



# 3D-Druck im fächerübergreifenden Unterricht

Hermann Morgenbesser

## 1. Einleitung

Im folgenden Artikel möchte ich eine kurze Einführung in die Arbeit mit 3D-Druckern in der Schule geben. Gleichzeitig soll auch die wesentliche Grundinformation zu diesem Thema überblicksmäßig angeführt werden. Ich verzichte hier auf jegliche technische Details, um die Lesbarkeit des Textes für Einsteiger/innen zu erhalten. Wissenschaftliche Fachliteratur lässt sich relativ rasch durch die Eingabe eindeutiger Suchwörter in diversen Bibliothekskatalogen auffinden. Am Ende dieses Artikels findet sich eine Unterrichtssequenz, die ohne großen Aufwand in der Sekundarstufe 1 verwendet werden kann.

## 2. Was versteht man unter dem 3D-Druck?

Der 3D-Druck ist ein generatives Fertigungsverfahren, nach dem Aufbauprinzip der additiven Fertigung bezeichnet.

"Die Additive Fertigung bezeichnet einen Prozess, bei dem auf der Basis von digitalen 3D-Konstruktionsdaten durch das Ablagern von Material

schichtweise ein Bauteil aufgebaut wird. Immer häufiger wird der Begriff "3D-Druck" als Synonym für die additive Fertigung verwendet"[1]

Beim 3D-Druck werden dreidimensionale Werkstücke schichtweise aufgebaut.

### 3. 3D-Drucktechnologien

Es gibt verschiedene 3D-Drucktechnologien, deren Aufzählung hier aus Platzgründen nicht durchgeführt werden kann. Das wichtigste Unterscheidungsmerkmal sind die Layer, also die Schichten, aus denen die Produkte erstellt werden. SLS (selektive Lasersinterung), die FDM (Fused Deposition Modeling) und SLA (Stereolithographie) sind die am weitesten verbreiteten Technologien für den 3D-Druck.

Für diese Techniken verwendet man geschmolzene oder erweichte Materialien, um Schichten zu erzeugen.

Im 3D-Druckverfahren wird das Objekt in drei Dimensionen gedruckt. Ein 3D-Modell wird schichtweise aufgebaut. Daher wird der ganze Prozess als Rapid Prototyping oder 3D-Druck bezeichnet.

Die Auflösung der aktuellen Drucker liegt bei 326 x 328 x 606 DPI (xyz) bei 656 x 656 x 800 DPI (xyz) in Ultra-HD-Auflösung. Die Genauigkeit beträgt 0,025 mm – 0,05 mm pro Zoll. Die Modellgröße beträgt bis zu 737 mm x 1257 mm x 1504 mm.

Der größte Nachteil für den Betrieb als HeimanwenderIn sind immer noch die Kosten für den 3D-Drucker. Ein weiterer Nachteil ist, dass es Stunden oder sogar Tage dauert, um ein 3D-Modell zu drucken (abhängig von der Komplexität und Auflösung des Modells). Darüber hinaus ist die professionelle 3D-Software und das elaborierte 3D-Modell-Design auch mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden.

Alternativ gibt es allerdings auch 3D-Drucker für den Heimwerkerbereich, die viel günstiger sind, wie zum Beispiel der Hephaistos 2, mit dem wir im unten angeführten Unterrichtsbeispiel gearbeitet haben. Dieser Drucker kann im Selbstbau hergestellt werden.[2] Die Verbrauchsmaterialien, wie

zum Beispiel das benötigte Filament, das für diesen 3D-Drucker verwendet wird, sind vergleichsweise günstig in der Anschaffung.

Im professionellen Bereich setzt man zur Produktion von 3D-Gedrucktem häufig die sogenannten "Rapid Prototyping Maschinen"[3]

#### 4. Was ist der Unterschied zwischen Rapid Prototyping Maschinen und 3D-Druckern?

3D-Drucker sind – grob gesagt – die vereinfachte Version von Rapid Prototyping (RP) Maschinen. Rapid Prototyping ist eine konventionelle Methode, die seit Jahren in der Automobil- und Flugzeugindustrie eingesetzt wird. Im Allgemeinen sind 3D-Drucker kompakt und kleiner als RP-Maschinen. Sie sind ideal für den Einsatz in Büros. Sie benutzen weniger Energie und nehmen weniger Platz ein. 3D-Drucker sind für die geringe Volumenwiedergabe von realen Objekten aus Nylon oder anderen Kunststoffen ausgelegt. Das bedeutet auch, dass 3D-Drucker kleinere Teile machen. Rapid Prototyping Maschinen haben Baukammern von mindestens 10 Zoll auf einer Seitenfläche, ein 3D-Drucker hat weniger als 8 Zoll auf einer Seite. Allerdings ist ein 3D-Drucker in der Lage, alle Funktionen der Rapid-Prototyping-Maschine wie die Überprüfung und Validierung Design, die Schaffung von Prototypen, Remote-Sharing von Informationen etc. zu verarbeiten.

