

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>5</b>
2.1 Drucktechniken . . . . .	5
2.1.1 Extrusionsverfahren . . . . .	5
2.1.2 Stereolithographie . . . . .	5
2.1.3 Sintern . . . . .	6
2.1.4 Binder-Verfahren . . . . .	6
2.1.5 Schicht-Laminat-Verfahren . . . . .	6
2.2 Materialien . . . . .	7
2.2.1 Metalle und deren Legierungen . . . . .	7
2.2.2 Monomere . . . . .	7
2.2.3 Thermoplaste . . . . .	7
2.3 Stabilitätsanalyse . . . . .	7
2.3.1 Extrusionsverfahren . . . . .	7
2.3.2 Stereolithographie . . . . .	8
2.3.3 Elektronenstrahlschmelzen . . . . .	8
2.3.4 Lasersintering . . . . .	8
2.3.5 Binder-Verfahren . . . . .	8
2.3.6 Schicht-Laminat-Verfahren . . . . .	8
2.4 Computer-Aided Design (CAD) . . . . .	9
2.4.1 Programme . . . . .	9
2.4.2 Dateiformate . . . . .	9
2.4.3 Slicing . . . . .	9
<b>3 Technische Grundlagen</b>	<b>10</b>
<b>4 Entwicklung eines technischen Objekts</b>	<b>11</b>
4.1 Ist-Analyse . . . . .	11
4.2 Konzept: Modulare Boxen . . . . .	11
4.3 Entwurf . . . . .	11
4.4 Druck des Objekts . . . . .	11
4.5 Aufgetretene Fehler . . . . .	11
4.6 Fazit: Eignung für technische Objekte . . . . .	11
<b>5 Entwicklung eines organischen Objekts</b>	<b>12</b>
<b>6 Website</b>	<b>13</b>
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>14</b>

## 8 Literaturverzeichnis

15

# Abkürzungsverzeichnis

**3D** dreidimensional

**CAD** Computer-Aided Design

**DHBW** Duale Hochschule Baden-Württemberg

**UV** Ultraviolett

**zb** zum BSP

# 1 Einleitung

Im letzten Jahr hat die Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) einen dreidimensional (3D)-Drucker, den Ultimaker 2, angeschafft. In einer vorigen Studienarbeit wurde dieser in Betrieb genommen und erste Objekte gedruckt.

Nun soll weiter mit dem Drucker gearbeitet werden.

Das Ziel dieser Studienarbeit ist es, mithilfe verschiedener Programme ein technisches und ein organisches Objekt zu erstellen. Anschließend sollen diese mit dem 3D-Drucker gedruckt werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen zusätzlich auf der bereits existierenden Website über den 3D-Drucker dokumentiert werden.

Dieser Bericht soll zunächst einen Überblick über verschiedene Techniken des 3D-Drucks geben. Anschließend wird der während dieser Arbeit verwendete Drucker, der Ultimaker 2, näher erläutert.

Basierend auf diesen Grundlagen wird im Hauptteil des Berichts die Erstellung des technischen und organischen Objekts näher beschrieben.

## 2 Stand der Technik

### 2.1 Drucktechniken

Dreidimensionale Objekte können mit verschiedenen Verfahren gedruckt werden. Viele werden bereits seit Langem eingesetzt. Die Technologie war folglich schon verfügbar. In den letzten Jahre erreichen die Drucker den Endkundenmarkt. Grund dafür sind eine Vielzahl von günstigen Druckern, die auf dem Markt erhältlich sind. Im Folgenden sind verschiedene Druckverfahren erläutert.

#### 2.1.1 Extrusionsverfahren

Das verflüssigte Material wird durch eine Düse auf eine Druckfläche gepresst. Dort härtet es aus. Durch Bewegen des Druckkopfes über die Druckfläche lässt sich Schicht für Schicht ein Objekt auftragen.

#### 2.1.2 Stereolithographie

Das dreidimensionale Äquivalent zum Rasterdruck baut Objekte aus Schichten von Rasterpunkten auf.

Manche organischen Verbindungen können mittels Ultraviolett (UV)- Licht polymerisiert werden. Dadurch wird aus einem flüssigen Grundstoff ein fester Körper. Dieser Vorgang wird als Photopolymerisation bezeichnet und dient als Grundlage für verschiedene 3D- Druckverfahren.

Für jede Schicht kann eine Photomaske erzeugt werden. Der flüssige Grundstoff wird durch die Maske hindurch von einer UV- Quelle angestrahlt. Dadurch härtet eine Schicht des Grundmaterials entsprechend der Photomaske aus. Die erste Schicht wird auf eine Bodenplatte gedruckt. Diese wird nach Abschließen jeder Schicht weiter in die Flüssigkeit abgesenkt. Dadurch wird die nächste Schicht auf die darunterliegende gedruckt.

