

3D-Druck für zu Hause oder in der Schule

Es gibt verschiedene Arten von 3D-Druckern bzw. 3D-Druckverfahren. Als erstes wollen wir uns das 3D-Druckverfahren anschauen, dessen Drucker sich jeder zu Hause hinstellen kann und wo die Preise für so einen Drucker zwischen ca. 300 € und 3000 € variieren.

Dies sind die 3D-Drucker, die nach dem sogenannten FDM-Verfahren funktionieren. FDM steht für Fused Deposition Modelling, einem Schmelzverfahren, bei dem das zu druckende Objekt schichtweise durch verflüssigten Kunststoff aufgebracht wird. Jede Schicht wird dabei in einzelne Bahnen zerlegt, welche der 3D-Drucker dann abfährt und dort den Kunststoff aufbringt. Hierbei wird der Kunststoff mithilfe eines Motors durch eine hoch beheizte Düse gedrückt und so verflüssigt. Den Kunststoff, der hierbei verwendet wird, nennt man das Filament. Es gibt u.a. zwei Arten von verwendeten Filamenten: ABS (AcrylnitrilButadien-Styrol) und PLA (Polylactid oder Polylactid Acid), wobei die Farben variieren können.

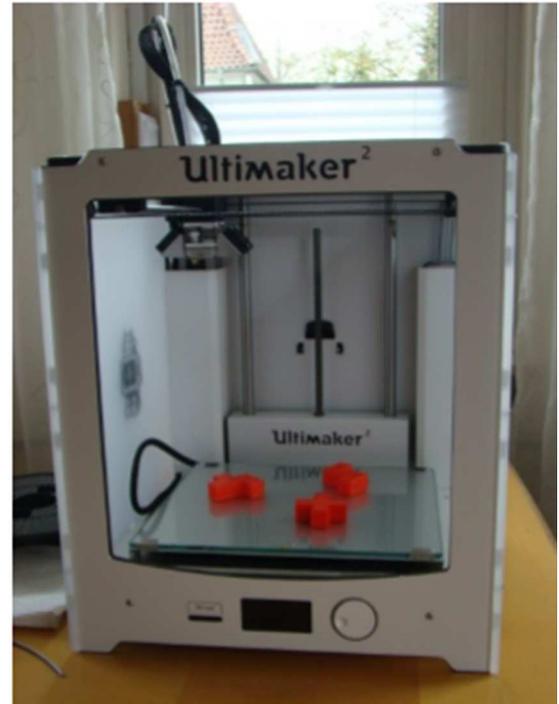
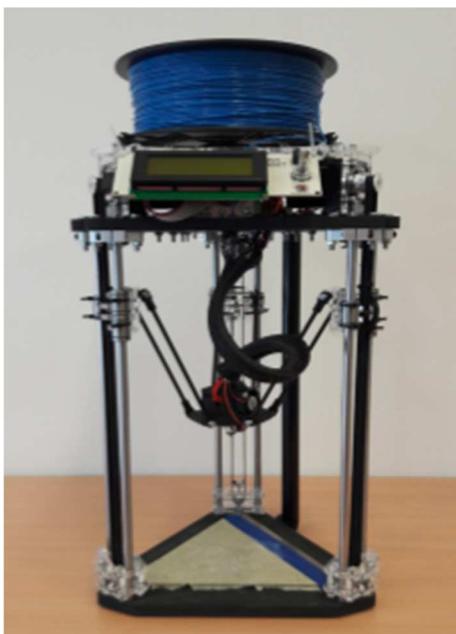


Abb.1: Der 3D-Drucker Ultimaker 2

Beide Filamentarten, ABS und PLA, sind herkömmliche Kunststoffe, die z.B. auch dazu genutzt werden, Rohre und Leitungen abzudichten oder um einen Legostein herzustellen. PLA ist hier einsteigerfreundlicher als ABS. Wird das Filament zu hoch erhitzt (bei PLA ist die empfohlene Temperatur ca. 200°C), verklumpt es teilweise und ist so zum Drucken nicht mehr geeignet.