Folglich sind 3D-Drucker einfach zu handhaben und billiger zu pflegen. Sie können eine dieser DIY-Kit auf dem Markt kaufen und sich selbst aufbauen.

3D-Drucker sind, zusammengefasst formuliert, billiger als die professionelle Rapid Prototyping Lösungen, und sie sind für unter 1000€ erhältlich[4], während eine professionelle Rapid Prototyping Maschine mindestens \$ 50.000 kostet.

3D-Drucker sind allerdings auch weniger genau als Rapid Prototyping-Maschinen. Wegen dieser geringeren Druckgenauigkeit sind auch die Verbrauchsmaterialien im 3D-Druck auf die Heimanwendung begrenzt und im finanziell erschwinglichen Bereich angesiedelt.

## 5. Kurzüberblick zur Geschichte des 3D-Druckverfahrens:

Ein vollständiger Überblick über die Entwicklung dieser Technologie würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, daher sollen nur einige Fakten aus dem letzten Jahrzehnt angeführt werden:

- Im November 2010 wurde Urbee, das erste Prototypauto vorgestellt. Dies ist das erste Auto, das auf einem großflächigen 3D-Drucker ausgedruckt wurde. Alle Außenkomponenten, einschließlich der Glaspanel-Prototypen, wurden mit den "Dimension 3D Printers" und dem "Fortus 3D Production System" im digitalen Fertigungsservice erstellt.
- Im Dezember 2010 wurden, unter der Verwendung der "Bioprinting-Technologie", die ersten vollständig 3D-gedruckten Blutgefäße erstellt.
- Im Juli 2011, haben ForscherInnen in Exeter, in Großbritannien, den weltweit ersten 3D-Schokoladendrucker vorgestellt.
- Im August 2011 wurde das weltweit erste 3D-Flugzeug, das von IngenieurInnen an der University of Southampton erstellt wurde, gestartet.
- Im September 2011 wurde von der Technischen Universität Wien nun ein kleineres, leichteres und preiswerteres Druckgerät entwickelt. Dieser kleinste 3D-Drucker wiegt 1,5 Kilogramm, er kostet heute etwa 600 Euro.

## 6. 3D-Druck in der Heimanwendung

3D-Drucker für HeimanwenderInnen ermöglichen die Herstellung von Objekten wie kleine Spielzeuge, Schmuck oder Stiftbecher. Strukturell komplexere, sehr belastbare Objekte und einwandfreie Kurven sind nur mit professionellen Druckern herstellbar. Neben den auch bei 2D-Druckern wesentlichen Eigenschaften wie Geschwindigkeit und Auflösung ist bei 3D-Druckern wichtig, welche Materialien verwendet und verarbeitet werden.

Es ist außerdem möglich, ein 3D-gedrucktes Objekt in einem "FabLab" ausdrucken zu lassen, oder die benötigte CAD-Datei bei einem der 3D-Druckservices hochzuladen, um sich das ausgedruckte Produkt anschließend nach Hause liefern zu lassen. 3D-Scanner wandeln Objekte in digitale Daten um. Dies funktioniert bereits mit einer einfachen Webcam und einer speziellen Software[5]. Es werden Online-Dienste

angeboten, die ein solches analoges Objekt anhand von Fotos aus verschiedenen Perspektiven in eine Datei umwandeln.

Es sei allerdings angemerkt, dass das Urheberrecht und das Patentrecht in vielen dieser Anwendungsbereiche erst erarbeitet werden muss. Es empfiehlt sich daher eine genaue Klärung der Herkunft einer eventuellen Bild- oder Objektvorlage, bevor man ans Arbeiten in der Schule denkt.

