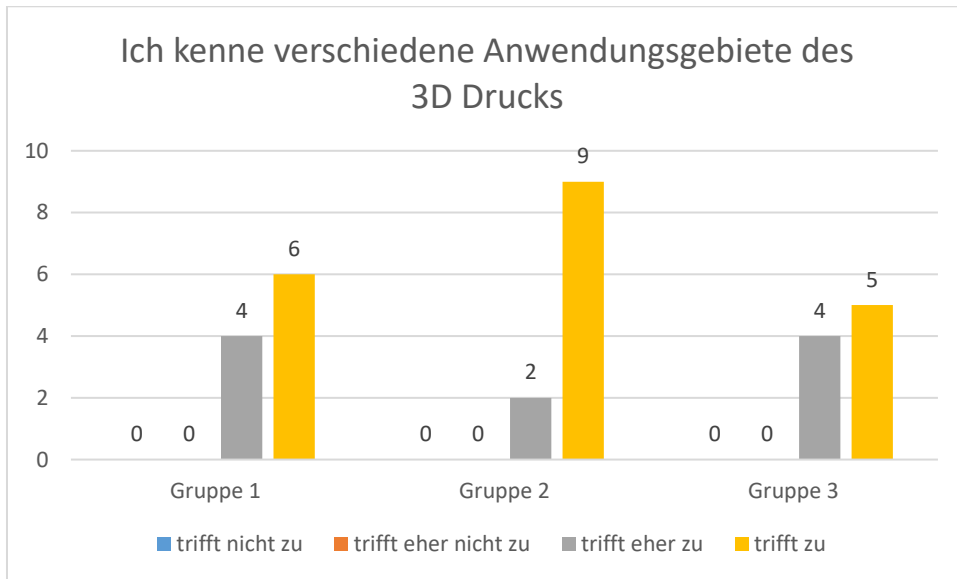
1. nichts :-)
2. -
3. -
4. -
5. X
6. X
7. Nichts
8. Alles war perfekt
9. nix

Gesamtanzahl der SchülerInnen: Gruppe 1: 10 SchülerInnen

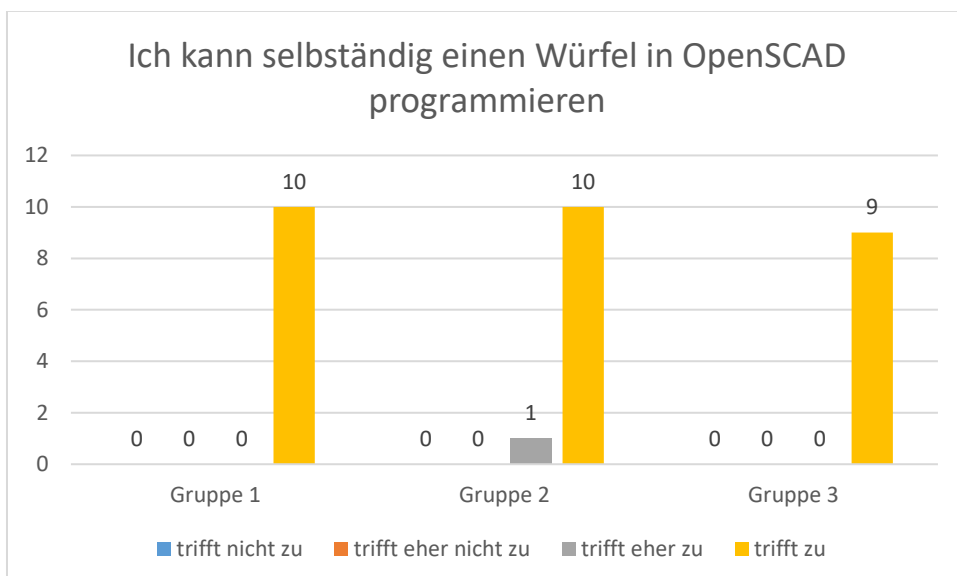
Gruppe 2: 11 SchülerInnen

Gruppe 3: 9 SchülerInnen

Ich kenne verschiedene Anwendungsgebiete des 3D Drucks				
	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
Gruppe 1	0	0	4	6
Gruppe 2	0	0	2	9
Gruppe 3	0	0	4	5



