

3D-Drucken im MINT Unterricht

Hermann Morgenbesser

Der 3D-Druck oder die additive Fertigung beschreibt den Prozess der Herstellung eines 3D-Objekts aus einem 3D-Modell oder einer anderen elektronischen Datenquelle. Der Druck entsteht durch additive Prozesse, bei denen aufeinanderfolgende Materialschichten computergesteuert abgelegt werden. Die additive Fertigung bezeichnet einen Prozess, bei dem auf der Basis von digitalen 3D-Konstruktionsdaten durch das Ablagern von Material ein Bauteil schichtweise aufgebaut wird. Immer häufiger wird der Begriff „3D-Druck“ als Synonym für die additive Fertigung verwendet.

3D - Drucktechnologien

Es gibt verschiedene 3D-Drucktechnologien. Das SLS (Selektive Lasersinterung), das FDM (*Fused Deposition Modeling*) und die SLA (*Stereolithography*) sind die am weitesten verbreiteten Technologien des 3D-Drucks. Selektives Lasersintern (SLS) und *Fused Deposition Modeling* (FDM) verwenden geschmolzene oder erweichte Materialien, um Schichten zu erzeugen.

Bei einem 3D-Drucker 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 beträgt 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 im Heimanwendungsbereich sind die Kosten für die 3D-Drucker. Ein weiterer Nachteil ist, dass es Stunden oder sogar Tage dauert, ein 3D-Modell zu drucken (abhängig von der Komplexität und Auflösung des Modells). Darüber hinaus ist die professionelle 3D-Software und das 3D-Modell-Design sehr teuer in der Anschaffung.

Alternativ gibt es bereits vereinfachte 3D-Drucker für den Hobby-Anwendungsbereich, die viel günstiger sind. Diese 3D-Drucker für den Heimgebrauch sind nicht so exakt im Ausdruck wie die kommerziellen 3D-Drucker.

Was ist der Unterschied zwischen einer einfachen *Rapid Prototyping* Maschine und einem 3D-Drucker?

3D-Drucker sind die vereinfachte Version der *Rapid Prototyping* Maschinen. Rapid Prototyping ist eine konventionelle Fertigungsmethode, die seit Jahren in der Automobil- und Flugzeugindustrie eingesetzt wird.

Im Allgemeinen sind 3D-Drucker kompakter und kleiner als RP-Maschinen. Sie sind

ideal für den Einsatz in Büros. Sie benutzen weniger Energie und nehmen weniger Platz ein. Sie sind für die geringe Volumenwiedergabe von realen Objekten aus Nylon oder anderen Kunststoffen ausgelegt. Das bedeutet auch, dass mit 3D-Druckern auch kleinere Teile anzufertigen sind. *Rapid Prototyping* Maschinen haben Baukammern von mindestens 10 Zoll im Quadrat, 3D-Drucker haben arbeiten Baukammern von weniger als 8 Zoll im Quadrat. Allerdings sind 3D-Drucker in der Lage, alle Funktionen der *Rapid-Prototyping*-Maschine, wie die Überprüfung und Validierung des Designs, die Schaffung von Prototypen und das *Remote-Sharing* von Informationen etc. zu verarbeiten

Folglich sind 3D-Drucker einfach zu handhaben und billiger zu pflegen. Sie sind günstiger im Ankauf als die professionellen *Rapid Prototyping* Maschinen. Für 1000 € oder weniger kann man einen 3D-Drucker kaufen, während eine professionelle *Rapid Prototyping* Maschine 50.000 € kostet.

3D-Drucker arbeiten allerdings weniger genau als *Rapid Prototyping*-Maschinen.

3D-Druckanwendungen

Eine der wichtigsten Anwendungen des 3D-Drucks ist die medizinische Industrie. Mit dem 3D-Druck können Chirurgen patientenspezifische 3D-gedruckte Modelle von Körperteilen oder Organen der Patienten produzieren. Chirurgen können diese Modelle verwenden, um zu planen und Operationen zu üben, die möglicherweise Leben retten.

3D-Druck macht es möglich, Entwürfe von Grund auf in wenigen Stunden zu modellieren. Damit wird es den Designern und Entwicklern ermöglicht, vom Flachbildschirm aus zum exakten, physischen Teil zu gelangen.

Heutzutage werden Luft- und Raumfahrtkomponenten aber auch Spielzeug mit Hilfe von 3D-Druckern gebaut. 3D-Druck wird auch für das Anfertigen von Schmuck, das Erzeugen von Prototypen in der Architektur und im Mode-Design verwendet.