In Abb.2 siehst du so ein PLA-Filament: Es befindet auf einer Rolle oben auf dem 3D-Drucker μ -Delta (lies: „mü-Delta“; oder kurz m-Delta) und hat hier eine blaue Farbe. Die oben genannte beheizte Düse wird mithilfe von Motoren über eine Druckplatte bewegt. Diese Druckplatte ist bestenfalls beheizt, um Erkaltungsprozesse des Kunststoffs zu verlangsamen und so unerwünschte Verformungen oder ähnliches zu vermeiden oder diese möglichst klein zu halten.

Abb.2: Der 3d-Drucker m-Delta

3D-Druckverfahren

Beim Ultimaker 2 ist die Düse in der Höhe unbeweglich montiert und bewegt sich nur in der Länge und Breite. Um die Schichten einer Figur nacheinander aufzubringen, wird hier die Druckplatte in der Höhe schichtenweise nach unten bewegt.

Oft wird die Druckplatte auch mit Krepppapier beklebt. Hier heftet das flüssige Druckmaterial besser an und die eigentliche Druckplatte bleibt sauber. Nach Bedarf kann das Krepppapier leicht ausgetauscht werden.

Aufgabe 1: Ordne die genannten Bauteile in den folgenden Abbildungen des 3D-Druckers m-Delta zu. Einzutragen sind Druckplatte, Platine zur Druckersteuerung, Display am 3D-Drucker, Filament, Druckkopf mit Druckdüse, Motor zum Vorspulen des Filaments und Motoren zur Steuerung des Druckkopfs.

Die folgende Abbildung 3 zeigt den m-Delta von vorne:

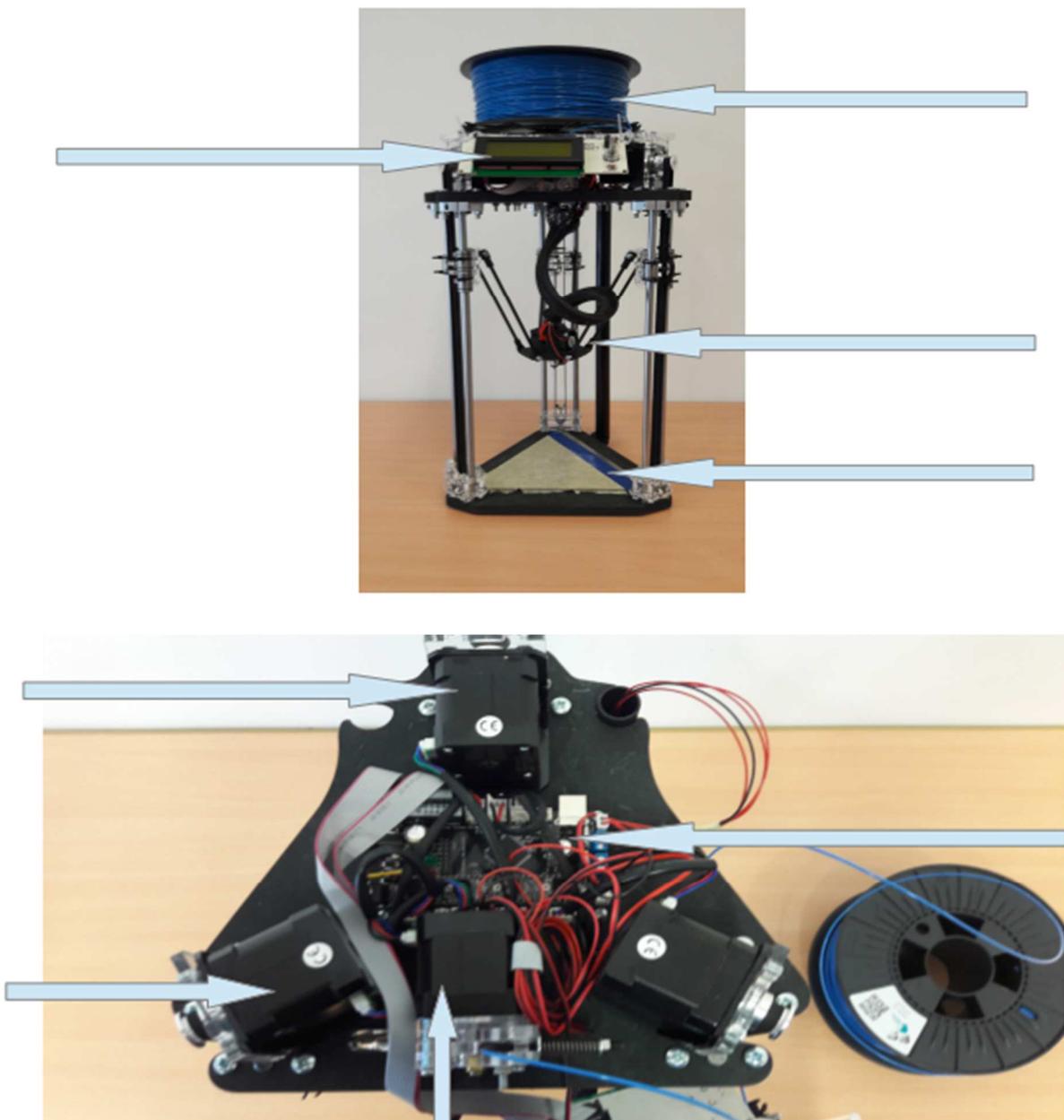


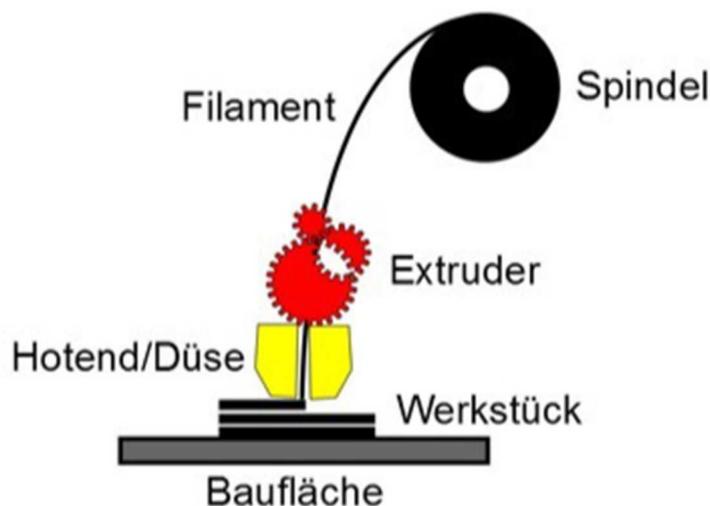
Abb. 4: Der m-Delta von oben, wobei die Rolle oben weggenommen wurde.

Aufgabe 2:

- Erläutere, warum das FDM-Verfahren als Schmelzverfahren bezeichnet wird.
- Erkläre, warum der 3D-Drucker m-Delta vier Motoren zum Drucken benötigt.
- Entscheide begründet, ob sich beim 3D-Drucker m-Delta die Druckplatte in der Höhe bewegt.
- Erkläre, warum beim Ultimaker 2 und beim m-Delta nicht gleichzeitig in verschiedenen Farben gedruckt werden kann.
- Überlege und beschreibe, was passiert, wenn das Filament nicht auf die empfohlenen 200°C erhitzt wird.

Das FDM-Verfahren wurde in den 1980er-Jahren von S. Scott Crump entwickelt. Schon komisch, dass die FDM-Drucker erst in den letzten Jahren so frei verfügbar wurden? Nun, das liegt daran, dass die ersten FDM-Drucker kommerziell genutzt wurden, also dass Anwender von FDM-Druckern dafür zahlen mussten. Das FDM-Verfahren ist patentrechtlich durch die US-amerikanische Firma Stratasys geschützt. Weiterhin wird das Fused Filament Fabrication-Verfahren (kurz FFF), welches dem FDM-Verfahren annähernd gleich ist, verwendet. Hierbei bürgert es sich immer mehr ein, beide Verfahren mit dem Begriff FDM-Verfahren zu benennen.