### 6.1. 3D-Druck von Metallen

Für industrielle Anwendungen werden 3D-Drucker, welche Metall verarbeiten können, immer interessanter. Das liegt vor allem in der Tatsache begründet, dass sich so auch relativ einfache Bauteile herstellen lassen, die sich aufgrund der komplexen Geometrie nicht mit den konventionellen Fertigungsverfahren herstellen lassen. Darüber hinaus kann eine breite Palette an Metallen und Legierungen für den 3D-Druck verwendet werden. 3D-Druck mit Metallen für die Heimanwendung ist derzeit, wegen der Komplexität der Maschinen mit Lasertechnik, wie zum Beispiel Galvo-Scannern weitaus aufwendiger und kostspieliger als die Verwendung von Geräten mit der billigen FDM-Technologie.

### 6.2. Kunststoffe im 3D-Druckverfahren

Die weit verbreiteten 3D-Drucker für die Heimanwendung (besonders RepRap-Modelle) verwenden zum Großteil PLA- oder ABS-Filamente, welche sich auf Grund der sehr einfachen Verarbeitbarkeit und des günstigen Preises besonders eignen. Gerade durch die geringe Schmelztemperatur und die geringe Neigung zum Warping unterstützen praktisch alle bekannten 3D-Drucker für die Heimanwendung diesen Materialtyp.

## 7. 3D-Druck in der Kunst

Die Kunstwelt nutzt zunehmend den 3D-Druck. Bildhauer, die dreidimensionale Objekte herstellen, haben in diesem Bereich auch immer einen Blick für das technisch Machbare.

Die 3D-Drucktechnik erweist sich hier als Erweiterung, weil auch komplexeste Formen möglich sind. Im Wesentlichen ist aber in die Anwendung im Design- und Modebereich am weitesten fortgeschritten.

## 8. 3D-Druck in wissenschaftlichen Laboratorien

In biotechnologischen, chemischen und physikalischen Laboren wird der 3D-Druck angewendet, um Reaktionsgefäße, Messapparaturen und Minireaktoren geeigneter Geometrie zu erzeugen. Beispielsweise werden Stopped-Flow-Kammern und Strömungsreaktoren für die Umsetzung von sehr kleinen Volumina im Bereich weniger Milliliter gedruckt

Eine der wichtigsten Anwendungen des 3D-Druckens ist die medizinische Industrie. Mit dem 3D-Druck können ChirurgInnen patientenspezifische 3D-gedruckte Modelle von Körperteilen oder Organen der Patienten produzieren. StudentInnen können diese Modelle verwenden, um für spätere Operationen zu üben und besser auf das spätere Berufsfeld vorbereitet zu werden.

## 9. 3D-Druck im Unterricht

Der Einsatz von 3D-Druckern im Unterricht ist, auf Grund des zeitlich recht hohen Aufwands sicherlich nur in Form von fächerübergreifenden Projekten möglich, zumal das Erstellen von Modellen mit der Verwendung eines CAD-Programmes einhergeht. Weiters ist das Inbetriebnehmen und das wieder Verstauen der einzelnen Elemente des Druckers relativ zeitaufwendig.

Ich schließe abschließend ein Lernszenario an, das fächerübergreifend zwischen den Gegenständen Informatik, Bildnerische Erziehung und Geometrisches Zeichnen am BG/BRG Klosterneuburg durchgeführt wurde.

Wir haben nach Methode der Erstellung eines "Future Classroom Lernszenarios"[6] und nach dem Modell des Lernens nach dem Vorbild des "European Schoolnet" unterrichtet. Zur Klärung des Begriffes "Lernszenario" verweise ich auf die Website des Future Classroom Labs[7], zumal der Rahmen dieser Arbeit gesprengt würde, wenn alle Details eines Lernszenarios hier angeführt werden müssten.

Im Folgenden möchte ich die Grobplanung der verwendeten Unterrichtssequenz abbilden. Wichtig erscheint vorab auch noch die Anmerkung, dass wir dieses Projekt im eigenverantwortlichen Lernen der SchülerInnen (Inquiry based learning) eingesetzt haben, da eine permanente Kontrolle aller Stationen des Druckens durch eine Lehrkraft nicht sinnvoll durchführbar ist. Darüber hinaus empfiehlt sich, auch aus Gründen der Sicherheit, die Anwesenheit von mehr als einer Lehrperson im Arbeitsprozess.