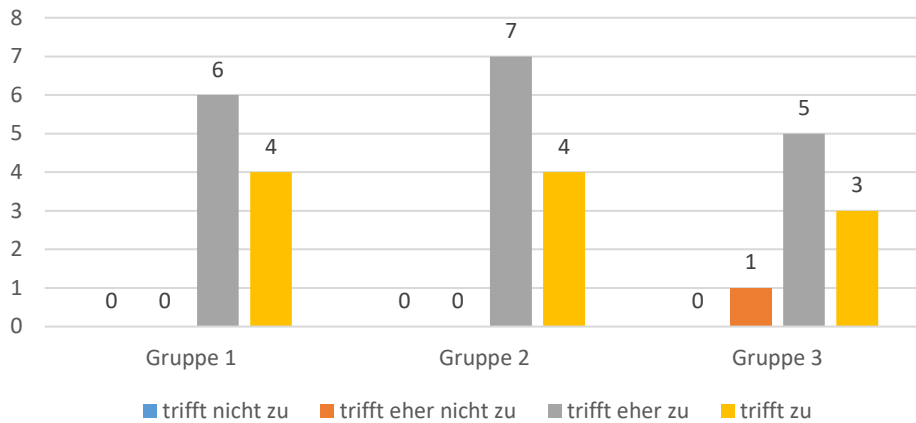
Ich kann selbständig einen Würfel in OpenSCAD programmieren				
	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
Gruppe 1	0	0	0	10
Gruppe 2	0	0	1	10
Gruppe 3	0	0	0	9



Ich kann in eigenen Worten beschreiben, wie ein 3D Drucker mit dem

	trifft nicht zu	trifft eher nicht	trifft eher zu	trifft zu
Gruppe 1	0	0	6	4
Gruppe 2	0	0	7	4
Gruppe 3	0	1	5	3

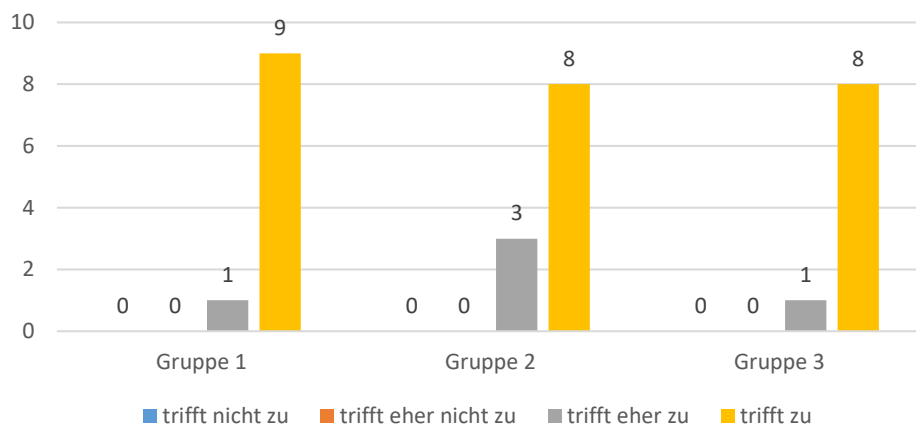
Ich kann in eigenen Worten beschreiben, wie ein 3D Drucker mit dem FFF Verfahren funktioniert.



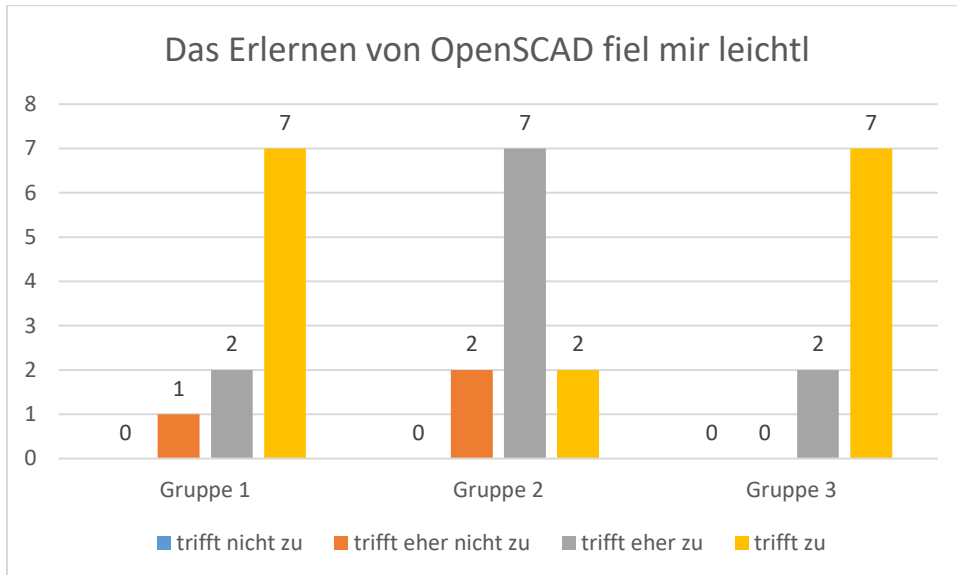
Ich weiß wie man von einer Idee zum ausgedruckten 3D Objekt kommt

	trifft nicht zu	trifft eher nicht	trifft eher zu	trifft zu
Gruppe 1	0	0	1	9
Gruppe 2	0	0	3	8
Gruppe 3	0	0	1	8