In der folgenden Abbildung siehst du, wie FDM-Drucker (oder genauer FFF-Drucker) prinzipiell funktionieren.



schematische Darstellung des FFF-Verfahrens (Urheberrechtsinhaber Tobias Theis)

Die beheizte Düse wird auch als „Hotend“ bezeichnet, weil sie ja das erhitzte Ende des Druckkopfes ist, aus dem das verflüssigte Filament austritt. Der Extruder ist das Bauteil des 3D-Druckers, der für das Befördern des Filaments in Richtung des Druckkopfes zuständig ist.

Bei der Einstellung der Drucktemperatur, mit welcher das Filament zum Drucken erhitzt wird, ist etwas Ausprobieren und Erfahrung nötig. Die Düse kann sich zusetzen, wenn die Temperatur zu hoch eingestellt ist. Selbst wenn man beim gleichen Hersteller von Filamenten zwei Spindeln mit unterschiedlichen Farben kauft, so muss bei den verschiedenen Farben die jeweils passende Drucktemperatur gefunden werden.

Beispielsweise ist beim Filamenthersteller Filaworks (Firmenname abgeändert) das blaue PLA-Filament mit einer Drucktemperatur von 195°C druckbar, aber bei 210°C setzt sich sofort die Düse zu. Aber beim PLA-Filament der Farbe rose kann problemlos mit 210°C gedruckt werden. Dies liegt daran, dass je nach Farbe des Filaments verschiedene Bestandteile dem Grundkunststoff beigemischt werden, um die gewünschte Farbe zu erzeugen. Als Beispiel lässt sich hier die Farbe schwarz nennen, der Ruß beigemischt ist, um den Kunststoff eben schwarz zu färben.

Aufgabe 3:

- a) Beschreibe noch einmal mit eigenen Worten, wie das FDM-Verfahren prinzipiell funktioniert.
- b) Erkläre, warum sich beim blauen PLA des Herstellers Filaworks die Düse des 3D-Druckers zusetzt, wenn die Temperatur auf 210°C eingestellt ist, aber das PLA der Farbe rose problemlos mit 210°C gedruckt werden kann.

Neben dem FDM-Verfahren gibt es noch weitere Druckverfahren, von denen wir uns einige nun genauer anschauen möchten.

Aufgabe 4:

- a) Bildet 3er-Teams oder 4er-Teams, die jeweils eines der folgenden 3D-Druckverfahren erarbeiten (→ Internetrecherche) und dazu ein Plakat gestalten (Zeit 40 Minuten):
 1. Selektives Lasersintern (SLS)
 2. Elektronenstrahlschmelzen (EBM – Electronic Beam Melting)
 3. Stereolithographie (STL oder auch SLA)

Folgende Informationen soll euer Plakat enthalten:

- Funktionsprinzip des Verfahrens (Beschreibung und Abbildungen)
 - nach Möglichkeit Nennung der Erfinder (Personen oder Firmen)
 - mögliche Druckmaterialien (Filament wie ABS oder PLA; Metalle; ...)
 - Erklärung von Fachbegriffen, wie z.B. „Filament“, „Stützmaterial“ oder „Sintern“.
- b) Stellt euch gegenseitig die erarbeiteten Verfahren vor und macht euch Notizen. Hierbei geht ein Teil eures Teams aus a) zu den anderen Teams um sich zu informieren, der andere Teil eures Teams bleibt bei eurem Plakat, um es den anderen Teams zu erklären. Nach jeweils 10 Minuten wird gewechselt.

Neben dem eigenen 3D-Druck zu Hause oder in der Schule ist es auch möglich, hierfür einen Dienstleister oder eine Bildungseinrichtung zu beauftragen. Dies ist meist nicht kostenfrei, aber man erhält so ganz einfach seine ausgedruckte Figur.

Dies nutzen auch Firmen, die einen Prototypen am Computer gezeichnet haben, und nun diesen Prototypen in der Realität anschauen möchten.