Anschließend möchte ich einen kurzen Überblick über die Entwicklung der 3D-Drucktechnologie darstellen.

Zur Geschichte des 3D Drucks

Ein vollständiger Überblick über die weitere Entwicklung dieser Technologie würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, daher sollen hier einige Fakten aus dem letzten Jahrzehnt genannt werden

November 2010 - Urbee: Der erste Prototypwagen wird vorgestellt. Dies ist das erste Auto, das jemals seinen ganzen Körper auf einen riesigen 3D-Drucker ausge-

druckt hat. Alle Außenkomponenten - einschließlich der Glaspanel-Prototypen - wurden mit Dimension 3D Printers und Fortus 3D *Production Systems* im digitalen Fertigungsservice von Stratasys - *RedEye on Demand* - erstellt.

Dezember 2010 – Organovo: Ein regeneratives medizinisches Unternehmen mit Schwerpunkt auf der Bioprinting-Technologie kündigte die Freisetzung von Daten über die ersten vollständigen „bioprinted“ Blutgefäße.

Juli 2011 – Exeter: Universität Brunel und der Anwendungsentwickler Delcam, haben die Forscher in Großbritannien den weltweit ersten 3D-Schokoladendrucker vorgestellt.

August 2011 Southampton: Das weltweit erste 3D-Flugzeug, das von Ingenieuren an der University of Southampton erstellt wurde, wird ausgedruckt.

September 2011 Wien: An der technischen Universität wurde nun ein kleineres, leichteres und preiswerteres Druckgerät entwickelt. Dieser kleinste 3D-Drucker wiegt 1,5 Kilogramm, er kostet rund 1200 Euro.

3D-Druck in der Heimanwendung

3D-Drucker für Heimanwender/innen ermöglichen die Herstellung von Objekten wie kleinen Spielzeugen, Schmuck oder Stiftbechern. 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 vor allem wichtig, welche Materialien verwendet werden können und wie sie verarbeitet werden.

Es ist außerdem möglich, ein Objekt in einem „FabLab“¹ ausdrucken zu lassen, die CAD-Datei bei Online-Services hochzuladen und sich das Produkt nach Hause liefern zu lassen. 3D-Scanner wandeln Objekte in Daten um. Dies funktioniert bereits mit einer einfachen Webcam und einer speziellen Software. Es werden online Dienste angeboten, die ein Objekt anhand von Fotos aus verschiedenen Perspektiven in eine Datei umwandeln. Darüber hinaus muss auch das Urheberrecht und das Patentrecht in vielen dieser Anwendungsbereiche erst geklärt werden.

3D - Druck von Metallen

Für die industriellen Anwendungen werden 3D-Drucker, die Metalle verarbeiten können, immer interessanter. Das liegt vor allem in der Tatsache begründet, dass sich so auch relativ einfach Bauteile herstellen lassen, die sich auf Grund der komplexen Geometrie nicht mit den konventi-

onellen Fertigungsverfahren herstellen lassen. Darüber hinaus kann eine breite Palette an Metallen und Legierungen für den 3D-Druck verwendet werden. 3D-Druck von Metallen für die Heimanwendung ist derzeit, wegen der Komplexität der Maschinen mit Laser- und Galvoscanern, weitaus aufwendiger und kostspieliger als der Druck auf Geräten, die auf der Basis der FDM Technologie arbeiten.

Kunststoffe und 3D-Druck

Die weit verbreiteten 3D-Drucker für die Heimanwendung (besonders RepRap-Modelle) verwenden zum Großteil die Materialien ABS und PLA, die sich auf Grund der sehr einfachen Verarbeitbarkeit und des günstigen Preises für den Heimgebrauch besonders eignen. Gerade durch die geringe Schmelztemperatur von etwa 195 bis 210 Grad Celsius, so wie der geringen Neigung zum Warping², unterstützten praktisch alle bekannten 3D-Drucker für die Heimanwendung diese beiden Materialtypen. Werden höhere Festigkeiten, größere Hitzebeständigkeit und Langlebigkeit im Vergleich zum PLA Filament verlangt, dann werden meist ABS Filamente verwendet. Der Nachteil des ABS-Filaments ist allerdings, dass das Krebsrisiko derzeit nicht vollständig ausgeschlossen werden kann.

3D-Druck in der Kunst

Die Kunstwelt nutzt zunehmend den 3D-Druck. Bildhauer, 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 damit herstellbar sind. Im Wesentlichen ist aber in die Anwendung im Design – und Modebereich am weitesten fortgeschritten.