<b>Lernziel/ Lehrplanbezug</b>	a) 3D Objekte werden am Computer konstruiert und danach ausgedruckt. Der Unterricht geschieht fächerübergreifend zwischen dem Fach Informatik und dem Fach Darstellende Geometrie. b) Objekte aus dem kreativen Unterricht (BE, Werken) werden zuerst 3D animiert und danach ausgedruckt. Die Lernprozesse sollten in einem ePortfolio von einer Schüler/in dokumentiert werden.						
<b>Lernaktivitäten</b>							
<b>Beschreibung der Lernaktivität</b>	Schüler/innen entwerfen ihre Objekte in Papierform und erstellen ein erstes Modell am Tablet	Im Internet wird nach geeigneten Vorlagen gesucht.	Der Rohentwurf wird angepasst und digital eingelesen oder gezeichnet	Das Objekt wird mit „Google Sketchup“ Druckfertig vorentworfen.	Die Lehrkraft wird nochmals angefragt um etwaige Verbesserungen vorzunehmen.	Das Objekt wird am 3D Drucker ausgedruckt	Schüler/innen erklären den gesamten Prozess und zeigen ihre Objekte
<b>Lernumgebung</b>	real/Papier	virtuell/Internet	real/Tablet	Virtuell	Real	Real	Real
<b>verwendete Technik</b>	Papier oder Tablet und Interaktive White Board (IWB)	Tablet	Tablet	IWB	Tablet	3D Drucker	IWB
<b>Rolle der Lehrkraft</b>	beratend –motivierende Interventionen	Unterstützung bei der Suche geeigneter Quellen	Fehlerkorrekturen werden vorgenommen	Keine	Fehlerkorrekturen werden vorgenommen	Hilfestellung nur im Anlassfall	Positiv motivierende Rückmeldungen
<b>Feedback/ Assessment</b>	Alternativen zum geplanten Objekt werden durch die Lehrkraft aufgezeigt. Eventuelle Fehlentwicklungen werden zur Diskussion gestellt.	Triviale oder unpassende Links werden korrigiert.	Rohentwürfe werden bewertet, sie sind ein Teil des Pflichtenhefts der Schüler/innen.	Lehrer/innen bewerten die ersten Entwürfe.	Hilfestellungen und Alternativen sollen durch die Lehrkraft eingebracht werden.	Das gedruckte Objekt wird bewertet und eventuell korrigiert.	Eine Lehrkraft oder ein Team bewertet die Arbeiten nach einer durch die Schüler/innen gestalteten Präsentation.

Abb. 1: Grundinformationen zum Thema 3D-Druck

Es sei hier abschließend noch auf zwei Ergebnisse aus diesem Projekt hingewiesen. Beide nachfolgend abgebildeten Werke wurden mit dem oben schon angeführten "Hephaistos 2", einem selbstgebauten 3D-Drucker, gefertigt.



Abb. 2: 3D-gedruckte Schachfigur



Abb. 3: 3D-gedrucktes, funktionsfähiges Kugellager

Weitere Literatur zum Einstieg in das Thema 3D-Druck findet sich auf den folgenden Internetseiten:

<http://t3n.de/magazin/3d-druck-schicht-schicht-zukunft-230252/5/> (letzter Zugriff: 10.09.2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/3D-Druck> (letzter Zugriff: 10.09.2017)

<https://www.3d-grenzenlos.de/magazin/thema/neurochirurgie-3d-druck/> (letzter Zugriff: 10.09.2017)

---

[1] Online unter: [https://www.eos.info/additive\\_fertigung/fuer\\_technologie\\_interessierte](https://www.eos.info/additive_fertigung/fuer_technologie_interessierte) (letzter Zugriff: 27.08.2017)

[2] Online unter: <https://www.bq.com/en/hephestos-2> (letzter Zugriff: 10.09.2017)

[3] Online unter: [http://www.generativeart.de/cad/werner/rapid\\_prot.htm](http://www.generativeart.de/cad/werner/rapid_prot.htm) (letzter Zugriff: 10.09.2017)

[4] Es sei hier nochmals auf den Hephaistos 2 verwiesen, dessen Bestandteile etwa 1000€ kosten

[5] Das Programm "Sketchup" ist eine schnell erlernte Gratissoftware für den Einstieg

[6] Online unter: [https://www.youtube.com/watch?v=4gc\\_FXknKIQ](https://www.youtube.com/watch?v=4gc_FXknKIQ) (letzter Zugriff: 10.09.2017)

[7] Online unter: <http://fcl.eun.org> (letzter Zugriff: 10.09.2017)