Alternativ zur Photomaske mit gleichmäßiger Quelle kann auch ein UV- Laser verwendet werden, der über Spiegel an die auszuhärtenden Rasterpunkte gelenkt wird.

Das erzeugte Objekt wird im Druckverfahren nicht vollständig ausgehärtet. Daher

muss es im Anschluss mit UV- Licht nachbehandelt werden. [4, S.3]

### **2.1.3 Sintern**

Sintern beschreibt den Prozess des Verdichtens pulverförmiger Ausgangsstoffe zu einem festen Material. Hierzu kann das Material über den Schmelzpunkt erhitzt werden oder durch hohe Drücke dazu verleitet werden, dass sich die Oberflächen der einzelnen Pulverkörner verbinden. Für den 3D- Druck relevant sind Verfahren, die ein selektives Verbinden der Körner ermöglichen. [2, Bd.20, S.7037]

Ein Verfahren, das dies ermöglicht, ist das Elektronenstrahlschmelzen. Hierbei wird schichtweise das Pulver des Ausgangsmaterials selektiv mit einem Elektronenstrahl geschmolzen. Nach Fertigstellung einer Schicht wird eine weitere Schicht Pulver aufgetragen, die erneut selektiv geschmolzen werden kann. Dadurch können 3D Objekte erzeugt werden. Momentan sind Objekte aus mehreren Titanlegierungen mit diesem Verfahren möglich. Zudem wird an der Eignung von Stahl, verschiedenen Metallen und deren Legierungen geforscht. [6]

Alternativ zum Elektronenstrahl kann auch ein Laser zum Verschweißen des Pulvers eingesetzt werden. Mit diesem Verfahren können auch Kunststoffe verarbeitet werden. [3]

### **2.1.4 Binder-Verfahren**

Im Binderverfahren wird ein Bindemittel in ein pulverförmiges Ausgangsmaterial eingespritzt. Durch selektives Einbringen des Binders können die gewünschten Strukturen erzeugt werden. [4, S.11]

### **2.1.5 Schicht-Laminat-Verfahren**

In jeder Schicht wird ein Metallblech mit einem Laser in Form geschnitten. Die fertigen Schichten werden verpresst, verklebt oder versintert. Dadurch entsteht ein geschichtetes Objekt, dessen Eigenschaften sich in Faserrichtung von denen gegen Faserrichtung unterscheiden.

## 2.2 Materialien

Die verschiedenen Druckverfahren erfordern unterschiedliche Grundstoffe für das Drucken. Dieser Abschnitt stellt verschiedene Materialien vor.

### 2.2.1 Metalle und deren Legierungen

Pulver verschiedener Metalle und Legierungen lassen sich sintern. Bleche können im Schicht-Lamitat-Verfahren 2.1.5 zu einem festen Objekt geformt werden. Im Allgemeinen lassen sich aus Metall per 3D- Druck mechanisch und thermisch belastbare Prototypen erstellen.

### 2.2.2 Monomere

Im Stereolithographie-Verfahren 2.1.2 werden Monomere selektiv polymerisiert. Monomere sind Moleküle, die mit gleichartigen Molekülen zu größeren Molekülen verschmelzen können. Durch Polymerisation entsteht ein fester Körper aus langkettigen Molekülen. [1]

### 2.2.3 Thermoplaste

Bereits polymerisierte Kunststoffe

## 2.3 Stabilitätsanalyse

In diesem Kapitel wird betrachtet, wie stabil die Objekte sind, die mit den vorgestellten Verfahren hergestellt werden.

### 2.3.1 Extrusionsverfahren

Die im Extrusionsverfahren hergestellten Objekte sind mechanisch und thermisch belastbarer als Objekte, die mit Stereolithografie erstellt wurden. [4, S.10]  
Es kann allerdings vorkommen, dass manche Bereiche eines Objekts weniger stabil sind als andere Bereiche. [5]

### **2.3.2 Stereolithographie**

Objekte, die mit Stereolithografie hergestellt werden, sind mechanisch und thermisch weniger belastbar als Objekte, die beispielsweise mit Lasersintern oder im Extrusionsverfahren hergestellt wurden. [4, S.4]

Zudem ist unklar, ob diese Objekte stabil genug für einen Dauereinsatz sind. [5]

### **2.3.3 Elektronenstrahlschmelzen**

### **2.3.4 Lasersintering**

Dieses Verfahren kann sowohl Metall als auch Kunststoff verarbeiten. Die dabei produzierten Teile können ähnliche Eigenschaften wie herkömmlich produzierte Teile aufweisen. Allerdings sind gesinterte Teile porös, was bei manchen Anwendungsfällen erwünscht sein kann. Die Porosität kann abgeschwächt werden, indem das Pulver mit anderen Materialien versetzt wird. [5]

### **2.3.5 Binder-Verfahren**

Bei diesem Verfahren ist es schwer, eine Aussage über die Eigenschaften des entstehenden Materials zu treffen, da es sich aus Pulver, Bindemittel und dem zur Nachbehandlung genutzten Harz zusammensetzt.