3D-Druck in wissenschaftlichen Laboratorien

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

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 in den meisten Fällen mit dem Verwenden eines professionellen CAD Programms einhergeht. Diese Programme setzen einen Vorlauf an informationstechnischer Ausbildung voraus. Weiters ist das Inbetriebnehmen und auch das wieder Verstauen der einzelnen Elemente des 3D-Druckens relativ zeitaufwendig und will gut geplant sein.



3D- rucken von Schachfiguren im fächerübergreifenden Unterricht

Das folgende Lernszenario wurde im Rahmen des MINT-3D-Projekts am BG/BRG Klosterneuburg durchgeführt. Ein Prototyp einer Schachfigur wurde entwickelt und ausgedruckt. Die Figur wurde zuerst im Werkunterricht modelliert, um danach mit dem Freeware Programm „Tinkercad“³ nachbearbeitet zu werden. Das Projekt dauerte insgesamt 6 Unterrichtsstunden. Der Anteil des 3D-Druckens wurde in zwei Unterrichtseinheiten durchgeführt.

Folgende Bezüge zum österreichischen Lehrplan⁴ wurden im Projekt berücksichtigt:

Mathematische und NW -Kompetenz

Darstellen, Modellbilden, Rechnen, Operieren, Interpretieren;

Computerkompetenz

Konstruieren, Entwerfen, Modellbilden, Fertigen;

Eigeninitiative und unternehmerische Kompetenz

Projektorientiertes Arbeiten, Herstellen von Produkten im Teamwork;

Soziale Kompetenz

Genderorientiertes Arbeiten, Unterstützung von Kindern mit speziellen Bedürfnissen.

Der Ablauf der Unterrichtseinheiten verlief nach der folgenden Planung:

1. Einstieg

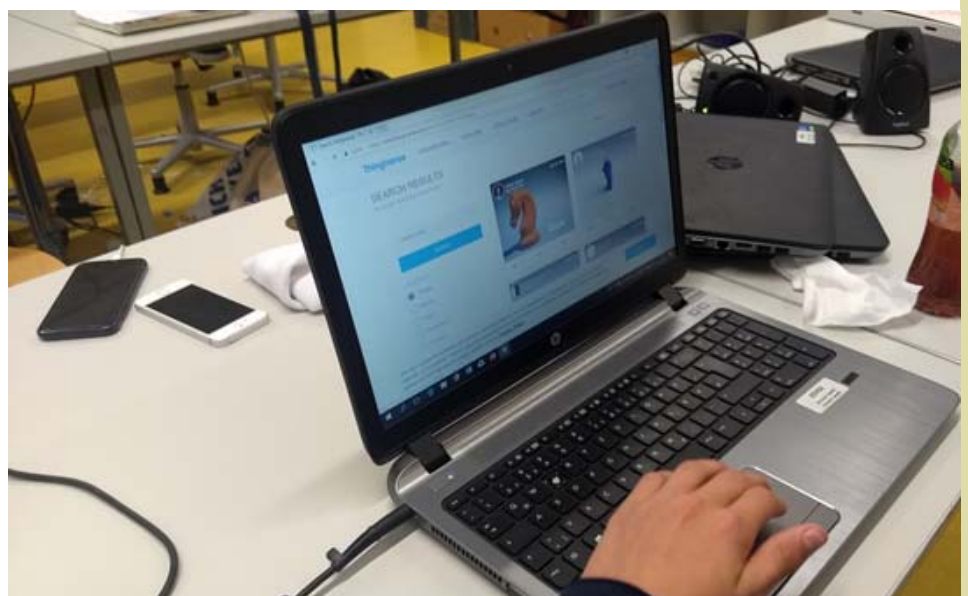
Vorzeigen fertiger Modelle zur Motivation; Aufteilung der Arbeitszeit in die Gegenstände Geometrisches Zeichnen und Technisches Werken und (falls vorhanden) Informatik eingebunden werden.

2. Aufgaben- und Themenstellung

Eine Schachfigur soll mit Hilfe von „Tinkercad“ konstruiert und modelliert werden (eventueller Import einer Vorlage).

3. Bearbeitung und Umgestalten der Vorlagen

- Ideenfindung:** Welche Schachfigur soll gestaltet werden, ein vollständiges Spiel soll entstehen. Zur Wahl standen die unterschiedlichen Figuren und die Einzelteile des Schachbretts
- Entwurfsphase:** Erstellen eines „analogen Prototypen auf Papier“ (aus dem



Unterricht in den kreativen Unterrichtsfächern.