Aufgabe 5: Erläutere, warum manche Firmen, wenn sie einen Prototypen eines neuen Produktes bei einem Dienstleister für 3D-Druck fertigen (ausdrucken) lassen wollen, hierüber eine Verschwiegenheitserklärung von diesem Dienstleister verlangen. Der Dienstleister darf also niemanden etwas über den Prototypen oder seines 3D-Drucks erzählen.

Anwendungsgebiete von 3D-Druck

Selbst etwas in 3D zu zeichnen und später in Wirklichkeit zu betrachten oder sogar zu benutzen, dies ist ein Hauptanliegen von 3D-Design und 3D-Druck. Hier haben wir schon den eigenen Einkaufschip oder die Kaffeetasse kennen gelernt. Der 3D-Druck umgreift aber immer mehr Anwendungsgebiete, weil neue Druckverfahren mit anderen Druckmaterialien entwickelt werden und sich die Kosten für den 3D-Druck verringern.

In der folgenden Liste sind beispielhafte Anwendungsgebiete¹ vom 3D-Druck aufgeführt:

- Modedesign: Unikate, d.h. Einzelstücke wie ein besonderer Ring, können sofort vor Ort hergestellt werden. Ebenso eine Kleinserie mit wenigen Ausdrucken.
- Kunstwerke können gezeichnet und/oder gedruckt werden.
- Ersatzteilproduktion: Seltene oder nicht verfügbare Ersatzteile können selbst produziert, also gedruckt werden.
- Abschaffung von Lagerhallen: Ersatzteile müssen heute in vielen Lagerhallen bereit gehalten werden, damit defekte Teile direkt ausgetauscht werden können. Dies möchte die Wirtschaft in Zukunft möglichst klein halten oder abschaffen: Werkstätten oder Kunden sollen ihre Ersatzteile selbst ausdrucken.
- Prototyping: Firmen entwickeln ein neues Produkt am Computer. Dieses Entwicklungsmodell oder der entsprechenden Prototyp soll vor der Massenfertigung erst in Realität getestet werden, um zu sehen, ob und wie gut er funktioniert. Hier kommt der 3D-Druck zum Einsatz, um das neu entwickelte Produkt in Realität zu sehen.
- Modellbau: Bauteile für z.B. das eigene Modellflugzeug oder die eigene Modelleisenbahn können selbst hergestellt werden.
- Lebensmittel: Z.B. kann Schokolade in eine gewünschte Form gebracht werden.
- Prothesen: Braucht ein Mensch eine Prothese z.B. für seine Hand, so ist diese meist teuer. Sie muss genau auf diesen Menschen angepasst sein. Die Maße werden aufgenommen und dann wird eine passende Prothese am Computer gezeichnet oder eine gegebene Zeichnung einer Prothese den gemessenen Daten angepasst. Mit dieser Zeichnung lässt sich dann die neue, passgenaue Prothese ausdrucken.

Aufgabe 6:

- a) Erkläre, warum Ersatzteile nicht mehr verfügbar sein können.
- b) Erläutere, warum die Wirtschaft oder eine Firma wie z.B. ein Autohersteller daran interessiert ist, dass Ersatzteile nicht mehr in Lagerhallen bereitgehalten werden sollen, sondern direkt von einer Werkstatt oder einem Kunden ausgedruckt werden sollen.
- c) Beschreibe Wege, wie den Werkstätten oder den Kunden die Zeichnungen der Ersatzteile zukünftig bereitgestellt werden können. Gib hierbei Vor- und Nachteile dieser Wege an.
- d) Erkläre, warum beim Prototyping die Firmen daran interessiert sind, einen neuen Prototypen nicht sofort in Massenfertigung herzustellen, sondern zuerst per 3D-Druck in Kleinserie oder als Unikat anzufertigen.
- e) Begründe, warum der 3D-Druck eher kein Verfahren für die Massenfertigung ist.

¹ Quelle: , http://www.qua-lis.nrw.de/cms/upload/service/flyer/3D-Druck_in_der_Schule.pdf

Lösungen zum 3D-Druck für zu Hause oder in der Schule oder ...