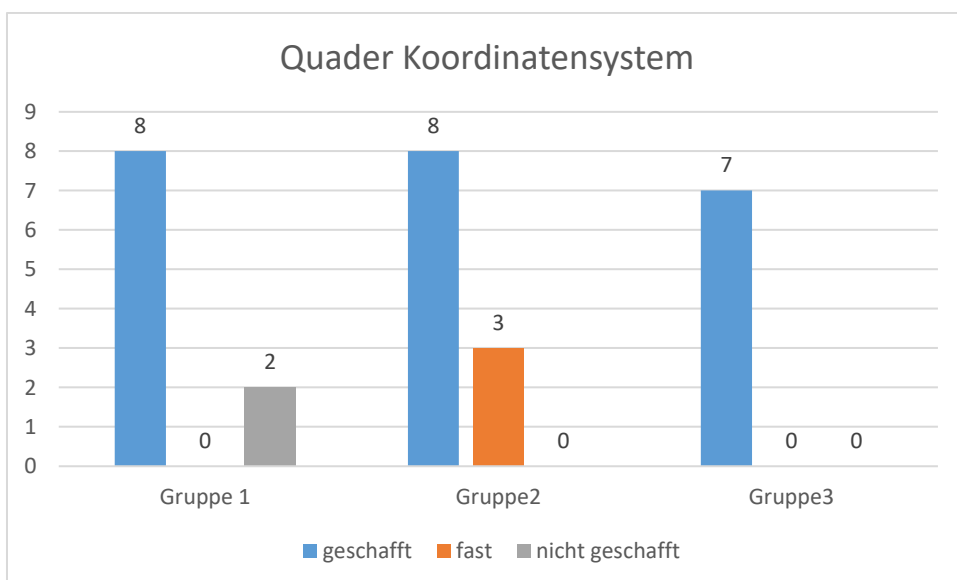
Ich weiß wie man von einer Idee zum ausgedruckten 3D Objekt kommt.



Das Erlernen von OpenSCAD fiel mir leicht				
	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
Gruppe 1	0	1	2	7
Gruppe 2	0	2	7	2
Gruppe 3	0	0	2	7



Quader Koordinatensystem			
	geschafft	fast	nicht geschafft
Gruppe 1	8	0	2
Gruppe 2	8	3	0
Gruppe 3	7	0	0



Gesammelte Fragen der SchülerInnen

14.02.2018

- Was hat ein teurerer 3D Drucker für Vorteile gegenüber einem billigeren?
- Was ist das größte Objekt, das bis jetzt gedruckt wurde?
- Warum arbeitet niemand daran, 3D-Drucker so billig wie möglich zu machen, damit auch ein „normaler“ Bürger sich einen leisten kann.
- Gibt es noch andere Programme, die mit 3D-Druck kompatibel sind?
- Wie kann man größere Objekte drucken, und gibt es eine Möglichkeit sich etwas drucken zu lassen?
- Wie oder mit welchem Programm kann man detailliertere Objekte modellieren und drucken?
- Was für berühmte Marken stellen 3D-Drucker her?
- Was sind die bekanntesten Programme zum Modellieren der Objekte?
- FFF -> Kann man Glas drucken?
- Kann man Kekse drucken?

15.02.2018

- Wie viel kostet ein 3D-Drucker? (Der Beste?)
- Gibt es eine Möglichkeit verwendetes Material wieder zu verwenden?
- Ist es möglich ein Objekt in mehreren Farben zu drucken?
- Wie viele Programme zum Modellieren gibt es ungefähr?
- Wie viel kostet ein 3D-Programm?
- Was ist die max. Größe einer Figur?
- Wo bekommt man einen qualitativ guten 3D-Drucker? Wie viel kostet der 3D-Drucker?
- Bei welcher Preis-Klasse sollte man beginnen bei einem Kauf eines 3D-Druckers?
- Was ist das beste Material zum Modell-drucken?