Sofern als Pulver kein Metall, sondern Gips oder Stärke verwendet werden, hält das Objekt keinen starken Belastungen stand. [4, S.12]

### **2.3.6 Schicht-Laminat-Verfahren**

Da bei diesem Verfahren die Objekte aus verschiedenen Schichten aufgebaut sind, die miteinander verpresst oder verklebt wurden, weisen diese Objekte richtungsabhängig verschiedene Eigenschaften auf. [4, S.8]

Zudem wird bei diesem Verfahren oft Papier als Material verwendet. Naturgemäß ist Papier nicht lange haltbar. [5, S.35]



## **2.4 Computer-Aided Design (CAD)**

### **2.4.1 Programme**

### **2.4.2 Dateiformate**

### **2.4.3 Slicing**

### 3 Technische Grundlagen

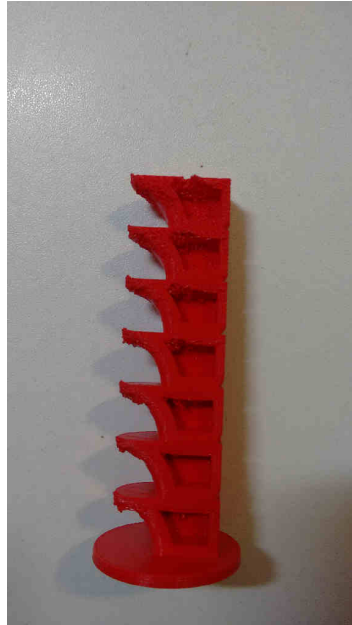
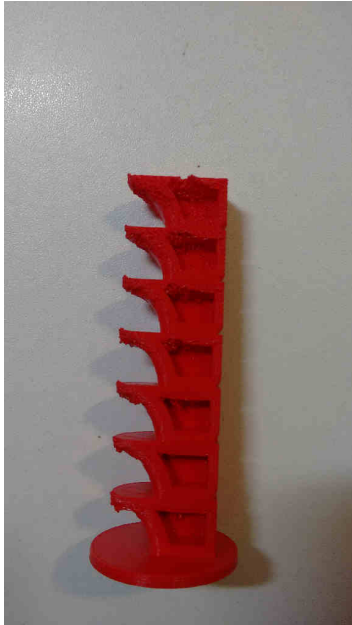


Abbildung 3.1: Temperaturtestdruck

bfuesg  
busp



buepsgb bsueb

Abbildung 3.2: asdf

## **4 Entwicklung eines technischen Objekts**

### **4.1 Ist-Analyse**

### **4.2 Konzept: Modulare Boxen**

### **4.3 Entwurf**

### **4.4 Druck des Objekts**

### **4.5 Aufgetretene Fehler**

### **4.6 Fazit: Eignung für technische Objekte**

# **5 Entwicklung eines organischen Objekts**

## 6 Website

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

## 8 Literaturverzeichnis

### Literaturverzeichnis

- [1] ABTS, G. : Polymere Werkstoffe. Version: 2014.  
<http://dx.doi.org/10.3139/9783446439290.002>. In: *Kunststoff-Wissen für Einsteiger*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2014. – DOI 10.3139/9783446439290.002. – ISBN 978-3-446-43925-2, S. 65–99
- [2] ANETTE ZWAHR U.A.: *Meyers großes Taschenlexikon*. 2006
- [3] DOMINIK RIETZEL, FLORIAN KÜHNLEIN, DIETMAR DRUMMER: *Selektives Lasersintern von teilkristallinen Thermoplasten*.  
<https://www.rtejournal.de/ausgabe6/3113/pdfversion.pdf>, 2009
- [4] GEBHARDT, A. : Grundlagen des Rapid Prototyping. In: *RTejournal* 1 (2004), Nr. 2004
- [5] HAGL, R. : 3D-Druck-Technologien. In: *Das 3D-Druck-Kompendium: Leitfaden für Unternehmer, Berater und Innovationstreiber*. Springer-Verlag, 2014, S. 15–35
- [6] KLÖDEN, D. B.: *Infoblatt Generative Fertigung-Elektronenstrahlschmelzen*.  
[http://www.ifam.fraunhofer.de/content/dam/ifam/de/documents/dd/Infobl%C3%A4tter/generative\\_fertigung-elektronenstrahlschmelzen\\_fraunhofer\\_ifam\\_dresden.pdf](http://www.ifam.fraunhofer.de/content/dam/ifam/de/documents/dd/Infobl%C3%A4tter/generative_fertigung-elektronenstrahlschmelzen_fraunhofer_ifam_dresden.pdf),