Aufgabe 1: Lösung klar

Aufgabe 2:

- a) Erläutere, warum das FDM-Verfahren als Schmelzverfahren bezeichnet wird.
... weil das Filament geschmolzen wird, um es flüssig und damit druckbar zu machen.
- b) Erkläre, warum der 3D-Drucker m-Delta vier Motoren zum Drucken benötigt.
... weil es drei Motoren für die Steuerung des Druckkopfes gibt und einen weiteren Motor, der das Filament bei Bedarf vorspult.
- c) Entscheide begründet, ob sich beim 3D-Drucker m-Delta die Druckplatte in der Höhe bewegt.
In Abb. 2 erkennt man, dass die Druckplatte fest am Boden des m-Delta verbaut ist. Weiterhin kann der Druckkopf des m-Delta in alle drei Richtungen bewegt werden.
- d) Erkläre, warum beim Ultimaker 2 und beim m-Delta nicht gleichzeitig in verschiedenen Farben gedruckt werden kann.
Da beide Drucker nur einen Druckkopf haben, können sie stets nur eine Farbe drucken. Für einen mehrfarbigen Druck müsste es für jede Farbe einen eigenen Druckkopf geben.
- e) Überlege und beschreibe, was passiert, wenn das Filament nicht auf die empfohlenen 200°C erhitzt wird.
Ist die Temperatur deutlich niedriger als die empfohlenen 200°C, so verflüssigt sich das Filament nicht und kann so auch nicht vom Druckkopf verteilt werden. Es würde einfach kein oder kaum Filament aus dem Druckkopf kommen oder es würde an der Druckplatte bzw. am schon ausgedruckten Filament nicht richtig anheften.
Ist die Temperatur deutlich höher als die empfohlenen 200°C, so verklumpt das Filament und setzt so die Düse im Druckkopf zu. Da diese Düse jetzt verstopft ist, kann aus ihr auch kein Filament kommen.

Aufgabe 3:

- a) Beschreibe noch einmal mit eigenen Worten, wie das FDM-Verfahren prinzipiell funktioniert. Lösung klar.
- b) Erkläre, warum sich beim blauen PLA des Herstellers Filaworks die Düse des 3D-Druckers zusetzt, wenn die Temperatur auf 210°C eingestellt ist, aber das PLA der Farbe rose problemlos mit 210°C gedruckt werden kann.
Da den Farben blau und rose jeweils verschiedene Bestandteile dem Grundkunststoff beigemischt werden, um eben blau oder rose zu erzeugen, reagieren diese verschiedenen Farben unter der Temperatur von 210°C unterschiedlich. Beim PLA der Farbe rose wird dies nur verflüssigt, beim PLA der Farbe blau kommt es aber zu Verklumpen des PLAs, genau diese Klumpen setzen dann die Druckdüse zu.
Reduziert man beim blauen PLA die Drucktemperatur auf 195°C, so kommt es hier eben nicht zum Verklumpen und so kann problemlos in blau gedruckt werden.

Aufgabe 4:

- a) Im Internet finden sich viele Webseiten zu den genannten Verfahren. Die entsprechenden Webseiten bei Wikipedia sind hier zu empfehlen.
- b) Hier ist der Museumsgang als Sicherungsmethode genannt worden, wobei sich jeweils „Museumsführer“ an den einzelnen Plakaten befinden, die diese erklären können.

Aufgabe 5: Erläutere, warum manche Firmen, wenn sie einen Prototypen eines neuen Produktes bei einem Dienstleister für 3D-Druck fertigen (ausdrucken) lassen wollen, hierüber eine Verschwiegenheitserklärung von diesem Dienstleister verlangen. Der Dienstleister darf also niemanden etwas über den Prototypen oder seines 3D-Drucks erzählen.

Die Entwicklung von Prototypen eines neuen Produkts ist für eine Firma sehr teuer. Wenn der Dienstleister für den 3D-Druck anderen Menschen oder anderen Firmen über den Prototypen oder dessen 3D-Drucks berichten würde, so könnten diese anderen Menschen oder Firmen den Prototypen einfach kopieren und sich so die hohen Entwicklungskosten sparen.