- c. **Konstruktion:** Modellierung mit Tinkercad – Präsentation des Modells und eventuelles „remake“ unter der Anleitung der Lehrperson.
- d. **Nachbearbeitung:** Feingestaltung und Ausdruck des ersten Prototypen mit dem 3D-Drucker.

4. Ergebnissicherung

Das Modell und der ausgedruckte Prototyp werden im nachfolgenden Unterricht (oder den Eltern am „Tag der offenen Tür“, Schulfest etc.) präsentiert und durch die Lehrperson bewertet.

Der nachfolgende kurze Bericht dokumentiert die Umsetzung der oben beschriebenen Unterrichtssequenz am BG/BRG Klosterneuburg. Alle Fotos wurden von mir während des Einsatzes der Unterrichtssequenz in der 4. Klasse des BG/BRG Klosterneuburg erstellt.

Phase 1: Ein Modell der Schachfigur mit einer 3D-Software wird entwickelt. Schüler/innen arbeiten mit dem Programm „Tinkercad“, um Entwürfe für das spätere Modellierung zu erzeugen.

Kollegin **Mishra** zeigt das Modellieren mit dem Slicer⁵ auf einem Laptop, der mit dem Beamer verbunden ist, vor und hilft den Schülerinnen und Schülern beim „Redesigning“.

Phase 2: Die Objekte werden für den 3D-Drucker formatiert und eingerichtet.

Phase 3: Der Ausdruck erfolgt und das Warten beginnt.

Phase 4: Die Dokumentation wird erstellt, das Produkt wird präsentiert und „bewertet“.

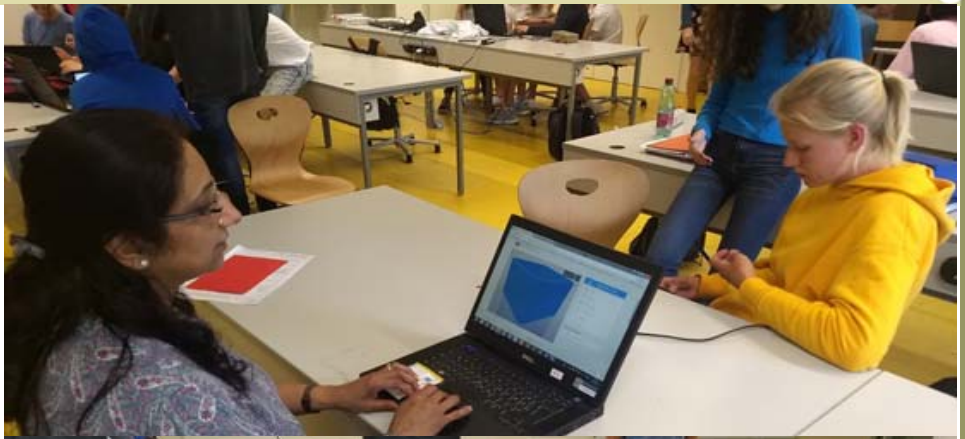
Autor

Hermann Morgenbesser arbeitet als Lehrer für Informatik, Statistik und IKT an der KIS Klosterneuburg <https://bgklosterneuburg.ac.at/en>.



Sein Arbeitsbereich an der PH WIEN, als Koordinator des FLL.Wien

<http://www.fl.wien/>, zielt auf das Coaching von Lehrpersonen und Schüler/innen ab. Er unterstützt und fördert Trainings in den Learning Labs am ZLI der PH Wien <https://zli.phwien.ac.at>. In dieser Funktion nimmt er auch am MINT-3D-Druck des BMBWF <http://mint3d.at/> als einer der planenden Lehrpersonen teil.



Endnoten

- ¹ Darunter versteht man ein offenes Maker Labor, das mit meist unterschiedlichen Druckern arbeitet, und gegen Bezahlung die Objekte der Kund/innen ausdruckt.
- ² Vgl.: <https://3druck.com/gastbeitraege/fdm-3d-druck-der-warp-effekt-und-probate-abhilfemassnahmen-3924132/> [18.04.2019]
- ³ Dieses Programm ist zur freien Nutzung im Unterricht verfügbar, es kann unter der

- Website <https://www.tinkercad.com> [18.04.2019] online genutzt werden.
- ⁴ Die Lehrpläne wurden aus der Internetquelle <https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/index.html> abgerufen.
 - ⁵ Der Slicer ist eine Computersoftware, die in vielen 3D - Druckverfahren zur Umwandlung der Befehle eines 3D-Objektmodells in spezifische Druckeranweisungen verwendet wird.