20.02.2018

- Kann man in verschiedenen Farben drucken?
- Kann man sein eigenes Gesicht drucken?
- Wird man irgendwann Organe drucken können?
- Wie heiß wird das Material während es gedruckt wird?
- Was ist die Maximale Druckgröße (Ultimaker/RF100)
- Warum ist es nicht möglich extrem fein zu drucken?
- Wie groß ist der Größte 3D-Drucker der Welt?
- Könnte man theoretisch einen 3D-Drucker in einem 3D-Drucker drucken?
- Womit werden diese Häuser aus dem 3D-Druck gedruckt? Mit welchem Stoff und Drucker?
- Wo werden die Drucker verwendet?
 - Wofür werden 3D-Drucker verwendet?
- Wann plant man 3D-Drucker in den Schulen einzuführen?
- Kann es passieren, dass in einigen Jahren dann jeder einen 3D-Drucker zu Hause hat?

Zusammenfassung

In der vorliegenden Diplomarbeit wird der Frage nachgegangen, welche Methoden sich eignen, um SchülerInnen bestmöglich an das Thema 3D Druck und das Erstellen von dreidimensionalen Objekten heranzuführen und inwiefern sich das Tool OpenSCAD zur Einführung in die Modellierung eignet.

Der 3D Druck und seine Funktionen sowie das Programmieren mit Open SCAD werden theoretisch beleuchtet, seine Einsatzmöglichkeiten im fächerübergreifenden Unterricht thematisiert, sowie ein Konzept entwickelt, welches aufzeigt, wie das Modellieren von 3D Objekten mit Open SCAD bestmöglich im Unterricht eingesetzt werden kann, um SchülerInnen in die Welt des 3D Drucks einzuführen. Basierend auf theoretischen Grundlagen des 3D Drucks und wissenschaftlichen Studien, die sich mit den Methoden des fächerübergreifenden Unterrichtens befassen, wurden zwei Unterrichtskonzepte entwickelt, die an SchülerInnengruppen der 8. Schulstufe in dem GRG Kundmannngasse, 1030 Wien getestet wurden.

Die Konzepte werden durch Fragebögen und Reflexionen der Lehrperson auf ihre Unterrichtstauglichkeit untersucht und positive und negative Elemente ermittelt. Mit der Auswertung der Fragebögen und Reflexionen wird aus den Ergebnissen dieser Forschung ein weiteres, finales Konzept entwickelt, welches durch einen erneuten Forschungsdurchgang erneut bewertet wird.

Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass keines der beiden ursprünglichen Konzepte „perfekt“ war. Erst eine Mischung der Unterrichtsmethoden aus beiden Konzepten für verschiedene Inhaltblöcke ergaben ein taugliches Unterrichtskonzept.

Für das Erlernen von OpenSCAD stellte sich der lehrerzentrierte Unterricht als besser geeignet dar. Für die Themengebiete „Von der Idee zum Objekt“ bzw. „Fused Filament Fabrication“ stellten sich die Gruppenarbeiten als beste Methode heraus. OpenSCAD hat sich außerdem als ein sehr geeignetes Tool zur Einführung der Schülerinnen und Schüler in die Modellierung erwiesen.

Dies kann als wesentliches Ergebnis der Diplomarbeit gesehen werden, welches sich auch in zusätzlich durchgeführten Befragungen der SchülerInnen widerspiegelte und im Resümee der Arbeit vertieft wurde.

Abstract

This diploma thesis pursues the question, which methods work best to teach pupils 3D printing and techniques to produce three-dimensional objects and tests as well if the tool OpenSCAD is suitable to introduce pupils to modelling in 3D printing.

The thesis aims to illustrate the different perspectives of the idea of 3D printing and its functions in natural sciences, as well as its possible applications in interdisciplinary lessons in school. Furthermore the author designs a concept that explains how modelling of 3D objects with OpenSCAD is applied best to teach pupils 3D printing. Based on theoretical principles and scientific studies, which deal with methods of interdisciplinary teaching, the author first develops two “teaching concepts” and tested them on groups of pupils attending the eighth grade of the school GRG Kundmannngasse in Vienna.

The concepts were tested through questionnaires for pupils and reflections of the teacher, both assessed on their suitability for teaching classes. The outcomes of the analysis of the questionnaires and reflections allowed the development of an optimised, “final” concept. This concept got tested and analysed as well. The outcomes show that, neither the first nor the second concept were fully convincing. Only a combination of teaching methods, mixing elements of both concepts, achieved satisfactory results. Teacher-centred lessons worked best to teach pupils the programme Open SCAD. For the topics “from the idea to the final object” and „Fused Filament Fabrication“ working and learning in groups worked best. Additionally it could be proofed, that OpenSCAD is a suitable tool to teach modelling. Those outcomes are the most important of the thesis and were enforced in the résumé.