Die Firma, die ursprünglich das neue Produkt entwickelt hat, hat somit gleich einen Konkurrenten am Markt, der das gleiche Produkt ggf. billiger und ohne eigene Entwicklungskosten anbieten kann.

Aufgabe 6:

- a) Erkläre, warum Ersatzteile nicht mehr verfügbar sein können.

Es ist üblich, dass Firmen ab der letzten Herstellung eines Produkts, wie z.B. eines Autos, die zugehörigen Ersatzteile noch zehn Jahre lang liefern können. Danach gibt es evtl. keine zugehörigen Ersatzteile mehr und man muss sich selbst um Ersatzteile kümmern. Hier können Drittanbieter (also fremde Firmen, welche die Ersatzteile bauen) oder gebrauchte Ersatzteile in Frage kommen. Gibt es auch diese nicht oder sind aus irgendwelchen anderen Gründen die Ersatzteile nicht verfügbar, so ist der eigene Nachbau des Ersatzteils mithilfe von 3D-Design und 3D-Druck eine Möglichkeit, doch noch die gewünschten Ersatzteile zu bekommen.

- b) Erläutere, warum die Wirtschaft oder eine Firma wie z.B. ein Autohersteller daran interessiert ist, dass Ersatzteile nicht mehr in Lagerhallen bereitgehalten werden sollen, sondern direkt von einer Werkstatt oder einem Kunden ausgedruckt werden sollen.

Der Bau und die Unterhaltung von Lagerhallen ist teuer, auch weil Lohnkosten für die Lagermitarbeiter oder für den Transport der Ersatzteile als Kosten anfallen. Daher möchte die Wirtschaft hier die Kosten senken. Für Ersatzteile, die vor Ort gedruckt und somit vor Ort produziert werden, fallen nur die Kosten für Produktionsmaschinen vor Ort und ggf. die entsprechenden Mitarbeiter an. Verringern sich die Preise für 3D-Druck weiterhin und sind die 3D-gedruckten Ersatzteile voll funktionsfähig, so wäre dies ein Weg für das Unternehmen, seine Kosten zu senken und wettbewerbsfähig zu bleiben.

- c) Beschreibe Wege, wie den Werkstätten oder den Kunden die Zeichnungen der Ersatzteile zukünftig bereitgestellt werden können. Gib hierbei Vor- und Nachteile dieser Wege an.

Werkstätten oder Kunden könnten sich auf der Webseite der Firma eines Ersatzteils einloggen und dort genau ihr Ersatzteil als 3D-Zeichnung (oder als stl-Datei) herunterladen. Andererseits könnte die Firma die Zeichnung des Ersatzteils an die Werkstatt oder den Kunden per Email schicken.

Wichtig ist hierbei, dass die Werkstatt oder der Kunde genau die Zeichnung des speziellen Ersatzteils bekommt, wofür ja Geld gezahlt werden muss, und diese Zeichnung nicht an Dritte weitergibt. Andernfalls wäre diese Zeichnung und damit das entsprechende Ersatzteil bald frei verfügbar und niemand würde der Firma mehr Geld dafür bezahlen.

- d) Erkläre, warum beim Prototyping die Firmen daran interessiert sind, einen neuen Prototypen nicht sofort in Massenfertigung herzustellen, sondern zuerst per 3D-Druck in Kleinserie oder als Unikat anzufertigen.

Ein neues Produkt sollte als Unikat oder in Kleinserie auf seine volle Tauglichkeit getestet werden. Erst wenn es seinen Anforderungen voll entspricht, sollte seine Massenfertigung beginnen. Andernfalls hat man evtl. das Produkt in Massen hergestellt, aber es ist fehlerhaft und lässt sich deshalb nicht verwenden sowie auch nicht verkaufen.

- e) Begründe, warum der 3D-Druck eher kein Verfahren für die Massenfertigung ist.

... wegen der jetzt noch relativ hohen Druckkosten und Druckdauer. Mit dem 3D-Druck als Verfahren in Massenfertigung würden zu hohe Kosten entstehen und es würde zu lange dauern.